

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Колесных и гусеничных машин»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

«__» _____ 2019 г.

к.т.н., профессор
В.Н. Бондарь
«__» _____ 2019 г.

Модернизация механизма выдвижения телескопической стрелы
роторного экскаватора
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:
По экономической части
старший преподаватель
С. Ю. Лелекова
«__» _____ 2019 г.

Руководитель работы:
к.т.н., доцент
В.А. Алябьев
«__» _____ 2019 г.

По БЖД
к.т.н., доцент
А.В. Кудряшов
«__» _____ 2019 г.

Автор работы
студент группы П-503
Л.А. Белковский
«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент
В. И. Дуюн
«__» _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Белковский Л.А. «Модернизация механизма выдвижения телескопической стрелы роторного экскаватора». Челябинск, ЮУрГУ, АТ, 2019 г., 151 с., 24 – таблиц, 30 – ил., библиогр. список – 27 наим., 10 листов формата А1, 1 лист формата А3

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы конструирования роторных экскаваторов и зависимость их основных параметров от конструкции роторной стрелы. Основная часть проекта посвящена разработке конструкции телескопической стрелы и механизма выдвижения телескопической вставки. Выполнены необходимые проверочные расчеты на прочность телескопической стрелы и устойчивости экскаватора.

В технологической части разработан технологический процесс механической обработки детали «Цилиндр».

В организационно-экономическом разделе выполнено экономическое обоснование проекта.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» дан анализ условий труда обслуживающего персонала и приведены рекомендации по улучшению условий труда.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернизация механизма выдвижения телескопической стрелы роторного экскаватора	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Белковский Л.А.					3	151
Провер.		Алябьев В.А.						
Н. Контр.		Дуюн В.И.						
Утверд.		Бондарь В.Н.				ЮУрГУ Кафедра «КГМ»		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 КОНСТРУКЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ.....	8
1.1 Принципиальные схемы экскаваторов непрерывного действия	8
1.2 Конструкции роторных экскаваторов	11
1.3 Достоинства и недостатки экскаваторов с выдвижной стрелой.....	30
2 КОНСТРУКЦИЯ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ РОТОРНОЙ СТРЕЛЫ.....	32
3 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭСКАВАТОРА С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ.....	37
3.1 Определение веса и положения центра тяжести телескопической стрелы.....	37
3.2 Общие положения расчета статического уравнивания многоковшовых экскаваторов	46
3.3 Расчет статического уравнивания роторного экскаватора с телескопической стрелой.....	48
4 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ	59
4.1. Нагрузки на металлоконструкцию роторной стрелы	59
4.2 Определение ветровой нагрузки.....	60
4.3 Определение нагрузки от процесса копания	64
4.4 Определение инерционных нагрузок	65
4.5 Проверочный расчет на прочность элементов стрелы роторной	67
4.6 Проверочный расчет при горизонтальном положении стрелы.....	69
5 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА ВЫДВИЖЕНИЯ СТРЕЛЫ	86
5.1 Разработка схемы гидропривода.	86
5.2 Выбор рабочей жидкости и давления в гидросистеме.	86
5.3 Определение параметров гидроцилиндра выдвижения стрелы.....	87
5.4 Расчет потерь давления в гидросистеме.	91
6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗЫ ГИДРОЦИЛИНДРА ДЕТАЛЬ «ЦИЛИНДР»	95
6.1 Выбор заготовки.....	95
6.2 Выбор схем установки заготовок на операциях	95
6.3 Разработка маршрутного процесса обработки детали «Труба».....	98
6.4 Разработка операционного технологического процесса	101
6.4.1 Выбор технологического оборудования	101
6.4.2 Выбор приспособлений.....	103
6.4.3 Выбор режущего инструмента.....	103
6.4.4 Выбор измерительного инструмента.....	104
6.4.5 Расчет режимов резания.....	104

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

7	ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	112
7.1	Организационный раздел.....	112
7.2	Экономический раздел.....	113
7.2.1	Сметы затрат выпускной квалификационной работы.....	113
7.2.2	Оценка коммерческой состоятельности ВКР	119
8	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	127
8.1	Введение	127
8.2	Нормирование опасных и вредных производственных факторов.....	131
8.2.1	Микроклимат производственных помещений.....	131
8.2.2	Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны	133
8.2.3	Требования к производственному освещению	135
8.2.3.1	Общие положения.....	135
8.2.3.2	Искусственное освещение.....	136
8.2.4	Уровень шума в производственных помещениях	137
8.2.5	Правила устройства электропроводки в производственных помещениях	139
8.2.6	Правила пожарной безопасности в производственных помещениях.....	139
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	143
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	144

ВВЕДЕНИЕ

Установлено, что потери рабочего времени роторного экскаватора с выдвижной стрелой в сравнении с роторным экскаватором с предлагаемым усовершенствованным механизмом выдвижения телескопической стрелы, составляют 3-5%, с не выдвижной при переходе от подступа к подступу 6-8% [1].

Экскаватор с выдвижной стрелой целесообразно применять при селективной разработке пропластков или в условиях передвижения его по относительно слабым грунтам.

Одним из эксплуатационных удобств роторного экскаватора с выдвижной стрелой является возможность разработки забоя стружкой равной толщины по окружности забоя с постоянной скоростью поворота.

Роторный экскаватор с телескопической стрелой по своим эксплуатационным возможностям способен заменить роторный экскаватор с выдвижной стрелой. Успешное внедрение в производство ленточного конвейера, работающего при изменяющейся длине [3], позволяет решить задачу создания экскаватора с телескопической стрелой. Установлено, что применение телескопической стрелы, состоящей из основной части и вставки позволяет упростить конструкцию экскаватора и уменьшить затраты энергии за счет исключения одного конвейера и соответственно сокращения длины транспортировки и перегрузок породы.

Анализ условий эксплуатации роторного экскаватора с телескопической стрелой позволяет сделать следующие выводы:

- при переходе к разработке нового блока, переходе от подступа к подступу затрачивает на 6 % времени меньше чем роторный экскаватор с невыдвижной стрелой;
- целесообразно применять при селективной разработке пропластков или в условиях передвижения его по относительно слабым грунтам
- за счет разработки, забоя стружкой равной толщины (меньшего удельного усилия резанья) имеет меньший удельный показатель затрат энергии на единицу

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

произведенной продукции, чем роторный экскаватор с невыдвижной стрелой того же класса;

- роторный экскаватор с выдвижной стрелой имеет на один ленточный конвейер (консоли противовеса) меньше;

- более устойчивый чем роторный экскаватор с выдвижной стрелой того же класса.

В данной работе предложена конструкция телескопической роторной стрелы, выполнены проверочные расчеты металлоконструкции на прочность, дана предварительная оценка устойчивости роторного экскаватора.

Разработаны и оформлены маршрутный и операционный технологические процессы изготовления детали. Выбран режущий и мерительный инструменты, и оборудование, а также рассчитаны режимы резания и нормы времени.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 КОНСТРУКЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

1.1 Принципиальные схемы экскаваторов непрерывного действия

Экскаваторы непрерывного действия применяют для выполнения различного рода земляных работ - разработки выемок и сооружения насыпей различных форм и размеров, а также для планировочных работ. В основном эти машины представлены многоковшовыми экскаваторами. Однако изредка применяют специальные бесковшовые конструкции — скребковые, резцовые, фрезерные и шнековые, или комбинированные конструкции, имеющие два вида рабочих органов - основные и вспомогательные. Характерным типом такой конструкции является многоковшовый экскаватор со скребковыми или шнековыми рабочими органами, выполняющими работы планировщиков или откосников.

В отличие от одноковшовых экскаваторов, универсальные модели которых можно применять с различным оборудованием, многоковшовые экскаваторы (а особенно такие разновидности машин непрерывного действия, как, например, скребковые, фрезерные) являются более специализированными машинами, и их конструктивные схемы, в зависимости назначения, сильно отличаются друг от друга. Поэтому классифицировать экскаваторы непрерывного действия по тому же принципу, что и одноковшовые машины, нецелесообразно, тем более, что многие типы изготавливаются всего в нескольких экземплярах.

Многоковшовые экскаваторы, подобно одноковшовым, разрабатывают грунт либо выше уровня своей стоянки (экскаваторы верхнего копания), либо ниже (экскаваторы нижнего копания), или же работают как верхним, так и нижним копанием, что в последнее время является обычным для большинства моделей. Разработанный грунт передается на транспортирующие устройства, а последние либо передают его на специальные разгружающие устройства (у машин большой мощности), либо непосредственно разгружают в транспортные средства или отвал.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

В некоторых случаях транспортировка грунта производится только рабочим органом, который и передает грунт на разгрузочные устройства (у некоторых типов многоковшовых экскаваторов поперечного копания).

В других случаях транспортирующие устройства служат и разгрузочным устройством (разгрузочные конвейеры траншеекопателей и некоторых типов роторных экскаваторов).

По мере разработки забоя многоковшовые экскаваторы передвигаются. У одних машин это передвижение является рабочим движением, участвуя в движении рабочего органа (многоковшовые цепные экскаваторы поперечного копания, траншеекопатели). Другие машины во время работы стоят на месте и передвигаются только после выработки забоя в пределах действия своих рабочих органов.

Соответственно рабочему процессу все многоковшовые экскаваторы имеют следующие узлы и агрегаты: а) рабочее оборудование, включающее в себя рабочие органы и конструкции для установки их в нужное положение; б) транспортирующие устройства, которые транспортируют грунт от рабочих органов и обычно включают в себя питающие, перегрузочные и разгрузочные устройства; в) механизмы, которые передают движение всем рабочим и исполнительным вспомогательным устройствам и рабочим органам; г) силовое оборудование, служащее для приведения в действие всех рабочих и вспомогательных механизмов экскаватора; д) ходовое оборудование, обычно состоящее из нижней рамы и движителя; е) платформу с надстройкой, на которой устанавливаются рабочее и силовое оборудование и механизмы; ж) управление [2]. Очень мощные роторные экскаваторы имеют часто два опорно-поворотных устройства. В этом случае вторая поворотная платформа служит для независимого поворота в плане разгрузочного моста или конвейера. Многоковшовые экскаваторы, в соответствии с процессами их работы и принципиальной конструкцией рабочих органов, можно разделить на три основные группы: 1) роторные радиального копания (поворотные), 2) цепные поперечного копания (неповоротные и поворотные, которые могут также работать

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

радиальным копанием) и 3) роторные и цепные продольного копания (траншеекопатели, неповоротные) [1]. Все эти машины имеют ковшовые рабочие органы и, таким образом, указанные группы не охватывают специальных машин со скребковыми и фрезерными рабочими органами, если эти органы не являются сменными или не установлены постоянно на экскаваторе одной из основных групп. Первые две группы машин представлены машинами малой мощности (емкость ковшей от 10—15 до 150—200 л), средней (емкость ковшей, от 200 до 450 л) и большой мощности (емкость ковшей от 500 до 4500 л). Траншеекопатели представлены машинами с ковшами емкостью 15—250 л. В связи с увеличением сечения траншей и объемов работ можно ожидать появления более мощных траншеекопателей с ковшами емкостью до 300 л и более. Ходовое оборудование роторных машин по преимуществу гусеничное. Силовым оборудованием является исключительно электропривод.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
						10
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Конструкции роторных экскаваторов

У роторных экскаваторов (рисунок 1.1) рабочим органом является ротор.

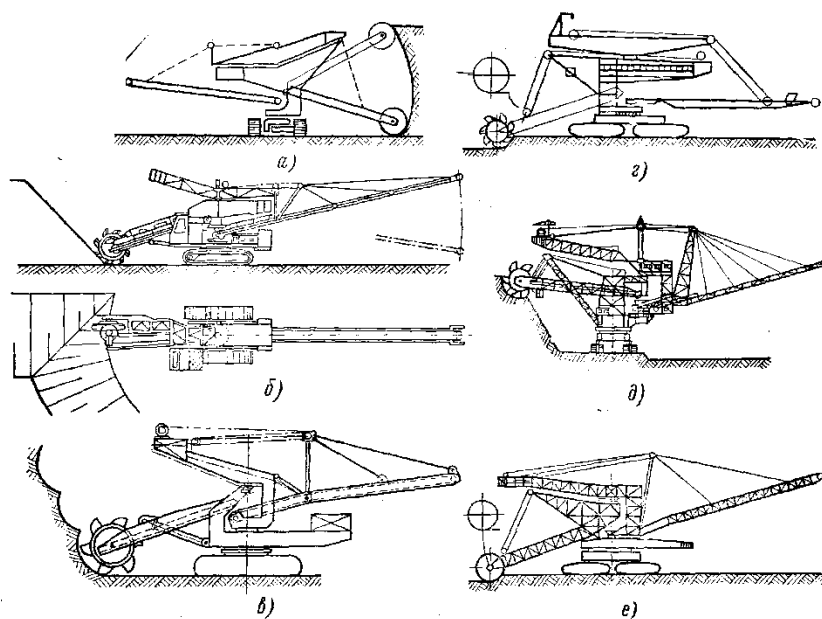


Рисунок 1.1 – Конструктивные схемы уравновешенных поворотных роторных экскаваторов с невыдвижными роторными стрелами и разгрузочными конвейерами консольного типа: а – классическая схема; б – с гидравлическим подъемом роторной стрелы, двумя противовесами стрелы и верхней конструкцией противовеса разгрузочного конвейера; в – с противовесом роторной стрелы на платформе, верхней конструкцией противовеса разгрузочного конвейера, с объединением поворотных кругов конвейера и его противовеса в одной ферме на оси вращения экскаватора; г – классическая схема с опорой стрелы разгрузочного конвейера на поворотной платформе в современном исполнении; д – с осью поворота стрелы разгрузочного конвейера и ее противовеса смещенной назад от оси вращения платформы экскаватора и объединением поворотных кругов конвейера и его противовеса в одной ферме; е – с объединением поворотных кругов разгрузочного конвейера и его противовеса в одной ферме с осью вращения на оси вращения платформы экскаватора диаметром от 1,5 до 20 м, несущий от 6 до 16 ковшей. Ротор укреплен на конце стрелы, пята которой шарнирно установлена

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

11

либо в поворотной платформе, либо на тележке, перемещающейся по направляющим надстройки платформы.

Грунт с ротора передается на конвейер стрелы. С конвейера невыдвижной стрелы грунт обычно передается на разгрузочный конвейер, ось вращения которого совпадает с осью вращения платформы. Так как при этом угол поворота разгрузочного конвейера не может быть больше $200\text{--}230^\circ$, то иногда применяют двухсекционный разгрузочный конвейер, что позволяет увеличить этот угол до 330° (рисунок 1.4).

При перестановке ковшей с поворотом на 180° и изменении направления вращения ротора экскаватор может работать нижним копанием (рисунок 1.2).

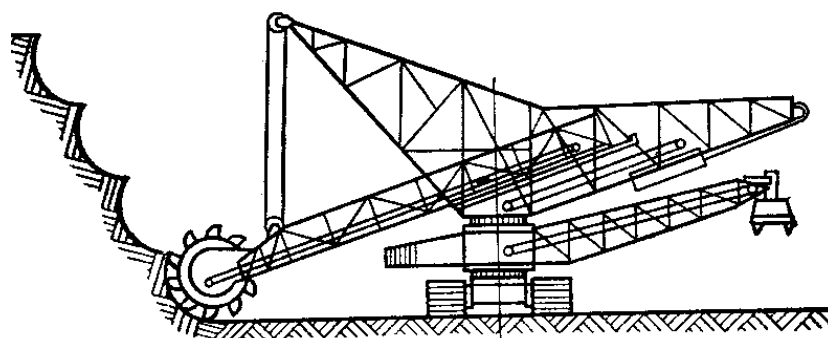


Рисунок 1.2 – Схема роторного экскаватора с верхней конструкцией противовеса и укосиной для подвески роторной стрелы

При обычной конструкции конвейера роторной стрелы угол ее наклона не может быть больше 18° , что ограничивает глубину копания до $20\text{--}25\%$ ее высоты. Для увеличения этого угла над конвейером устанавливают второй конвейер, нижняя лента которого пружинными роликами прижимает грунт к ленте (рисунок 1.3).

Это позволяет довести угол наклона конвейера роторной стрелы до $35\text{--}45^\circ$, а глубину копания до 50% высоты.

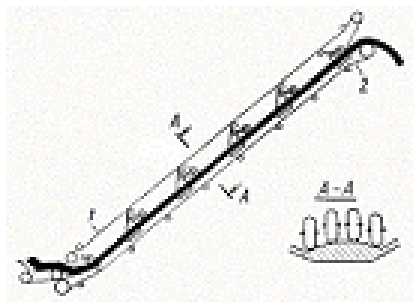


Рисунок 1.3 – Схема конвейера роторной стрелы с прижимной лентой
1 – прижимная лента; 2 – основная

Компоновку, а в значительной мере и работу роторного экскаватора радиального копания, определяет вид применяемой стрелы - невыдвижной или выдвижной, а также относительная длина последней, и уже во вторую очередь — конструкция разгрузочного устройства.

У роторных машин разгрузка почти исключительно производится на конвейер, установленный на экскаваторе. При производительности экскаватора до 2000—2500 м³/ч длина разгрузочного конвейера относительно невелика и для машин с небольшой длиной роторной стрелы не превышает двойного радиуса действия ротора, а для машин с большой длиной стрелы примерно равна радиусу действия ротора, и поэтому уравнивать конвейер нет необходимости. Тип ходового устройства, число гусениц, так же, как и число колес при рельсовом ходе, практически мало влияют на компоновку конструктивной схемы как цепных, так и роторных экскаваторов.

Классическая схема роторного экскаватора показана на рисунок 1.1 а. Основные ее особенности сохранились почти во всех современных конструкциях машин с невыдвижными длинными роторными стрелами, предназначенных для разработки высоких и глубоких забоев.

К этим особенностям относятся:

а) полная уравновешенность вращающейся части конструкции благодаря наличию индивидуальных противовесов стрелы с ротором и консольного

конвейера; противовесы (или часть их) автоматически перемещаются в соответствии с установкой (углом наклона) роторной стрелы и конвейера;

б)расположение металлоконструкции противовеса (или противовесов) над конвейером в виде консольной фермы, передняя часть которой, выдвинутая вперед и вверх в виде укосины или треугольной фермы, служит для подвески роторной стрелы;

в)установка пяты стрелы ротора на башнеобразной части металлоконструкции, поддерживающей конструкцию противовесов и подвески ротора и расположенной в передней части поворотной платформы;

г)значительная высота металлоконструкции экскаватора, удобная для высокого расположения пяты стрелы ротора, получения больших рабочих размеров и возможности работы как верхним, так и нижним копанием;

д)установка перегрузочного устройства для передачи грунта с роторной стрелы на разгрузочный конвейер по оси вращения поворотной части экскаватора;

е)статически определяемая конструкция ходового устройства с передачей нагрузки на нее в трех точках.

Наиболее существенным недостатком классической схемы является большой вес и высота экскаватора, ненужная при небольших рабочих размерах и отсутствии возможности работы нижним копанием. Кроме того, установка разгрузочного конвейера над поворотной платформой по оси ее вращения ограничивает, из-за наличия башни металлоконструкции, угол поворота конвейера от продольной оси экскаватора до 90—105° (максимально до 115°). Однако попытки значительно снизить габариты и вес машины влекли за собой уменьшение рабочих размеров. В то же время громоздкость и малая маневренность роторных экскаваторов обычной конструкции приводили к уменьшению рабочего времени и резкому увеличению потерь времени на технологические простои при рабочем процессе.

Схема, показанная на рисунке. 1.1, а, сначала применялась для машин малой мощности, затем, по мере расширения использования невыездных стрел, - на моделях средней, а с некоторым усложнением разгрузочного конвейера и на

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

моделях большой мощности. Эта схема является полностью уравновешенной как в части роторной стрелы, так и в части стрелы конвейера, и хотя в основном она предназначена для работы машины верхним копанием, тем не менее, благодаря большой длине роторной стрелы и выступающей вперед фермы для ее подвески, имеется возможность работы и ниже уровня стоянки машины сначала на глубину до половины диаметра ротора, а затем на глубину, составляющую 0,4—0,5 максимальной высоты копания.

Высокое расположение пяты стрелы по этой схеме вызвало большую высоту всей конструкции. Необходимость работы с конвейером, поднятым в ряде случаев на угол 16—18° выше горизонта, заставила располагать противовес роторной стрелы на большой высоте, что, помимо ухудшения устойчивости, привело к необходимости размещения противовеса конвейера над противовесом роторной стрелы. Конструктивные меры для придания экскаватору достаточной устойчивости привели к увеличению диаметра поворотного круга и применению трехточечных опор (каждая из которых имела две, а у очень мощных машин — четыре гусеницы) с нижней рамой больших размеров.

Все это в конечном итоге увеличило вес машины. Роторные экскаваторы подобной конструкции, даже при емкости ковшей 100 л, имеют вес от 100 до 200 т, в зависимости от рабочих размеров и усилия на роторе. Габаритная высота металлоконструкции экскаватора в 2,2—2,5 раза превышает высоту пяты стрелы ротора. С применением двух двойных гусениц вес этих экскаваторов может достигать при больших рабочих размерах и значительном усилии на роторе до 900—1000 т, а производительность — до 1800 м³/ч при емкости ковшей до 400 л. Дальнейшее увеличение мощности машины требует перехода на трехопорную систему с большим числом гусеничных тележек

Применение шарнирной стрелы конвейера позволило удлинить по-воротную платформу и разместить на ней сначала часть противовеса роторной стрелы. Конструктивная схема платформы стала типичной консольной схемой, аналогичной схемам платформ одноковшовых экс-каторов (рисунк. 1.1, б). Это

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дало возможность снизить расположение центра тяжести и уменьшить высоту машины до 1,9 - 2 высот пяты стрелы, а применение для машин с короткой роторной стрелой гидравлического подъема этой стрелы позволило отказаться от традиционной, выступающей вверх и вперед металлоконструкции. В результате вес машины уменьшился на 10—15%. Шарнирная конструкция консольного конвейера позволила осуществлять разгрузку в транспортные средства, расположенные не только на уровне стоянки экскаватора, но и на нижнем уступе, благодаря чему сократились длина и количество магистральных конвейеров.

При длине конвейера, не превышающей двойного вылета ротора, была тенденция отказаться от установки противовеса конвейера. В этом случае конструкция является частично уравновешенной и противовес ротора может быть целиком размещен на платформе, так что классическая схема роторного экскаватора, показанная на рисунке 1.1 а, и упрощенная его схема на рисунке 1.1 б.

Высота экскаватора уменьшается более чем вдвое и составляет всего 1,2—1,3 высоты пяты стрелы ротора. Такая схема (или близкие к ней) получила вначале широкое распространение для моделей малой мощности фирм Демаг-Лаухаммер, Везерхютте и Крупп (ФРГ) и др.

Анализ конструктивных схем экскаваторов, выполненных по рисунку 1.1, а и ж, показывает, что основное их отличие от классических схем заключается в максимальном уменьшении рабочих размеров и упрощении надстройки, а также в относительном увеличении диаметра ротора.

Анализ схем, приведенных на рисунке 1.1, показывает, что конструктивное оформление двухгусеничной ходовой тележки и платформы напоминает эти же агрегаты у одноковшовых экскаваторов. Это сыграло решающую роль для появившихся в дальнейшем роторных карьерных экскаваторов (с малыми рабочими размерами), выполненных на базе узлов одноковшовых машин.

Советской промышленностью выпускались модификации роторных экскаваторов на базе узлов строительных одноковшовых моделей с многодвигательным приводом. Однако выполнение вскрышных роторных моделей

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

из узлов одноковшовых экскаваторов нецелесообразно в силу относительно небольших размеров базы одноковшовых экскаваторов.

Если исходить из изложенной методики определения рабочих размеров, то для работы в грунтах, которые одноковшовыми машинами разрабатываются без предварительного разрыхления взрывом, емкость ковша роторного экскаватора, выполненного на базе узлов одноковшового, составит 12—15% емкости ковша последнего.

Конструктивные схемы машин, показанные на рисунке 1.1, по компактности и простоте являются наилучшими для экскаваторов карьерного типа, у которых в обычных условиях работы вылет разгрузочного конвейера превышает вылет ротора не более чем в 1,5 раза. При вылете конвейера, превышающем вылет ротора в 1,5—2 раза, неуравновешенность машины уже существенна и преимущество в этом случае получает схема уравновешенной машины, показанная на рисунке 1.6, в. В ней стрела противовеса объединена с опорой разгрузочного конвейера в одной металлоконструкции, установленной на цапфах стойки шарнира пяты роторной стрелы и платформы экскаватора. Однако расположение противовеса конвейера над ротором ограничивает возможность уменьшения высоты конструкции, что затрудняет и общее снижение веса экскаватора. Поэтому эта схема широко применяется для экскаваторов, которые по конструкции являются промежуточными между выполненными по классической схеме, с большими рабочими размерами и чисто карьерными машинами.

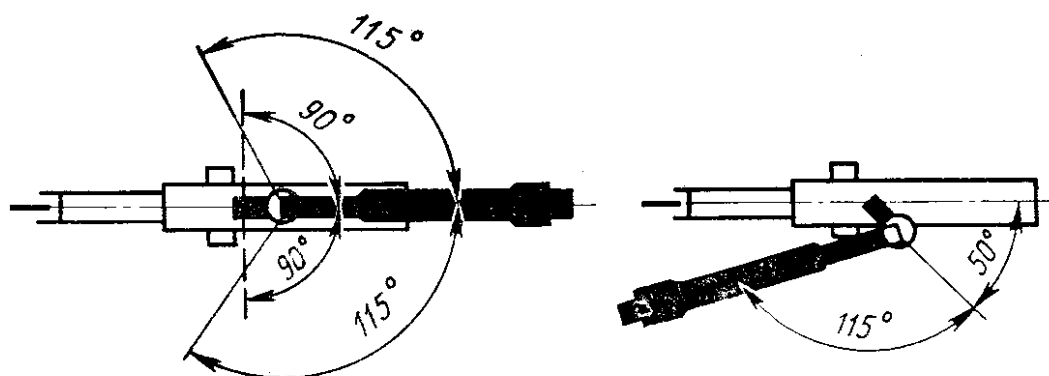
Такая схема применяется на новых машинах малой и средней мощности с ковшами емкостью до 450—500 л и весом до 200—300 т Уничевского завода (Чехословакия) и фирм Крупп и Букау-Вольф (Германия). При вылетах разгрузочного конвейера, превышающих вылет ротора более чем в 2 раза, данная схема является, видимо, наиболее целесообразной. В последние годы эта схема нашла применение и в конструкциях вскрышных экскаваторов с очень большим вылетом разгрузочного конвейера (рисунок 1.1, д и е).

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Конструктивные схемы, приведенные на рисунке 1.1 а, особенно выгодны для машин, у которых минимальные габариты и короткая стрела ротора являются необходимыми (например, для роторных экскаваторов, применяемых на подземных работах). В этом случае в конструкцию часто вводится конвейер, установленный перпендикулярно продольной оси экскаватора.

Наиболее характерной чертой конструктивных схем, показанных на рисунке 1.1, является наличие перегрузки грунта с конвейера роторной стрелы на разгрузочный конвейер по оси вращения экскаватора. Только две схемы, из которых одна устаревшая, а другая специальная, с большой длиной разгрузочного конвейера не имеют такого принципа перегрузки, обеспечивающего высокую надёжность и наибольшую производительность экскаватора.

Общим недостатком всех рассмотренных конструктивных схем машин является относительно небольшой угол поворота разгрузочного конвейера от продольной оси экскаватора. Максимально он составляет $105\text{—}115^\circ$, обычно не превышает 90° , а иногда всего 60° . Увеличение этого угла требует сдвига к передней части машины основной металлоконструкции, несущей стрелы ротора и противовеса, что утяжеляет экскаватор. Для устранения этого недостатка возможно использование усложненной схемы разгрузочного конвейера, состоящего из двух секций. Первая секция его кончается за пределами платформы и может поворачиваться от продольной оси экскаватора на угол $45\text{—}50^\circ$, а вторая относительно первой — еще на $100\text{—}115^\circ$. Таким образом, общий поворот разгрузочного конвейера в одну сторону достигает 165° (рисунок 1.4).



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

18

Рисунок 1.4 – Разгрузочный конвейер из двух секций

Такая схема с успехом применена Донецким заводом для мостовой конструкции разгрузочного конвейера. Для использования ее при консольном конвейере необходимо подвеску его делать на оси поворота второй секции. Поскольку эта ось должна перемещаться в плане по дуге, радиус которой равен расстоянию между осями поворота первой и второй секций, крепление подвески конвейера должно быть подвижным по радиусу, поворот которого связан с поворотом первой ступени конвейера. Решение этого вопроса не столь сложно, а осуществление сулит значительные выгоды, обеспечивая высокую технологическую универсальность экскаватора и приспособляемость его к самым различным условиям работы.

Более универсальной и получившей большее распространение является пока схема экскаватора без противовеса конвейера, но с сохранением классического противовеса ротора в виде горизонтальной фермы. Иногда ферма имеет слегка наклонный вверх нижний пояс для возможности подъема конвейера без излишнего увеличения высоты металлоконструкции.

Промежуточное положение занимают схемы экскаваторов ЭРГ-400- Донецкого завода и КУ300 - Унического завода

Обе модели отличаются от выполненных по схеме, приведённой на рисунке 1.1 а, треугольной фермой подвески ротора, жестким креплением стрелы противовеса и значительно более длинным конвейером. Экскаватор Унического завода имеет, кроме того, гидравлическое домкратное устройство для выравнивания машины при работе на наклонной плоскости

Удачным решением, возможным, однако, при относительно коротком конвейере, является применение подвески такого конвейера под металлоконструкцией противовеса, на оси вращения платформы. При этом расстояние от металлоконструкции до забоя увеличивается, и кабина управления ротором устанавливается на подвижной шарнирной ферме, получая возможность следовать за всеми движениями ротора. Отличительной особенностью такой схемы

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

является подвеска роторной стрелы на жестких тягах, верхний конец которых закреплен в тележке, перемещающейся по верхнему поясу металлоконструкции противовеса.

При больших рабочих размерах машины и необходимости работать как верхним, так и нижним копанием, в передней части металлоконструкции устанавливается укосина в виде портала. Замена в некоторых схемах односекционного конвейера двухсекционным не является конструктивным изменением, так как она имеет место и в схемах типа показанной на рисунок 1.4. Однако машины, выполненные по этой схеме, из-за отсутствия выступающей вперед металлоконструкции для подвески тяг стрелы ротора пригодны только для верхнего копания.

Характерной особенностью машин, выполненных по схеме, приведённой на рисунке 1.5, является расположение разгрузочного конвейера на нижней раме экскаватора. Угол поворота конвейера в плане от продольной оси не превышает 120° , а длина конвейера невелика и поэтому он не уравновешен специальным противовесом.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

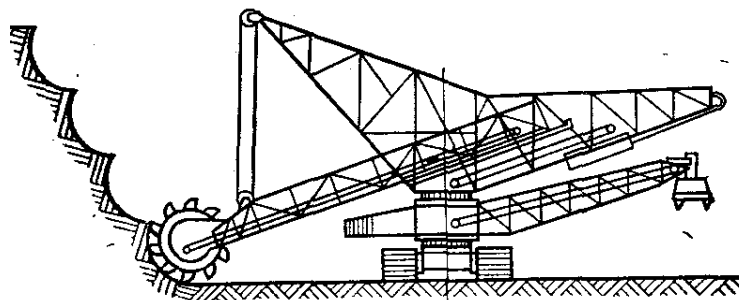


Рисунок 1.5 – Конструкция с верхней стрелой противовеса и короткой стрелой погрузочного конвейера

В этом отношении машина, выполненная по схеме, показанной на рисунке 1.4, более удачна в силу возможности поворота конвейера на угол до 135° и пригодности для установки конвейера большой длины. Недостатком ее является большая высота и сложность конструкции. При небольшой мощности экскаватора такая схема не может конкурировать со схемой, приведенной на рисунке 1.1, б, значительно более компактной и не имеющей недостатков, присущих схеме, показанной на рисунке 1.1, г.

Отдельно стоит схема полностью уравновешенного экскаватора с ковшами емкостью 1500 л, весом 3200 т, с невыдвижной роторной стрелой и консольным конвейером, выполненная фирмой Крупп с использованием ходового оборудования мощного вскрышного одноковшового экскаватора американского производства (рисунок 1.1, д). Машина отличается очень большим вылетом конвейера (104 м) при относительно небольшой высоте (30,5 м) и радиусе копания (38,5 м). Стремление ограничить угол подъема конвейера стрелы при разработке нижнего яруса на глубине до 5 м ниже уровня стоянки экскаватора привело к увеличению длины роторной стрелы за счет смещения оси поворота конвейера на 10,5 м. назад от оси вращения машины. В соответствии с этим удлинена поворотная платформа, первая ступень конвейера с приемным бункером установлена в мощной П-образной ферме, укрепленной на цапфе поворотной платформы (на которой вращается и первая ступень конвейера) и на цапфе башенной надстройки

металлоконструкции. На верхней части П-образной фермы и оси вращения конвейера укреплены пять стрелы - противовеса, к которой подвешена стрела противовеса и наклонная ферма второй ступени конвейера. Гибкая ферма конвейера подвешена к наклонной ферме пятью независимыми подвесками. Стрела ротора подвешена к А-образной двуногой стойке, укрепленной в проушинах платформы наподобие стрелы одноковшового экскаватора.

П-образная ферма противовеса конвейера повторяет в основном конструкцию этого узла в схеме, приведенной на рисунке 1.1, в, которая, однако, более удачна в силу наличия обычной перегрузки грунта по оси вращения платформы экскаватора. Смещение этой точки в схеме, показанной на рисунке 1.1, д, помимо введения дополнительного конвейера, сильно усложнило автоматику, обеспечивающую в этой схеме постоянство места разгрузки грунта с конвейера при его повороте. Эти недостатки устранены в схеме, приведенной на рисунке 1.1 аналогичной П-образной конструкцией подвески конвейера.

Конструктивное решение верхней части металлоконструкции, связанной с подвеской конвейера, выполненное фирмой Любек (ФРГ) по схеме, показанной на рисунке 1.5, нельзя считать удачным в силу сложности металлоконструкции и большого ее веса. Более поздняя модель большой мощности этой фирмы имеет более удачное решение всего узла противовеса и подвески конвейера.

К схеме, показанной на рисунке 1.6, относится все сказанное выше в отношении возможности увеличения угла поворота конвейера с креплением его подвески на оси вращения экскаватора.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

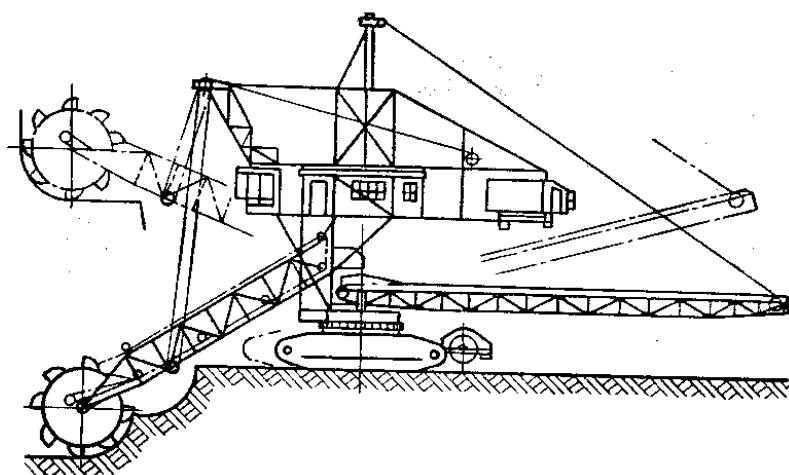


Рисунок 1.6 – С верхней конструкцией противовеса и укосиной для подвески роторной стрелы

Применявшаяся ранее и оставленная в последнем десятилетии подвеска конвейера к укосине, расположенной ниже фермы противовеса роторной стрелы, появилась снова в виде конструкции, укрепленной на собственном поворотном круге. Этот круг установлен в плоскости главного опорного круга шестигусеничного экскаватора весом 1750 т с ковшами емкостью 1000 л, производительностью 2400 и 4550 м³/ч. На поворотном круге укосины размещен противовес длинного конвейера, так что машина является полностью уравновешенной. Достоинством такой схемы установки конвейера является также почти полное устранение усилий, сжимающих ферму конвейера при ее большой длине. Десять ковшей с таким же числом режущих профилей обеспечивают работу экскаватора в грунтах с сопротивлением копания порядка 8 кг/см² (0,8 МПа).

Оценивая конструктивные схемы экскаваторов с консольными разгрузочными конвейерами, можно сделать следующие выводы.

Общим основным фактором является применение непосредственной перегрузки грунта с конвейера роторной стрелы на погрузочный конвейер по оси вращения экскаватора. Использование промежуточного конвейера по схеме, показанной на рисунке 1.3, может быть оправдано необходимостью обеспечить поворот разгрузочного конвейера от продольной оси на угол порядка 120—165°.

Очень редко, желая иметь такой же угол поворота конвейера в машинах малой и средней мощности, применяют два поворотных круга, один из которых служит для установки конвейера, как, например, это применено у очень мощных машин. Однако такое решение значительно сложнее установки дополнительного короткого конвейера и вряд ли может быть оправдано для машин небольшой мощности.

Для экскаваторов вскрышного типа весом до 1800—2000 т целесообразна схема, приведенная на рисунке 1.5 с некоторым снижением высоты башни и фермы противовеса (показано на рисунке пунктиром) или схема, приведенная на рисунке 1.1 и использование при весе машины от 600—700 до 1100 т двух сдвоенных гусениц, а при большем весе — четырех или шестигусеничного ходового оборудования. При необходимости увеличить длину стрелы ротора для работы нижним копанием или особо увеличить рабочие размеры машины также применима схема, показанная на рис. 17, в, с добавлением к башне треугольной формы качающейся укосины и введением короткого полиспаста ее подъема. При большой длине стрелы ротора вместо кабины управления на ферме, укрепленной на башне (рисунок 1.5), устанавливается короткая ферма на роторной стреле. При необходимости установки очень длинного консольного противовеса может быть использована та же измененная схема с несколько наклонным вниз верхним поясом фермы противовеса и установкой на нем противовеса конвейера по схеме, показанной на рисунке 1.1г.

В схеме экскаватора, показанной на рисунке 1.1, д подвеска конвейера решена по схеме, приведенной на рисунке 1.7, в, а ферма противовеса шарнирно укреплена на основной башне. Здесь впервые стрела ротора была связана с укосиной, выполненной в виде портала, жесткими тягами. Укосина — качающаяся, с коротким подъемным полиспастом, а ферма противовеса подвешена к башне также шарнирно.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

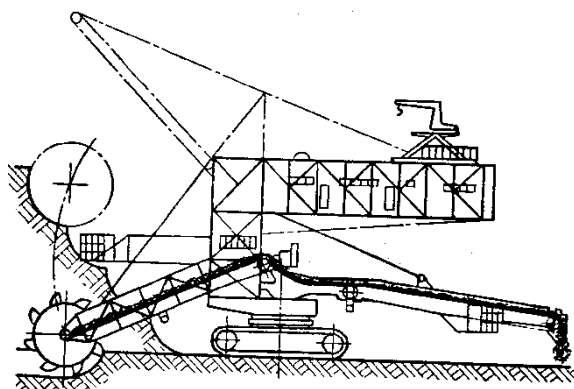


Рисунок 1.7 – С короткой стрелой разгрузочного конвейера

Все это определило конструктивные дальнейшие решения, послужившие основой создания двух почти унифицированных схем, одна из которых применяется фирмами Любек, Крупп и Демаг-Лаухаммер (Западная Германия) для наиболее мощных экскаваторов с не выдвигаемыми стрелами и разгрузочными мостами, а другая — фирмой Лаухаммер (Восточная Германия) для моделей меньшей мощности.

Изучение конструктивных схем роторных экскаваторов с не выдвигаемыми стрелами и разгрузочными мостами показывает наличие преимущества схем, рассмотренных ранее. Так, если экскаватор имеет разгрузочный мост, применяемый обычно при весе машины свыше 2000 т (реже 1500 т), то уравнивание конвейера не требуется. При наличии разгрузочного моста машина полностью уравновешена.

На экскаваторах фирмы Крупп с ковшами емкостью 2000 л, производительностью свыше 5000 м³/ч и весом около 3000 т. Укосина подвешена неподвижно на жестких тягах, что традиционно для этой схемы. Сравнивая ее со схемой экскаватора фирмы Любек с ковшами емкостью 200 л и весом 270 т, можно видеть широкие пределы применения данной схемы.

Независимо от указанных выше тенденций общего развития конструктивных схем экскаваторов иногда появляются конструкции, связанные со старой классической схемой, приведенной на рисунке 1.1, а, хотя внешне они имеют

современный вид. Характерным в этом отношении является экскаватор фирмы Крупп с ковшами емкостью 1000 л, производительностью 2160—3600 м³/ч, установленный на трех двух гусеничных тележках и работающий с отвал образователем, имеющим вылет 113 м. Общий вес комплекса 3260 т. К основной башне металлоконструкции экскаватора крепится как задняя ферма для противовеса, так и передняя ферма, несущая подвеску роторной стрелы, а также ее пяты. Стрелы ротора и противовеса шарнирно укреплены в качающейся на шарнире треугольной ферме, к которой обе стрелы подвешены жесткими тягами. Для уменьшения их вибрации служат стойки.

В этой схеме момент, создаваемый противовесом относительно шарнира, должен быть больше момента, создаваемого роторной стрелой, ротором, грунтом на роторе и стреле и реакциями грунта на ковшах. От произвольного подъема ротор и его стрела удерживаются полиспастом. При отпускании его ротор поднимается. Лебедка полиспаста подъема, как и в других конструкциях, установлена у противовеса. Такая схема являлась совершенно новым оригинальным конструктивным решением. Здесь практически вся конструкция является одной жесткой системой и установлена на одной опоре. Однако при этом в ней заложена некоторая возможность демпфирования: при чрезмерной перегрузке ротора случайным препятствием система может наклоняться.

В данной схеме полностью устранены и длинные полиспасты, вызывавшие нежелательные колебания всей конструкции и ротора и, как следствие, изменение сечений срезаемой стружки грунта. Как известно, канаты длинных полиспастов, в свою очередь, вызывали колебания конструкции и приводов, а при неблагоприятных условиях служили причиной автоколебаний всей системы.

По этой схеме фирмой выпущен шести гусеничный экскаватор с ковшами емкостью 2000 л. Основным его отличием является отсутствие стоек, связывающих стрелы экскаватора с их подвесками. Очевидно, из-за опасения возникновения вибраций свободная длина тяг уменьшена. В последующих конструкциях этих

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

стоек уже нет. Длинные цельные тяги заменены шарнирными, а шарниры их связаны со стрелами стойками, всегда испытывающими растяжение.

По такой схеме фирмой выполнена последняя конструкция экскаватора очень большой мощности с традиционной башней. Расположение разгрузочного моста над поворотной платформой вызывает увеличение высоты пяты стрелы. Кроме того, неизбежные изменения нагрузок ротора, соизмеримые со статическим нагружением полиспаста разностью моментов, должны вызывать колебания системы. В последнее время фирма Крупп выполняет машины по схеме, аналогичной схемам фирмы Любек.

Возможно объединение роторной и разгрузочной стрел в одной качающейся ферме, что нашло применение на экскаваторе фирмы Крупп - 20 средней мощности с мостовым. Несколько раньше аналогичная схема была применена фирмой Демаг-Лаухаммер для погрузчика весом 133 т с очень малой емкостью ковша (100 л) и длинной стрелой. Следует отметить, что гидравлический привод подъема - опускания ротора, примененный в этих машинах, должен исключать опасные колебания системы так же, как и замена двух стрел одной фермой. Для машин большой мощности схема, давшая новое направление развитию конструкций в части применения качающихся укосин и шарнирной подвески стрелы противовеса, естественно привела к возможности отказа от башни и к установке пят обеих стрел непосредственно на поворотной платформе.

Сильно отличаются от рассмотренных конструктивные схемы мощных экскаваторов Ново-Краматорского завода Металлоконструкция. Их надстройки представляет собой жесткую стержневую конструкцию, в которой отсутствуют как явно выраженная стрела противовеса, так и башенные фермы, и качающиеся порталы. Подвеска роторной стрелы осуществлена полиспастом. Поворотная платформа опирается на нижнюю раму обычной цилиндрической формы, как это имеет место при шагающем ходовом оборудовании.

Экскаваторы фирмы Лаухаммер (Германия) при емкости ковшей от 1500 до 4000 л отличаются оригинальной схемой с одним качающимся порталом стрелы

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

ротора и жестко укрепленной на поворотной платформе консольной стрелой противовеса без полиспастов для подъема и опускания ротора Крепление к стреле противовеса тяг стойки осуществлено через тележку, которая с помощью коротких гидравлических цилиндров и короткого полиспада перемещается по рельсам мощной коробчатой балки, укрепленной по оси стрелы противовеса у ее нижних поясов. Мост длиной 80—100 м шарнирно укреплен внизу, у края нижней рамы экскаватора, снабжен поворотной разгрузочной консолью длиной 20—25 м и конструктивно, в своей основной части, решен аналогично мостам машин фирмы Демаг-Лаухаммер (Германия).

Анализируя конструктивные схемы экскаваторов, показанных на рисунке 18 и 19, можно установить, что перегрузка грунта с конвейера роторной стрелы непосредственно на разгрузочный конвейер по оси вращения экскаватора сохранена только в немногих машинах относительно малой мощности, весом 2000—3000 т. Отказ от этой наиболее простой и надежной схемы с введением одного или нескольких промежуточных конвейеров вызывается, как правило, увеличением высоты падения грунта.

Установка опоры моста на нижней раме не позволяет увеличить угол его поворота свыше 115° , а при расположении опоры в самой нижней раме — свыше 90° .

Следует отметить применение наклонного конвейера для передачи грунта вниз, с разгрузочной стрелы на второй промежуточный конвейер. Усложнение перегрузочных устройств является одним из самых слабых мест мощных экскаваторов, так как неполадки этих устройств трудно устранимы, а простои таких машин, даже кратковременные, тяжело отражаются на экономичности работ.

Крепление опоры моста на нижней раме, помимо ограничения угла поворота, вызывает лишний расход энергии на подъем грунта к разгрузочному устройству. Этот расход составляет примерно 0,03 кВт час на 1 м³ разработанного грунта, а общие затраты энергии у машин большой мощности измеряются 0,8—1,2 млн. кВт в год и требуют лишней установленной мощности машины до 300 кВт. Поэтому установка опоры моста в нижней раме, к тому же уменьшающая угол поворота до

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

90°. нецелесообразна, а на нижней раме менее целесообразна, чем в специальной поворотной платформе, обеспечивающей к тому же поворот моста на угол до 165°, или на поворотной платформе. Последние две схемы позволяют получить горизонтальную траекторию движения грунта на мосту.

Конструктивную схему подвески роторной стрелы к качающейся передней стойке на жестких тягах можно считать установившейся; она применена на всех современных экскаваторах очень большой мощности. Что касается фермы противовеса, то она решена либо в виде горизонтальной конструкции, либо как наклонная ферма. В обоих случаях она несет заднюю стойку, которая служит для крепления полиспаста подъёма стрелы ротора и соединена с фермой противовеса либо жесткими тягами, либо вантами из канатов закрытой конструкции.

В подавляющем большинстве конструкций машин разработанный грунт передается по оси вращения экскаватора непосредственно на разгрузочный конвейер (машины с консольными конвейерами малой, средней и большой мощности весом до 2000—3000 т) или на промежуточный конвейер. В этом случае поворот в плане роторной стрелы при работе или совсем не влияет на положение разгрузочной стрелы, или же последняя легко сохраняет постоянное положение независимо от положения в плане роторной стрелы.

Возможно, при этом также обеспечить независимо от поворота роторной стрелы любое заданное движение разгрузочной стрелы для отсыпки отвала необходимого профиля.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

1.3 Достоинства и недостатки экскаваторов с выдвижной стрелой.

Достоинством конструкции с выдвижной стрелой, особенно при слабой несущей способности грунтов, является то, что экскаватор проходит по одному месту один раз, не возвращаясь к нему, как это неизбежно при наличии не выдвижной стрелы. Применение роторных экскаваторов для открытых работ при ручном управлении всеми движениями потребовало устройства выдвижной стрелы, увеличения рабочих размеров и мощности машин. Это дало возможность разрабатывать с одной стоянки элемент забоя длиной 20—30 м, что обеспечивало непрерывную работу в течение 10- 22 ч, после чего следовала передвижка.

Однако постепенное возрастание веса, размеров и нагрузок выдвижной стрелы при меняющемся ее положении относительно экскаватора и упругости канатной подвески ротора затруднило исключение опасных колебаний конструкции, особенно при разработке неоднородных грунтов. Кроме того, выдвижная стрела усложняет конструкцию конвейеров, так как при этом обязателен промежуточный обратный конвейер, которого нет у экскаваторов с не выдвижной стрелой. Это при одинаковых рабочих размерах увеличивает вес экскаваторов на 10— 17%.

Поэтому следует считать, что именно опасность трудно устранимых колебаний, свойственных выдвижной стреле ротора, и послужила причиной того, что она не применяется у машин большой мощности. При небольшом давлении на грунт выгоды выдвижной стрелы незначительны и поэтому для машин малой мощности применение ее нецелесообразно. Несмотря на эксплуатационные удобства выдвижной стрелы, при которой экскаватор может разрабатывать забой стружкой равной толщины по окружности забоя (см. ниже) с постоянной скоростью поворота, там, где достаточна несущая способность грунта, преимущественно применяют не выдвижные стрелы. Этому способствовало появление автоматического управления, облегчившего быструю и точную подачу всего экскаватора, даже большой мощности, на любые заданные небольшие расстояния (порядка 20—30 см). Выдвижная стрела все же применяется на экскаваторах при

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

работе на очень мягких грунтах, где многократные переезды на одном месте, неизбежные у экскаватора с невыдвижной стрелой, вызывают просадки и увязание машины.

В дипломном проекте предлагается несколько измененный вариант выдвигной стрелы – телескопическая. В этом случае, применив соответствующие механизмы фиксации телескопической вставки можно обеспечить достаточную жесткость всей конструкции. Вместе с телескопической стрелой применяется и конвейер с телескопическим устройством [3]. Важное достоинство выдвигной стрелы – отсутствие промежуточного конвейера и сокращение пути перемещения отработанного грунта дает в этом случае определенные экономические и энергетические выгоды. Применение телескопической стрелы практически не изменяет конструкцию экскаватора и требует минимальных затрат.

Выводы по разрезу

1 В настоящее время конструкции роторных экскаваторов достаточно проработаны и существует определенная традиция в их проектировании.

2 Роторные экскаваторы с выдвигными стрелами имеют определенные преимущества, однако в связи с недостаточностью исследований в этой области количество их моделей относительно невелико.

3 Традиционно сложилась конструкция роторного экскаватора, в котором применяется выдвигная стрела, что требует дополнительного по сравнению с экскаватором с невыдвижной стрелой перегрузочного конвейера.

4 Применение телескопической стрелы в сочетании с конвейером, работающим при изменяющейся длине, позволяет исключить промежуточный конвейер и упростить конструкцию выдвигной стрелы.

5 В предлагаемой работе предложен вариант конструкции выдвигной телескопической стрелы в сочетании с конвейером, работающим при изменяющейся длине для модернизации машины ЭР-1250 17/1,5А.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2 КОНСТРУКЦИЯ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ РОТОРНОЙ СТРЕЛЫ

Конструкция телескопической роторной стрелы базируется на стандартной роторной стреле экскаватора – прототипа ЭР – 1250 – 17/1,5А

Конструкция телескопической роторной стрелы приведена на рисунке 2.1. Предлагаемая роторная стрела состоит из двух секций: основной и выдвижной. Выдвижная секция служит для установки роторного колеса его привода и перегрузочного устройства. На основной части размещены узлы приемного конвейера, а внутри ее расположены гидроцилиндры выдвижения телескопической вставки. Телескопическая секция перемещается внутри основной на четырех опорных роликах – двух передних и двух задних. Передние ролики установлены снаружи и обкатываются по основной секции. В поперечном сечении они имеют глобоидную форму. Ролики, установленные на заднем конце телескопической стрелы, обкатываются по внутренней поверхности основной секции и в поперечном сечении имеют бочкообразную форму. В местах установки роликов конструкция стрелы усилена накладками.

Фиксация телескопической вставки в заданном положении осуществляется с помощью восьми кулаков, управляемых гидроцилиндрами. Конструкция фиксирующего устройства приведена на рисунке 2.2. Для равномерного распределения усилия и исключения перекосов зажимных кулаков передача усилия от гидроцилиндра осуществляется через сферическую опору. Усилие, необходимое для фиксации стрелы, определяется только силой трения между кулаками и направляющей, поэтому усилия прижима кулаков должны быть достаточно большими.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

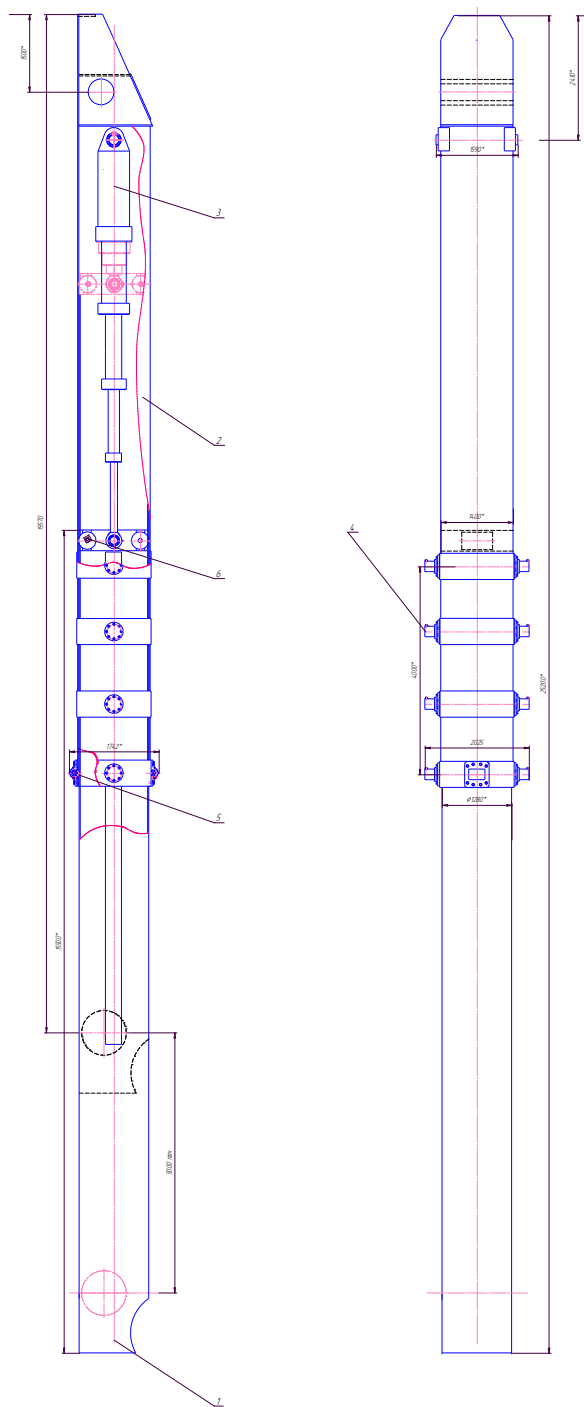


Рисунок 2.1 – Конструкция телескопической стрелы

1 - телескопическая вставка; 2 - основная секция стрелы; 3 - гидроцилиндр выдвигания стрелы; 4 - гидроцилиндр зажима телескопической секции; 5, 6 – опорные ролики

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

33

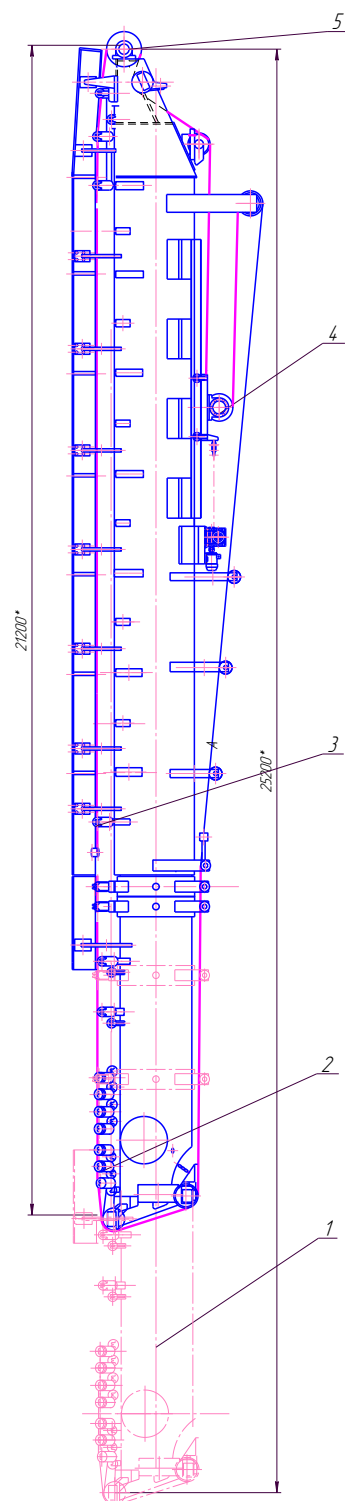


Рисунок 2.2 – Телескопическая стрела роторного экскаватора с узлами приемного конвейера.

1 – телескопическая вставка; 2 – перегрузочная часть приемного конвейера; 3 – узлы приемного конвейера; 4 – телескопическое устройство приемного конвейера; 5 – основная стрела

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

34

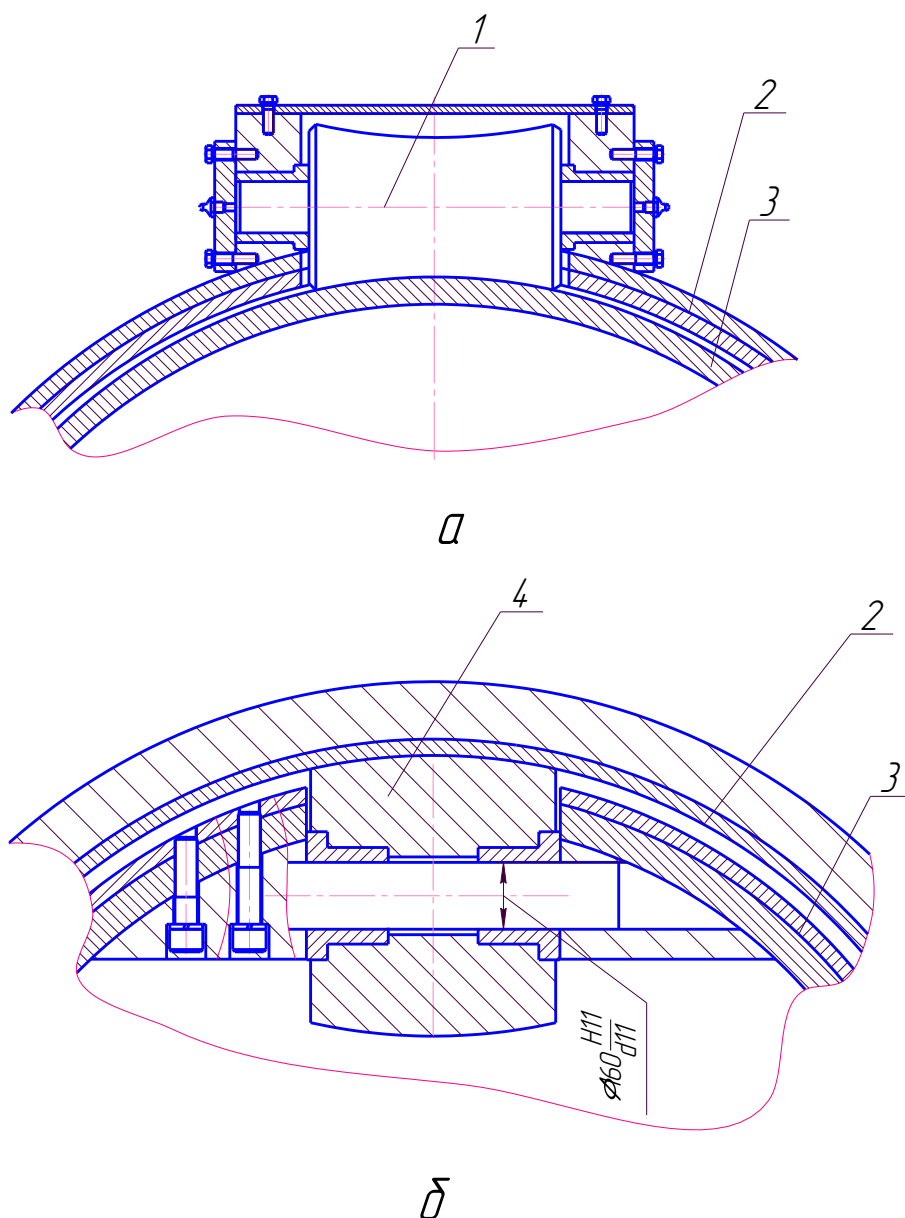


Рисунок 2.3 – Опоры телескопической вставки

1 – ролик передней опоры; 2 – секция основная; 3 – секция телескопическая;
4 – ролик задней опоры

Для обеспечения прочности и жесткости конструкции телескопической вставки она спроектирована в виде объемной конструкции из двух полуцилиндрических обечаек и фермы. Ферма обеспечивает прочность и жесткость конструкции телескопической вставки при ее фиксации зажимными кулаками.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

35

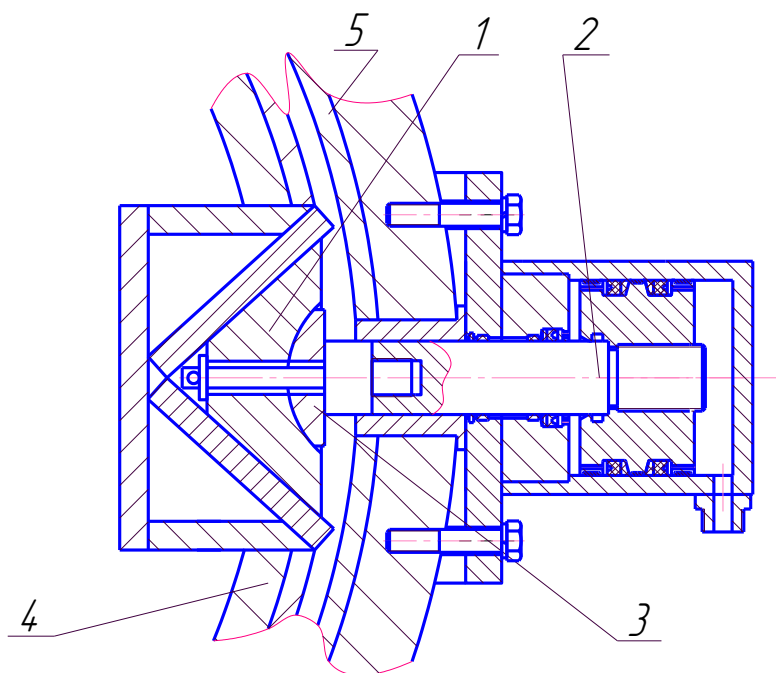


Рисунок 2.4 – Узел зажима телескопической вставки

1 – зажимной кулак; 2 – гидроцилиндр; 3 – сферическая опора; 4 – телескопическая секция

Выводы по разделу

Выполнено описание конструкции телескопической стрелы роторного экскаватора. Предложены условия обеспечивающие прочность и жёсткость конструкции телескопической вставки при фиксации последней зажимными кулаками.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

36

3 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРА С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛОЙ

Модернизация роторной стрелы экскаватора приводит к изменению веса и расположения отдельных его элементов по сравнению с прототипом ЭР – 1250 – 17/1,5А. В связи с этим возникает необходимость проверки коэффициента устойчивости экскаватора в целом и прочности модернизированной стрелы.

3.1 Определение веса и положения центра тяжести телескопической стрелы

При определении устойчивости экскаваторов с неподвижной и или выдвинутой стрелой положение ее центра тяжести принимают на расстоянии 0,5 l от опорной пяты.

Для телескопической стрелы центр тяжести конструкции перемещается в зависимости от длины выдвинутой части вставки. Определим для спроектированной стрелы положение ее центра тяжести при минимальной и максимальной длине выдвинутой части телескопической вставки.

Основные размеры телескопической стрелы приведены на рисунке

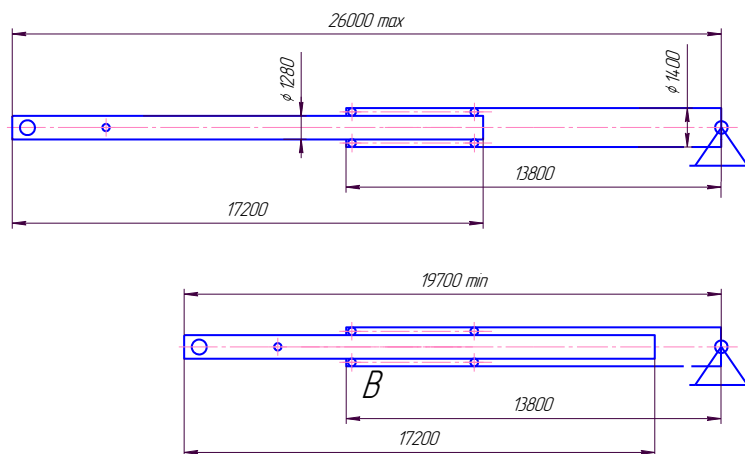


Рисунок 3.1 – Основные размеры телескопической стрелы

Определение координаты центра тяжести всей конструкции выполним без учета неравномерного распределения по длине секций стрелы массы элементов приемного конвейера, так как их вес не превышает 12% от общего веса стрелы.

Вес основной секции определим по формуле

$$G_{cm} = \frac{\pi(D_{cm}^2 - d_{cm}^2)}{4} \cdot l_{cm} \cdot \gamma = \frac{\pi \cdot (1,4^2 - 1,36^2)}{4} \cdot 13,8 \cdot 78 \cdot 10^3 = 89,2 \text{ кН.} \quad (3.1)$$

Вес телескопической вставки определим по формуле

$$G_{cm} = \frac{\pi(D_{cm}^2 - d_{cm}^2)}{4} \cdot l_{cm} \cdot \gamma = \frac{\pi(1,28^2 - 1,25^2)}{4} \cdot 17,2 \cdot 78 \cdot 10^3 = 79,9 \text{ кН.} \quad (3.2)$$

Так как для основной секции стрелы и телескопической вставки вес пропорционален площади проекции на вертикальную плоскость, положение центра тяжести определим через статические моменты инерции этих площадей [5].

$$S_{cmY} = F_{cm} \cdot y_{cm} ; S_{coY} = F_{co} \cdot y_{co} . \quad (3.3)$$

Центр тяжести всей конструкции стрелы находится на ее оси на расстоянии Y_c от опорной пяты

$$Y_c = \frac{S_{cmY} + S_{coY}}{F} , \quad (3.4)$$

где F суммарная площадь проекций секций стрелы на вертикальную плоскость.

В выдвинутом положении телескопической вставки

$$Y_c = \frac{1,28 \cdot 17,2 \cdot 16,2 + 1,4 \cdot 13,8 \cdot 6,9}{1,28 \cdot 17,2 + 1,4 \cdot 13,8} = 11,85 \text{ м.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

В задвинутом положении телескопической вставки

$$Y_c = \frac{1,28 \cdot 17,2 \cdot 11,2 + 1,4 \cdot 13,8 \cdot 6,9}{1,28 \cdot 17,2 + 1,4 \cdot 13,8} = 9,19 \text{ м.}$$

Определение веса отдельных узлов многоковшового роторного экскаватора проводим по формулам подобия.

Точные значения веса различных узлов и механизмов роторных экскаваторов определяются по рабочим чертежам. При их отсутствии можно воспользоваться формулами подобия [2], используемые проектировщиками для определения веса основных частей.

Формулы для определения веса узлов роторных экскаваторов (в т) по данным НКМЗ [1].

Ротор (металлоконструкция)

$$g_p = (0,11 \dots 0,148) \cdot D_p^2. \quad (3.5)$$

Обечайка ротора

$$g_o = 0,62 \cdot D_p \cdot \sqrt{q}. \quad (3.6)$$

Ковш

$$g_k = (0,31 \dots 0,35) \cdot q \cdot \sqrt{k_1}. \quad (3.7)$$

Привод ротора

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$g_{np} = 0,087 \cdot M_p \cdot \sqrt[3]{i} . \quad (3.8)$$

Питатель ротора

$$g_n = 0,047 \sqrt{\Pi_0 \cdot D_p} . \quad (3.9)$$

Полный вес установки ротора

$$G_p = g_0 + g_p + g_k \cdot n_k + g_{np} + g_{np} + g_n + 25 . \quad (3.10)$$

Головная часть роторной стрелы с механизмом

$$G_{zol} = \frac{(606 + 2,28 \cdot l_c) \cdot G_p + 3,33 \cdot P_k}{606 - l_c} . \quad (3.11)$$

Вес противовеса

$$g_{np} = \frac{(345 - l_c) \cdot (2 \cdot G_{zol} + g_c + P_k + 0,5 \cdot l_c) - 60000}{500 - 1,75 \cdot l_c} . \quad (3.12)$$

Ферма противовеса

$$g_{fn} = \frac{0,345 \cdot l_c \cdot g_{np} + 700}{345 - l_c} . \quad (3.13)$$

Надстройка

$$G_n = 0,00415 \cdot l_c \left(G_{zol} + P_k + \frac{g_c}{2} + g_{np} + \frac{g_{fn}}{2} \right) . \quad (3.14)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поворотное устройство

$$g_{ny} = G_{zol} + g_c + G_n + g_{фnp} + g_{np} \cdot \quad (3.15)$$

Поворотная платформа

$$G_{nl} = 120 + l_c (0,0021 \cdot g_{ny} + 0,046 \cdot P_k + 0,00012 \cdot \Pi_0 \cdot \gamma) \quad (3.16)$$

Верхнее поворотное устройство

$$g_{en} = g_{ny} + G_{nl} + g_z \cdot l_c \cdot \quad (3.17)$$

Стрела разгрузочная

$$g_{cp} = \left(\frac{250 \cdot g_{z+k}}{162 - l_{pc}} - g_z \right) \cdot l_{pc} \cdot \quad (3.18)$$

Экскаватор в сборе

$$G = (g_{eny} + g_{cp}) \cdot \left[1,3 + \frac{5,3 \cdot 10^{-4}}{P_{cp}} \cdot (g_{eny} + g_{cp}) \right] \cdot \quad (3.19)$$

В приведенных выше формулах приняты следующие обозначения:

q – емкость ковша в м³;

M_p – крутящий момент ротора в тс·м (105 Н·м);

P_k – касательное усилие копания ротора в тс (10⁵ Н);

$g_{г+к}$ – погонная нагрузка конвейера роторной стрелы с грузом тс/м (10⁵ Н/м);

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

g – погонная нагрузка от грунта (10^5 Н/м);

γ – объемный вес грунта т/м³ (10^4 Н/м);

P – среднее удельное давление на грунт (10^5 Н/м²);

i – передаточное число привода;

l_c – длина роторной стрелы;

l_{pc} – длина стрелы разгрузочного конвейера, м.

Вес кабины машиниста в расчетах принят равным 12 т (120 кН)

Для экскаватора ЭР-1250- 17/1,5А в результате расчета по приведенным выше формулам получены следующие результаты.

Вес металлоконструкции ротора, при принятом диаметре роторного колеса $D_p = 6,5$ м определим по формуле

$$g_p = 10^4 \cdot (0,11 \dots 0,148) \cdot 6,5^2 = 5,4 \cdot 10^4 \text{ Н} = 54 \text{ кН.}$$

Вес обечайки ротора при емкости ковшей $q = 300$ л

$$g_o = (0,62 \cdot 6,5 \cdot \sqrt{0,3}) \cdot 10^4 = 2,2 \cdot 10^4 \text{ Н} = 22 \text{ кН.}$$

Вес металлоконструкции одного ковша

$$g_k = (0,31 \dots 0,35) \cdot 0,3 \cdot \sqrt{1,1} = 0,12 \cdot 10^4 \text{ Н} = 0,12 \text{ кН.}$$

Учитывая, что экскаватор - прототип имеет 9 ковшей, их общий вес составит

$$g_{k \text{ сум}} = 0,12 \cdot 9 = 1,1 \text{ кН.}$$

Для определения веса привода ротора предварительно по мощности установленного двигателя $N_{рот}$ определим крутящий момент ротора

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$N_{рот} = (\omega_{рот} \cdot M_{рот}) / \eta_{пр}$, соответственно $M_{рот} = (\eta_{рот} N_{рот}) / (\omega_{рот} \cdot M_{рот})$

Коэффициент полезного действия привода роторного колеса состоящего из трехступенчатого цилиндрического редуктора и открытой цилиндрической передачи примем равным $\eta_{рот} = 0,8$. Мощность электродвигателя привода ротора, по технической характеристике экскаватора ЭР- 1250 – 17/1.5А, $N_{рот} = 315$ кВт, частота вращения вала электродвигателя $n = 1450$ мин-1. Частота вращения роторного колеса определяется по технической характеристике экскаватора как отношение частоты разгрузки ковшей к числу ковшей и равна $76,5 / 9 = 8,5$ мин-1.

Передаточное отношение привода роторного колеса

$$i = 1450 / 8,5 = 170.$$

Момент роторного колеса

$$M_{рот} = (\eta_{рот} \cdot N_{рот}) / \left(\frac{\pi \cdot n_{рот}}{30} \right) = \frac{30 \cdot 0,8 \cdot 315 \cdot 10^3}{\pi \cdot 8,5} = 282200 \text{ Нм.}$$

Вес привода ротора

$$g_{пр} = 0,087 \cdot 1600 \cdot \sqrt[3]{170} = 7711 \text{ Н} = 7,71 \text{ кН.}$$

Вес привода питателя для производительности $\Pi_0 = 1250$ м³/час (20 м³/мин)

$$g_n = 10^3 \cdot 0,047 \sqrt{20 \cdot 6,5} = 5360 \text{ Н} = 5,36 \text{ кН.}$$

Общий вес всей установки роторного колеса равен сумме вычисленных значений

$$G_{рот} = 54 + 22 + 0,12 + 7,1 + 5,36 = 88,58 \text{ кН.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

При расчетах приближенно принимаем, что сила веса установки роторного колеса приложена в центре его вращения.

Головная часть роторной стрелы с механизмом

$$G_{гол} = \frac{(606 + 2,28 \cdot 24,5) \cdot 8,85 + 3,33 \cdot 24,5 \cdot 13}{606 - 24,5} = 101 \text{ кН.}$$

Погонная нагрузка конвейера роторной стрелы

$$g_{k+z} = 0,17 + 0,12.$$

Вес противовеса

$$g_{np} = \frac{(345 - 24,5) \cdot (2 \cdot 10 + 17,8 + 13 + 0,5 \cdot 24,5) - 60000}{500 - 1,75 \cdot 24,5} = 750 \text{ кН.}$$

Ферма противовеса

$$g_{fn} = \frac{0,345 \cdot 24,5 \cdot 75 + 700}{345 - 24,5} = 41 \text{ кН.}$$

Надстройка

$$G_n = 0,00415 \cdot 17,8(101 + 13 + \frac{17,8}{2} + 75 + \frac{4,1}{2}) = 110 \text{ кН.}$$

Поворотное устройство

$$g_{ny} = 10,1 + 17,8 + 11 + 4,1 + 75 = 1180 \text{ кН.}$$

Поворотная платформа

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$G_{nl} = 120 + 24,5 \cdot (0,0021 \cdot 118 + 0,046 \cdot 13 + 0,00012 \cdot 2100 \cdot 2) = 1153 \text{ кН.}$$

Верхнее поворотное устройство

$$g_{en} = 118 + 153 + 24,5 \cdot 0,175 = 2750 \text{ кН.}$$

Стрела разгрузочная

$$1. \quad g_{cp} = \left(\frac{250 \cdot (0,12 + 0,175)}{162 - 24,4} - 0,175 \right) \cdot 24,4 = 130 \text{ кН.}$$

Для контроля определим вес экскаватора в сборе:

$$G = (275 + 13) \cdot \left[1,3 + \frac{5,3 \cdot 10^{-4}}{13} \cdot (275 + 13) \right] = 375 \text{ кН.}$$

Определенный выше вес узлов экскаватора сведем в таблицу.

Таблица 3.1 - Вес узлов роторного экскаватора, определенный по формулам подобия

Узлы роторного экскаватора	Вес узла, кН
Ротор экскаватора (металлоконструкция)	54
Обечайка ротора	22
Ковш	0,12
Вес всех ковшей ротора	$9 \cdot 0,12 = 1,08$
Привод ротора	7,71

Окончание таблицы 3.1

Питатель ротора	5,36
Установка ротора	88,58
Головная часть роторной стрелы с механизмом	101
Роторная стрела	178
Противовес	750
Ферма противовеса	41
Надстройка	110
Поворотное устройство	1180
Поворотная платформа	1530
Верхнее поворотное устройство	2750
Стрела разгрузочного конвейера	130
Экскаватор в сборе	3750

3.2 Общие положения расчета статического уравнивания многоковшовых экскаваторов

Статический расчет поворотных экскаваторов имеет целью уравнивание экскаватора путем выбора надлежащего противовеса и уточнения диаметра опорного круга вращающейся части, проверку устойчивости и максимального давления на грунт и уточнение габаритов ходового оборудования, а также определение максимальных реакций катков или роликов опорного круга и опор, передающих нагрузки на ходовое оборудование.

У неповоротных экскаваторов выбор противовеса производится из условий устойчивости и максимального давления на грунт, определяются нагрузки на опоры ходового оборудования и дополнительные опоры рабочего оборудования (если они имеются), чем и ограничивается статический расчет.

В обоих случаях статический расчет определяет основные данные для расчета наиболее ответственных деталей экскаватора: стрелы, надстройки, платформы, опорных устройств, нижней рамы, ее опорных устройств и ходового оборудования.

Общая методика [2] статического расчета экскаватора в части его уравнивания и устойчивости заключается в выборе двух расчетных положений. Эти положения связаны с наибольшими перемещениями равнодействующей веса неподвижных и подвижных частей экскаватора (рабочее оборудование — в вертикальной плоскости, платформа и рабочее оборудование у поворотных машин — в плане), с наибольшим невыгодным изменением внешних нагрузок. У поворотных машин расчетные положения связаны еще и с изменением опорной базы при повороте вращающейся части относительно ходового оборудования.

Кроме того, учитываются и наклон экскаватора, вызванный необходимостью заглубления в забой или выхода из него, а для моделей малой мощности, карьерных роторных экскаваторов (с малыми рабочими размерами) и траншекопателей на гусеничном ходу — переходы с работой по неподготовленной трассе со следующими подъемами и уклонами. Для экскаватора прототипа эти значения составляют 30 при работе и 50 при перемещении. Эти значения включают в себя и нагрузки, вызванные просадкой ходового оборудования в мягких грунтах.

При проверке устойчивости экскаватора во время работы предусматривается аварийная нагрузка рабочего органа, вызывающая срабатывание предохранительных муфт, а также полная разгрузка экскаватора со стороны рабочего органа вследствие, например, случайной опоры рабочего органа на грунт с ослаблением подвесок.

Таким образом, общая методика расчета многоковшовых экскаваторов, как и одноковшовых, построена на выборе наиболее невыгодных случаев положения самого экскаватора, его подвижных частей и внешних нагрузок в отношении смещения равнодействующей всех действующих на него сил в сторону рабочего органа или противоположную ему сторону.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

3.3 Расчет статического уравнивания роторного экскаватора с телескопической стрелой

Уравнивание платформы определяется выбором такой величины противовеса, которая исключала бы выход равнодействующей всех сил тяжести и внешних сил из пределов опорного круга поворотной платформы во время работы экскаватора с максимальной нагрузкой. В соответствии с этим рассматривается случай работы на наибольшем радиусе действия, т. е. при горизонтальном положении роторной стрелы, а при выдвижной телескопической стреле - в ее предельно выдвинутом положении.

Для устранения возможности скола бермы высота подступа принимается максимальной и равной $2/3 D_p$

Наибольшие нагрузки в этих условиях будут при передаче на верхний ковш максимального усилия, составляющего по экспериментальным данным до 90% окружного усилия копания P_k . В соответствии с этим усилие P_k будет распределено между ковшами таким образом, что на верхний ковш передается $0,9 P_k$, на второй — $0,5 P_k$ при двух работающих ковшах или $0,3 P_k$ при трех работающих ковшах, на третий ковш — $0,2 P_k$.

При больших усилиях (встречи с препятствиями), наступают аварийные режимы работы, при которых срабатывает предохранительная муфта и которые можно не принимать в расчет.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

При большом количестве ковшей или наличии промежуточных режущих периметров применяется следующее распределение P_k :

Число работающих:

Ковшей	4	4	4	4	3	3	3
Режущих периметров	-	-	-	-	3	3	3
Порядковый номер ковша или периметра, считая							
Сверху	1	2	3	4	1	2	3
Усилие (в частях общего) на ковше	0,8	0,3	0,2	0,1	0,8	0,2	0,1
На режущем периметре	-	-	-	-	0,15	0,1	0,05

Учитывая момент от сил копания, необходимо определить и нормальные силы копания, которые в данном случае следует считать направленными к забою.

Момент сил копания относительно точки O составит

$$M_{ок} = P_k (K_1 \cdot r_k + K_2 \cdot r_{k1} + K_3 \cdot r_{k2} + \dots + K_n \cdot r_{k(n-1)}), \quad (3.20)$$

$$M_{ок} = 86,8(0,8 \cdot 26 + 0,3 \cdot 25 + 0,2 \cdot 24,5 + 0,1 \cdot 24) = 3090 \text{ кНм},$$

где K , P_k —усилия на отдельных ковшах и режущих периметрах.

Момент от веса грунта в ковшах берем, полагая наполнение ковшей пропорциональным высоте их положения над подошвой подступа (при работе вертикальными стружками, более неблагоприятной для данного расчета). Наполнение верхнего ковша принимаем максимальным для данного грунта, а объемный вес грунта равным 2 кН/м^3 .

Разгрузку предполагаем начинающейся с запозданием при подъеме ковша на угол ($\varphi = 60^\circ$) от горизонтали и полностью заканчивающейся при подходе ковша к концу разгрузочного отверстия. Постепенность освобождения ковша полагаем

пропорциональной углу разгрузки. Это будет отвечать самому невыгодному расчетному случаю.

Момент от веса грунта в ковшах составит по аналогии с $M_{o,k}$ в масштабе чертежа

$$M_{oz} = \frac{q \cdot K_{n\max}}{h_c} (h_1 r_1 + h_2 \cdot r_2 + \dots + h_n \cdot r_n) , \quad (3.21)$$

$$M_{oz} = \frac{0,30,8 \cdot 2}{1} (0,8 \cdot 26 + 0,3 \cdot 25 + 0,2 \cdot 24,5 + 0,1 \cdot 24) = 16,99 \text{ кНм.}$$

Центры тяжести грунта в ковшах можно принимать расположенными в вес ротора с его установкой G_p определяется из условий подобия. Вес роторной стрелы берутся в соответствии с рабочими чертежами. Положение ц.т. для G_p принимается в соответствии с расположением привода, смещенным от центра ротора к экскаватору на расстояние $(0,1 — 0,25)G_p$ (рисунок 3.1). Положение ц.т. роторной стрелы и грунта на ней принимается на расчетном расстоянии от ее пяты. В соответствии с этим определяется в масштабных единицах r_{c1}

Вес грунта на конвейере роторной стрелы находится по формуле

$$g_{zc} = \frac{\Pi_0 \cdot K_{n\max} \gamma \cdot l_c}{3600 \cdot v_k} , \quad (3.22)$$

$$g_{zc} = \frac{2100 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 24,5}{3600 \cdot 4,5} = 5,1 \text{ кНм.}$$

Момент от веса стрелы ротора с грунтом

$$M_{0(c+z)} = (g_c + g_{zc}) \cdot r_c , \quad (3.23)$$

$$M_{0(c+z)} = (178 + 5,1) \cdot 11,85 = 2169 \text{ кНм.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Момент от веса металлоконструкции надстройки и платформы с установленной на ней частью опорного устройства G_n составит

$$M_{он} = G_n \cdot r_n \quad , \quad (3.24)$$

$$M_{он} = 110 \cdot 6 = 660 \text{ кНм.}$$

Момент от веса разгрузочной стрелы с грунтом, вес которого определяется, как и для роторной стрелы, составит

$$M_{opc} = (g_{pc} + g_{gp}) \cdot r_{pc} \quad , \quad (3.25)$$

$$M_{opc} = (130 + 5,1) \cdot 12 = 1621 \text{ кНм.}$$

Момент фермы противовеса, пока без дополнительного противовеса $g_{пр}$ составит

$$M_{он} = G_{пр} r_{пр} \quad , \quad (3.26)$$

$$M_{он} = 41 \cdot 0,6 \cdot 12 = 295 \text{ кНм.}$$

где $r_{пр} \approx (0,6..0,7) l_p$

Кроме указанных нагрузок, в расчет уравнивания вращающейся платформы вводятся моменты от силы ветра, дующего в сторону опрокидывания экскаватора, а поверхность подошвы забоя следует принимать наклонной в сторону опрокидывания под углом до 5° . Это отражается на величине плеч сил.

Расчетная нагрузка от силы ветра составляет

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\epsilon} = P_{\epsilon 1} + P_{\epsilon 2} = F_{01}q_0c_{01} + F_{02}q_0c_{02} \text{ Н/м}^2, \quad (3.27)$$

$$P_{\epsilon} = P_{\epsilon 1} + P_{\epsilon 2} = 7400 \cdot 147 \cdot 0,6 + 1400 \cdot 147 \cdot 0,6 = 19,9 \text{ кНм},$$

где F_{01} – суммарная площадь сечения всей конструкции экскаватора, кроме поворотного разгрузочного конвейера, в м^2 ;

q_0 – нормативный скоростной напор, принимаемый для общих условий применения по ГОСТ 1451-80 равным 147 Н / м^2 . [26]

C_{01} и C_{02} – аэродинамические коэффициенты обтекания конструкций в зависимости от степени заполнения их расчетных сечений; определяются расчетом и в среднем для металлоконструкции составляют $0,3—0,6$;

F_{02} – суммарная площадь конструкции разгрузочного конвейера, принимаемого повернутым под углом 90° к направлению ветра. Суммарный момент от действия ветра

$$M_{\text{вет}} = P_{\epsilon 1} \cdot H_{\epsilon 1} + P_{\epsilon 2} \cdot H_{\epsilon 2}, \quad (3.28)$$

$$M_{\text{вет}} = 15,8 \cdot 11 + 4 \cdot 13 = 225 \text{ кНм},$$

где $H_{\epsilon 1}$ – высота ц.т. суммарной площади сечения конструкции экскаватора, кроме разгрузочного конвейера;

$H_{\epsilon 2}$ – высота ц. т. площади продольного сечения разгрузочного конвейера.

В расчет уравнивания платформы и определения эксцентриситета равнодействующей всех действующих на нее сил вводятся значения сил $P'_{\epsilon 1}$ и $P'_{\epsilon 2}$. Их определяют как и силы $P_{\epsilon 1}$ и $P_{\epsilon 2}$, но F'_{01} и F'_{02} берут по площади сечения только вращающейся части экскаватора.

Таблица 3.2 – Моменты от внешних нагрузок и сил тяжести узлов экскаватора

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наименование узлов экскаватора	Момент относительно точки О, кНм	Действующие силы, кН
Момент сил копания	+3090	86,8
Момент от веса грунта в ковшах	+16,99	11
Момент от веса стрелы ротора с грунтом	+2169	183,1
Момент от веса металлоконструкции надстройки и платформы с частью опорного устройства	+660	110
Момент от веса разгрузочной стрелы стрелы с грунтом	-1621	135,1
Суммарный момент от действия ветра	+ 225	19,8
Момент фермы противовеса	-295	41

Общее уравнение устойчивости вращающейся части экскаватора относительно точки О

$$\frac{\sum M_{вн} + \sum M_{вн}}{\sum P} = e. \quad (3.29)$$

При составлении суммы всех определенных выше моментов опрокидывающие моменты обозначаются знаком «+», удерживающие моменты - знаком «—».

где e - эксцентриситет равнодействующей всех внешних нагрузок;

$\sum M_{вн}$ - суммарный момент от внешних нагрузок;

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$\sum M_{вн}$ - суммарный момент от всех сил тяжести;

$\sum P$ - сумма всех внешних сил и сил тяжести, действующих на экскаватор и входящих в $\sum M_{вн}$ и $\sum M_{вн}$

$$e = \frac{3090 + 19,99 + 660 + 225 - 1621 - 295}{86,8 + 11 + 183,1 + 110 + 135,1 + 19,8 + 41} = 3,54 \text{ м.}$$

В прототипе – экскаваторе ЭР – 1250 – 17/1.5А диаметр поворотного круга составляет 2,8 м. Следовательно получили

$$e > \frac{D_k}{8} = \frac{2,8}{8}. \quad (3.30)$$

Во избежание появления колебаний поворотной платформы, возможных при выходе равнодействующей всех сил из ядра сечения опорного круга, т.е. если $e > D_k/8$ или $e > 0,125 D_k$, необходима установка специального противовеса на противовесной консоли.

Противовес можно не устанавливать, если экскаватор (прототип ЭР- 1250 – 17/1.5А), имеет вес до 1000 т, и роликовое опорное устройство поворотного круга, допускающее восприятие отрывающих нагрузок (нагрузок, стремящихся оторвать вращающуюся часть экскаватора от нижней рамы), можно брать значение, если при этом давление ходовых частей на грунт не выходит за пределы допускаемых значений и не вызывает сильных просадок грунта.

При этом запас устойчивости машины должен быть:

$$K \geq \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{опр}} \geq 1,25, \quad (3.31)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K = \frac{1621 + 295}{3090 + 19,9 + 660 + 225} = 0,46 < 1,25,$$

где M_{y0} — момент всех сил, удерживающих экскаватор от опрокидывания; в его значение входят и силы тяжести ходового оборудования G_x ;

M_{opr} — момент всех сил, опрокидывающих экскаватор.

Учитывая, что вес основных узлов экскаватора определялся, по эмпирическим зависимостям, основанным на геометрическом подобии машин, и погрешность этих формул велика, нет смысла определять конкретный вес противовеса. Однако следует привести указания, которые следует учесть при более точном расчете.

Если $e > 0,125D_k$, то, чтобы удовлетворить требованиям уравнивания вращающейся части, обеспечив желаемые значения эксцентриситета e , устанавливают специальный противовес роторной стрелы весом $g_{пр}$. Этот противовес должен удовлетворять соблюдению значений эксцентриситета равнодействующей, указанных выше, при всех рабочих положениях машины.

Для выхода вперед равнодействующей всех сил, действующих на вращающуюся часть, таким положением является (для всех конструкций экскаваторов) положение /- максимального вылета ротора при работе с наибольшей силой P_{o1} наличии «затягивающей» силы P_{o2} , направленной к забою (см. рисунок 3.1), и повороте разгрузочной консоли под углом 90° к плоскости роторной стрелы; ветровая нагрузка действует сзади.

Для выхода равнодействующей всех сил назад таким положением является для экскаватора с невыдвижной стрелой положение //: стрела поднята на максимальный угол, ротор без грунта находится вне забоя, разгрузочная консоль с грунтом расположена в плоскости роторной стрелы. Для экскаватора с выдвижной стрелой положение // отвечает такому же положению разгрузочной консоли при роторе, находящемся вне забоя, максимально втянутом назад и опущенном вниз, но не касающемся земли.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Положение / (все моменты относительно точки O):

$$\sum M_{вн} + \sum M_{г'} - (\sum P + g_{np}) \cdot e + g_{np} \cdot r_{np} = 0, \quad (3.32)$$

где $M_{в'}$ - момент от действия всех сил тяжести, кроме веса противовеса;

$\sum P$ - сумма всех внешних сил, действующих на экскаватор без веса противовеса.

Подставляя в эту зависимость допускаемые значения e , указанные выше, получим вес противовеса, удовлетворяющий положению /.

Чтобы установить величину веса противовеса для положения //, составляют аналогичное уравнение моментов сил, соответствующих данному положению. Как правило, значение g_{np}' , для положения // будет другим.

Если $g_{np}' \geq g_{np}$ то противовес может быть неподвижным, а вес его равным g_{np}' . Если $g_{np}' \leq g_{np}$ то следует выбрать противовес равным g_{np} и, подставляя его в зависимость для положения //, решить ее относительно g_{np} , которое получится меньше, чем принятое ранее по конструктивным соображениям:

$$r_{np}' < r_{np}. \quad (3.33)$$

Это означает, что противовес (или часть его, если разница между r_{np}' и r_{np} будет невелика) должен быть подвижным и автоматически передвигаться вперед при уменьшении момента, вызванного нагрузкой от роторной стрелы и ротора. Если передвигается часть противовеса, то определение $g_{np}' \leq g_{np}$ повторяют для случая передвижения части противовеса (обычно составляющей 0,3—0,5 его веса). Передвижение осуществляется по рельсам полиспастом или, при небольшом перемещении — гидроцилиндром. Датчиком для включения механизма обычно служит месдоза на подвеске роторной стрелы.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

При двухгусеничном ходовом оборудовании рассматривается опрокидывание экскаватора моментом $M_{оп}$ вокруг продольной оси, проходящей по поверхности катания опорных катков по звеньям, находящимся снаружи катков А (рисунок 3.2).

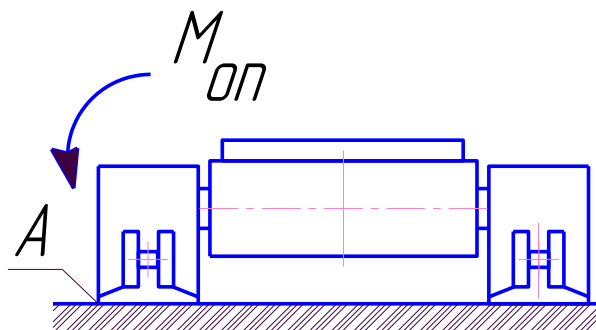


Рисунок 3.3 – Схема g_j определению устойчивости двухгусеничного роторного экскаватора

В уравнение моментов сил вводятся моменты, вызываемые силой тяжести ходового оборудования G_x , если вращающаяся часть экскаватора установлена на шариковом или роликовом круге. В этом случае учитывается перегрузка, допускаемая предохранительными муфтами, которая, очевидно, вся передается на ковш, встретивший препятствие. Запас устойчивости должен быть, согласно приведенному выше, $K \geq 1,35$. Если он получается меньше указанного числа, необходимо увеличить базу ходового оборудования.

При опрокидывании экскаватора назад (точка А на рисунке 3.3) проверяется аварийное положение при опоре ротора на грунт с ослаблением подвески стрелы (рисунок 3.1). Тем самым рабочее оборудование участвует в расчете частью веса $g_{с+г}$ передаваемой на опору пяты стрелы; значение устойчивости при опрокидывании вперед должно быть $K \geq 1,35$, при опрокидывании назад $K \geq 1,2$.

Выводы по разделу

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Для подтверждения устойчивости экскаватора с модернизированной роторной стрелой были выполнены расчёты по определению веса и положения центра тяжести телескопической стрелы. Вес узлов роторного экскаватора приведен в таблице 3.1. Выполнены расчёты статистического уравнивания экскаватора, моменты от внешних нагрузок и сил тяжести его узлов приведены в таблице 3.2. Поскольку полученное значение эксцентриситета превышает величину $0,125 D_k$, то для выполнения требований уравнивания вращающейся части необходимо установить специальный противовес роторной стрелы.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

4 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ

4.1. Нагрузки на металлоконструкцию роторной стрелы

Для расчета металлоконструкции модернизированной нами стрелы роторной части необходимо предварительно определить действующие нагрузки. На стрелу действуют следующие виды нагрузок:

- нагрузки от веса расположенных на стреле узлов и механизмов, а также распределенная нагрузка от транспортируемого приемным конвейером грунта, веса секций телескопической стрелы;

- ветровые нагрузки;

- нагрузки от рабочего процесса – разрушения грунта;

- инерционные нагрузки, возникающие при повороте стрелы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В комплексе все эти нагрузки образуют довольно сложную объемную схему нагружения.

К весовым нагрузкам относится также нагрузка от веса транспортируемого конвейером грунта и собственно от веса элементов конвейера. Обе нагрузки принимаем распределенными. Скорость ленты приемного конвейера экскаватора ЭР-1250 17/1,5А $V_k = 4,3$ м/с, а его производительность $\Pi_k = 1250$ т/час (3,4 кН/с). Распределенная нагрузка на ленте конвейера равна

$$q_k = \frac{\Pi_k}{V_k} = 3,4/4,3 = 0,79 \text{ кН/м.} \quad (4.1)$$

Погонный вес металлоконструкции и узлов приемного конвейера (поддерживающие роликоопоры) принимаем равным $q_{kk} = 0,5$ кН, и следовательно суммарная распределенная нагрузка от приемного конвейера

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$Q_k = q_k + q_{kk} = 0,79 + 0,5 = 1,29 \text{ кН/м.} \quad (4.2)$$

Натяжное устройство приемного конвейера установлено на роторной стреле. Его вес при мощности установленного электродвигателя $N_{\text{н}} = 3 \text{ кВт}$ (1470 мин^{-1}), редукторе РЧ-80, рамой и барабанами составляет ориентировочно 2 кН. Силу веса натяжного устройства считаем сосредоточенной.

К весовым нагрузкам относится также и вес секций телескопической стрелы. Предварительно принимаем размеры поперечного сечения секций стрелы по экскаватору прототипу – ЭР – 1250 – 17/1,5А для основной секции труба длиной 18,6 м., $\varnothing 1400 \text{ мм}$ с толщиной стенки 20 мм. и для телескопической вставки - труба длиной 19,9 м., $\varnothing 1280$ с толщиной стенки 15 мм. Вес основной секции стрелы

$$G_{\text{ос}} = 856 \text{ кН}$$

$$G_{\text{тс}} = 778 \text{ кН}$$

4.2 Определение ветровой нагрузки

Для роторной стрелы экскаватора, имеющей значительную парусность необходимо учитывать ветровые нагрузки, их следует учитывать для нерабочего и рабочего состояния экскаватора: в первом случае их значения берут предельными, при которых экскаватор не работает, но должен сохранять собственную устойчивость при воздействии на него ветра. А во втором — несколько сниженными, при которых экскаватор имеет достаточную устойчивость и может работать.

С учетом ветровой нагрузки в рабочем состоянии рассчитывают металлоконструкции и мощности привода для механизмов вращения и передвижения экскаватора.

Наибольшие скорости ветра в м/сек и скоростной напор ветра $q_0 \text{ н/м}^2$ для разных районов не одинаковы; в районах степных и приморских они возрастают. Согласно ГОСТ 1451—80 на ветровые нагрузки территория, бывшего СССР по величине

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

силы скоростного напора разбита на семь ветровых зон (в 1-й зоне $q_0= 275$, а в 7-й $q_0= 981$ н/м²[26]. Кроме того, учитывается увеличение скоростного напора по высоте от поверхности земли через каждые 10 м.

Распределенную ветровую нагрузку на наветренную поверхность металлоконструкции роторной стрелы в рассматриваемой зоне его высоты определяют по формуле

$$w = q_0 \cdot n \cdot c \text{ Н/м}^2, \quad (4.3)$$

$$w = 147 \cdot 1.2 \cdot 1.00 = 173 \text{ Н/м}^2.$$

Где q_0 - скоростной напор на высоте 10 м над поверхностью земли в н/м²; n – поправочный коэффициент на возрастание скоростного напора в зависимости от высоты над поверхностью земли (значения n приведены в таблице); c - аэродинамический коэффициент обтекания; противовесов, принимаем $c = 1,2$, согласно ГОСТ 1451- 80[26].

Таблица 4.1 - Поправочный коэффициент на ветровое давление в зависимости от высоты

Высота от земли, м	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
n	1	1,32	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,12	2,8	2,24

В нашем случае производится расчет металлоконструкции в рабочем состоянии, поэтому определяем ветровую нагрузку на стрелу роторную при ветре рабочего состояния. В соответствии с ГОСТ 1451-80, в случае когда неизвестен район работы, следует принимать $q_0 = 147$ Н/м²[26].

При ветре рабочего состояния экскаватора силу давления ветра (ветровую нагрузку) на роторную стрелу определяют по формуле

$$W_c = w \cdot F_c, H, \quad (4.4)$$

где w_c — распределенная ветровая нагрузка, определяемая по формуле F_c — площадь наветренной поверхности стрелы роторной, принимаемая по фактическим данным.

Для рассматриваемого случая площадь наветренной поверхности стрелы определим, как сумму площадей основной стрелы, телескопической вставки, элементов конструкции конвейера и металлоконструкции роторного колеса.

Площадь роторного колеса

$$F_{рот} = \frac{\pi \cdot D_h^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,5^2}{4} = 33,16 \text{ м}^2. \quad (4.5)$$

Площадь основной секции стрелы роторной

$$F_{co1} = D_{cm} \cdot l_{co} = 1,4 \cdot 18,6 = 26 \text{ м}^2. \quad (4.6)$$

Площадь телескопической вставки зависит от ее положения. При полностью выдвинутой вставке ее площадь равна

$$F_{cm1} = D_{cm} \cdot l_{co} = 1,28 \cdot 19,9 = 25 \text{ м}^2. \quad (4.7)$$

Площадь элементов конвейера учитываем как 15..20% от площади каждой из секций стрелы. Тогда площадь основной секции стрелы с учетом элементов конвейера равна

$$F_{co} = 1,2 \cdot F_{co1} = 26 \cdot 1,2 = 31,2 \text{ м}^2. \quad (4.8)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Площадь телескопической вставки при полностью выдвинутом положении с учетом элементов конвейера

$$F_{cm} = 1,1 \cdot F_{cm} = 1,1 \cdot 25 = 27,5 \text{ м}^2. \quad (4.9)$$

Ветровая нагрузка на роторное колесо

$$W_p = 33,16 \cdot 173 = 5736 \text{ Н.}$$

Эту нагрузку считаем сосредоточенной и приложенной в точке соответствующей оси вращения роторного колеса

Ветровая нагрузка на основную стрелу с элементами конвейера равна

$$W_{co} = 173 \cdot 31,2 = 5397 \text{ Н.}$$

Считая, что ветровая нагрузка равномерно распределена по длине, можно рассматривать ее как распределенную

$$W_{ocp} = \frac{W_{co}}{l_{co}} = \frac{5397}{18,6} = 300 \text{ Н/м.} \quad (4.10)$$

Ветровая нагрузка на телескопическую секцию стрелы равна

$$W_m = 27,5 \cdot 173 = 4757 \text{ Н.}$$

Распределенная нагрузка

$$W_{mp} = \frac{W_{cm}}{l_{cm}} = \frac{4757}{19,9} = 239 \text{ Н.} \quad (4.11)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

4.3 Определение нагрузки от процесса копания

При разработке грунта роторным экскаватором возникает усилие копания которое можно представить в виде трех составляющих: касательное усилие P_{01} , нормальная составляющая P_{02} и усилие подачи P_{δ} . Величина усилия P_{01} может быть определена по мощности привода роторного колеса через максимальный крутящий момент, определенный ранее

$$M_{\text{пот}} = (\eta_{\text{пот}} \cdot N_{\text{hjn}}) / \left(\frac{\pi \cdot n_{\text{пот}}}{30} \right) = \frac{30 \cdot 0,8 \cdot 315 \cdot 10^3}{\pi \cdot 8,5} = 282200 \text{ Нм.} \quad (4.12)$$

Из величины крутящего момента определяется касательная составляющая P_{01}

$$P_{01} = \frac{M_{\text{пот}}}{(D_h / 2)} = \frac{1660}{(6,5 / 2)} = 86830 \text{ Н.} \quad (4.13)$$

Нормальную составляющую P_{02} можно определить как

$$P_{02} = (0,45 \dots 0,55) P_{01} = 0,55 \cdot 86830 = 47756 \text{ Н.} \quad (4.14)$$

Усилие подачи также можно выразить в частях P_{01} с учетом максимальной скорости подачи

$$P_{\delta} = \frac{v_{\delta \text{ max}}}{v_{p \text{ min}}} \cdot P_{01}; \quad P_{\delta} = 0,2 \cdot P_{01} = 0,2 \cdot 86830 = 17366 \text{ Н.} \quad (4.15)$$

Кроме того составляющие P_{01} , P_{02} и P_{δ} создают изгибающие моменты , соответственно

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_{01} = 282200 \text{ Нм};$$

$$M_{02} = P_{02} \cdot \frac{D_p}{2} = 47756 \cdot 3,25 = 155210 \text{ Нм}, \quad (4.16)$$

$$M_{\delta} = P_{\delta} \cdot \frac{D_p}{2} = 17366 \cdot 3,25 = 5439 \text{ Нм}. \quad (4.17)$$

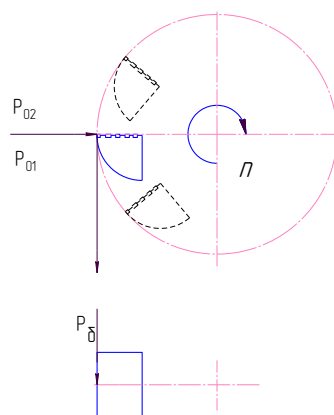


Рисунок 4.1 - Составляющие усилия копания ковшем роторного экскаватора

4.4 Определение инерционных нагрузок

Инерционные нагрузки возникают при поступательном и вращательном движении роторной стрелы. Так как массы металлоконструкции роторной стрелы велики, инерционные нагрузки значительно влияют на общую схему нагружения. В случае выдвигания телескопической секции инерционные нагрузки являются наряду с силами трения и веса нагрузкой гидравлического привода выдвигания телескопической стрелы.

Как известно, при поступательном перемещении, сила инерции равна произведению массы на ускорение движения. Для телескопической секции роторной стрелы масса равна

$$m_{cm} = \frac{G_{cm}}{g} = \frac{778 \cdot 10^3}{9,8} = 79380 \text{ кг.} \quad (4.18)$$

Считая, ориентировочно, что разгон телескопической части при ее выдвигении происходит с постоянным ускорением, выберем его значение равным $S_{ст} = 0,05 \text{ м/с}^2$. При этом инерционная нагрузка на привод выдвигения составит

$$P_{уст} = m_{cm} \cdot S_{cm} = 79380 \cdot 0,05 = 3969 \text{ Н.} \quad (4.19)$$

Эта нагрузка создает сжимающие напряжения и может не учитываться при расчете стрелы роторной на прочность.

Силы инерции, возникающие при повороте стрелы роторной, создают напряжения изгиба в металлоконструкции стрелы роторной

Таблица 4.2 – Расчетные нагрузки телескопической стрелы роторного экскаватора

Нагрузка	Величина	Вид нагрузки
Сила веса установки роторного колеса	88,58 кН	Сосредоточенная
Сила веса приемного конвейера	1,29кН/м	Распределенная
Нагрузка	Величина	Вид нагрузки
Сила веса натяжного устройства конвейера	2 кН	Сосредоточенная
Сила веса основной секции телескопической стрелы	46 кН/м	Распределенная

Окончание таблицы 4.2

Сила веса телескопии ческой вставки	39 кН	Распределенная
Ветровая нагрузка на роторное колесо W_p	5736 Н	Сосредоточенная
Ветровая нагрузка на основную секцию стрелы $W_{оср}$	300 Н/м	Распределенная
Ветровая нагрузка на телескопическую секцию стрелы $W_{оср}$	239 Н/м	Распределенная
Касательная составляющая усилия копания P_{01}	86830 Н	Сосредоточенная
Нормальную составляющую P_{02}	47756 Н	Сосредоточенная
Усилие подачи P_6	17366 Н	Сосредоточенная

4.5 Проверочный расчет на прочность элементов стрелы роторной

Основные размеры и конструкция предлагаемой роторной стрелы соответствуют размерам принятого в качестве прототипа роторного экскаватора ЭР – 1250 – 17/1,5А, кроме длины стрелы которая изменяется от 19570 до 24570. В связи с изменениями размеров стрелы необходимо выполнить проверочный расчет металлоконструкции.

Предлагаемая металлоконструкция экскаватора представляет собой прямую балку, составленную из двух телескопически соединенных стальных труб: основной секции изготовленной из трубы наружный диаметр 1400 мм толщина стенки 20 мм и длина 18600 мм и телескопической вставки из трубы диаметром 1280 мм толщиной стенки 15 мм и длиной 19900 мм. телескопическая вставка в рабочем положении жестко заземляется внутри основной секции на длине 4000 мм с помощью 8 зажимных кулаков, что позволяет более равномерно распределить достаточно большую силу зажима. Таким образом, в рабочем положении

телескопическую роторную стрелу можно рассматривать как жесткую конструкцию.

Проверочный расчет на прочность элементов конструкции стрелы выполним при максимальном выдвижении телескопической секции, трех ее положениях в горизонтальной плоскости и максимально допустимом, по мощности привода роторного колеса усилии копания. Мощность привода роторного колеса примем равной мощности прототипа ЭР – 1250 – 17/1,5А.

Расчетные положения телескопической роторной стрелы в горизонтальной плоскости примем следующими:

- горизонтальное положение
- роторная стрела поднята на полную высоту забоя 8920 мм от горизонтального положения (по прототипу)
- роторная стрела опущена в крайнее нижнее положение на 8180 мм от горизонтального положения (по прототипу).

При расчетах необходимо учесть также и инерционные нагрузки, возникающие в переходных режимах перемещения роторной стрелы [4]. Эти нагрузки учитываются добавлением к статическим нагрузкам сил инерции определенных при максимально допустимых ускорениях. Будем считать, что такие ускорения возникают в первоначальный момент движения, когда положение стрелы роторной практически не изменилось. В соответствии с этим расчет будем вести в рассмотренных выше трех положениях с добавлением к статическим нагрузкам сил инерции. При этом совершенно очевидно, что в установившемся режиме нагрузки, и, следовательно, напряжения в элементах стрелы будут меньше. Естественно, что схема нагружения стрелы будет изменяться в зависимости от направления предполагаемого перемещения стрелы и для полного анализа прочности необходимо рассмотреть по две расчетные схемы в каждом расчетном положении.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

4.6 Проверочный расчет при горизонтальном положении стрелы

Конструктивная схема телескопической стрелы представлена на рисунке. С помощью непоказанных на рисунке 4.2 зажимных кулаков с силовыми гидроцилиндрами телескопическая вставка жестко фиксируется в основной секции стрелы.

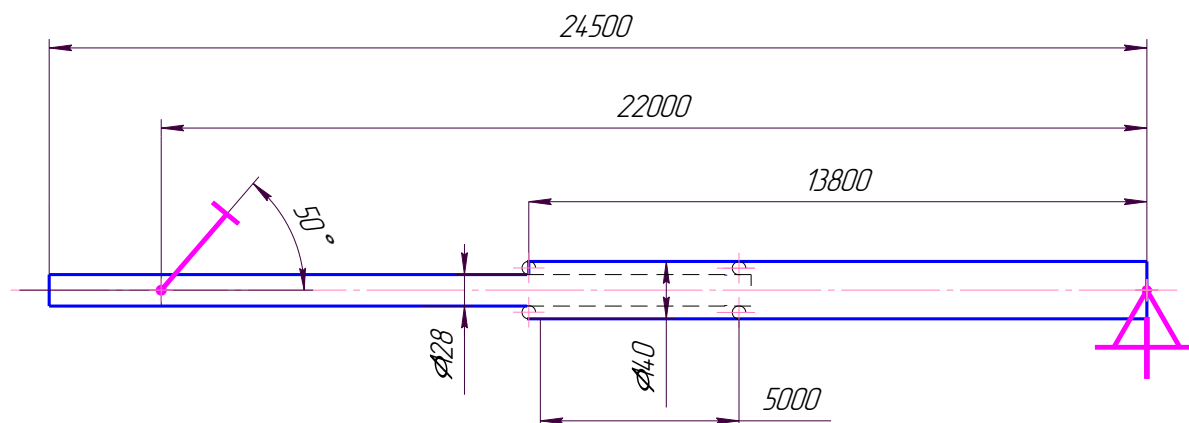


Рисунок 4.2 – Конструктивная схема телескопической роторной стрелы при анализе нагрузок в вертикальной плоскости

При анализе нагрузок телескопической роторной стрелы в вертикальной плоскости принимаем, что левый конец телескопической стрелы поддерживается вантовой подвеской, с помощью которой обеспечивается требуемое положение стрелы в горизонтальной плоскости или необходимое перемещение, правый конец основной секции стрелы закреплен в поворотном шарнире, аналогичном по конструкции прототипу.

При анализе нагрузок в горизонтальной плоскости схема закрепления стрелы изменяется. В этом случае считаем, что правый конец телескопической стрелы жестко защемлен.

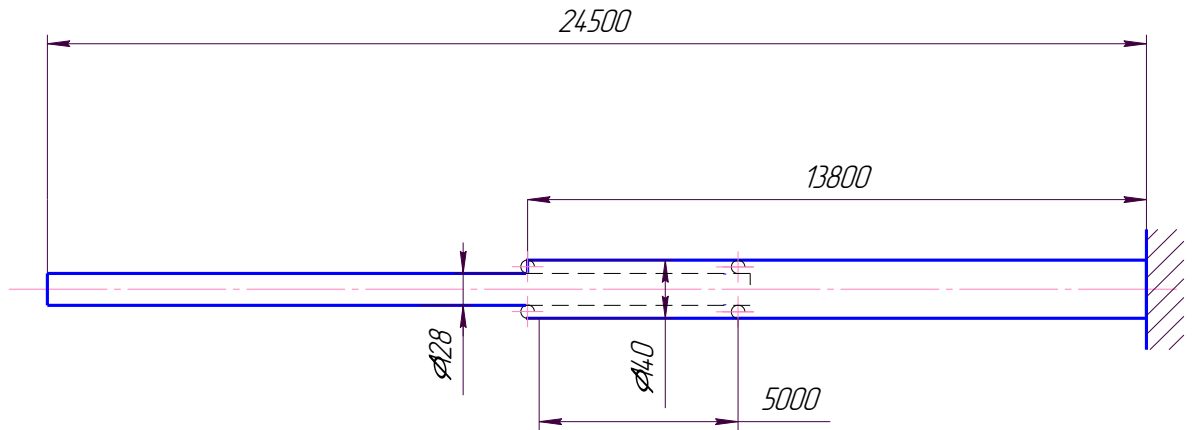


Рисунок 4.3 – Расчетная схема телескопической стрелы при анализе нагрузок в горизонтальной плоскости

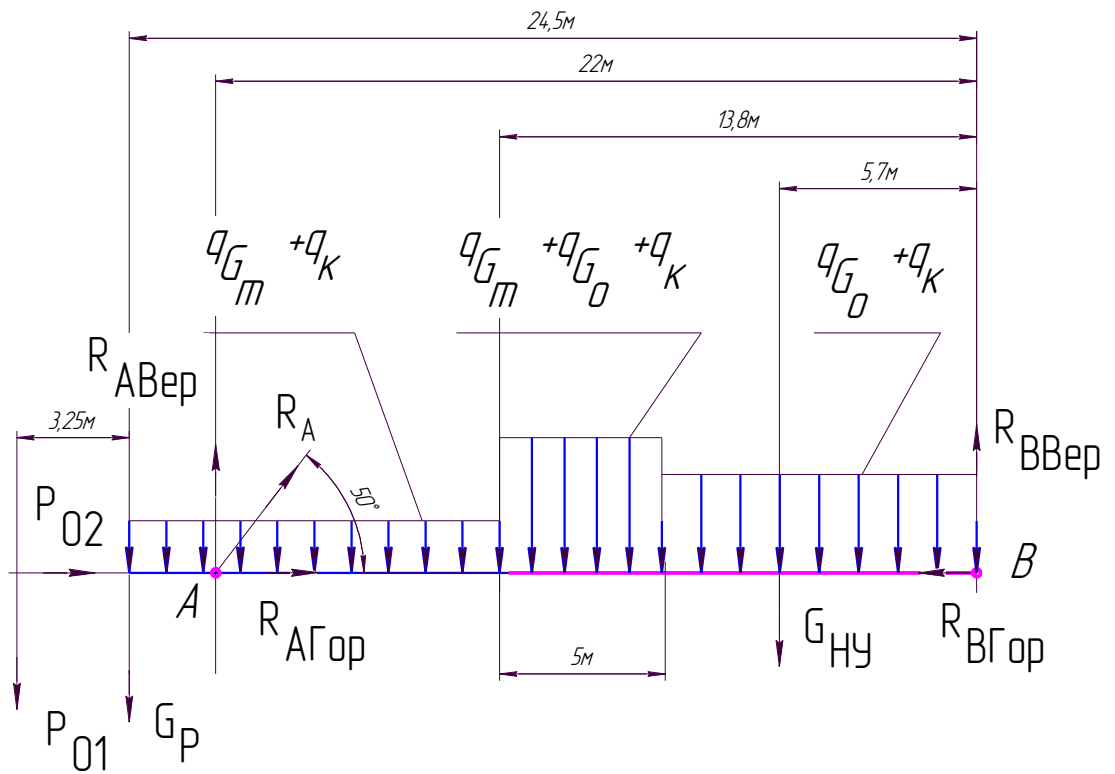


Рисунок 4.4 – Расчетная схема телескопической стрелы в горизонтальном положении с нагрузками в вертикальной плоскости. M_{01} - момент сил копания на роторном колесе; P_{01} - касательная составляющая сил копания; P_{02} – нормальная составляющая сил копания; R_A , $R_{AГор}$, $R_{AВер}$ – реакция в подвеске A и ее горизонтальная и вертикальная составляющие; $q_{Gm} + q_k$ – распределенная нагрузка

от веса телескопической вставки и элементов приемного конвейера; $q_{ГТ} + q_{Г0} + q_{к}$ – распределенная нагрузка от веса телескопической стрелы, основной стрелы и элементов конвейера на участке сопряжения основной и телескопической стрелы; $q_{Г0} + q_{к}$ – распределенная нагрузка от веса основной секции стрелы; $G_{НУ}$ – вес натяжного устройства конвейера; $R_{ВВер}$ и $R_{ВГор}$ – вертикальная и горизонтальная составляющие реакции в точке В.

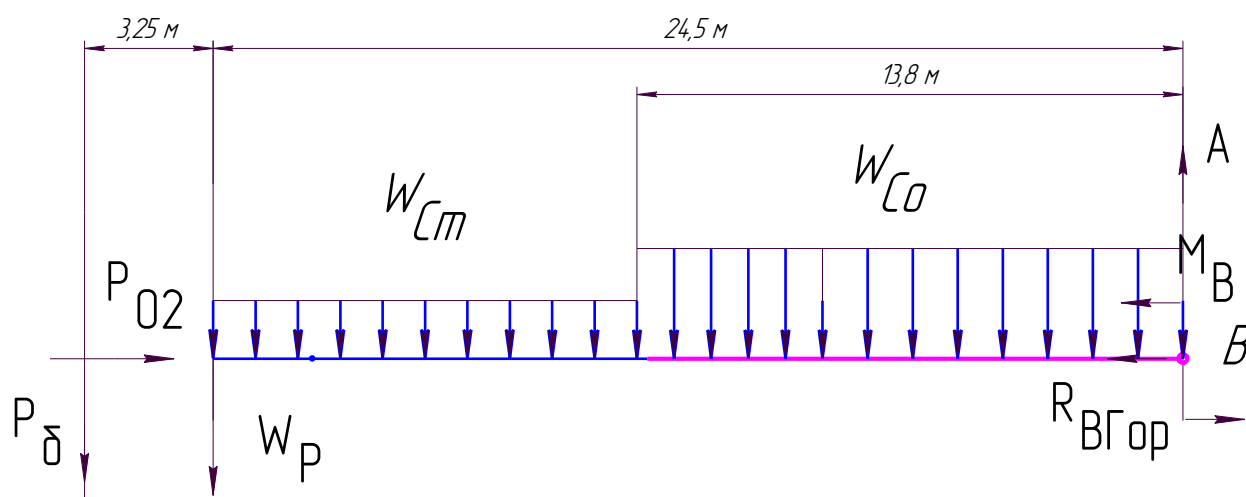


Рисунок 4.5 – Расчетная схема телескопической стрелы в горизонтальном положении с нагрузками в горизонтальной плоскости. M_B – момент от усилия подачи стрелы; P_B – усилие подачи стрелы; P_{02} – нормальная составляющая усилия копания; W_{CT} – ветровая нагрузка на телескопическую вставку с элементами приемного конвейера; W_P – ветровая нагрузка на металлоконструкцию ротора; W_{CO} – ветровая нагрузка на основную секцию стрелы с элементами приемного конвейера; M_B – момент реакции в заземляющей опоре В; $R_{ВГор}$ – горизонтальная составляющая реакции в заземляющей опоре В; $R_{ВВер}$ – вертикальная составляющая реакции в заземляющей опоре В.

Имея размеры телескопической стрелы, точки приложения нагрузок и их величины определим опорные реакции и построим эпюры изгибающих моментов.

Для нагрузок в вертикальной плоскости.

Составляем уравнение моментов относительно точки В и приравниваем его нулю

$$\sum M_B = 0,$$

$$P_{01} \cdot (l_1 + l_5) - R_{ABBe} \cdot l_2 + G_P \cdot l_1 + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_3) \cdot \left(\frac{l_1 + l_3}{2}\right) + \\ + (q_{Gm} + q_{Go} + q_k) \cdot l_6 \cdot \left(l_3 - \frac{l_6}{2}\right) + (q_{Go} + q_k) \cdot (l_3 - l_6) \cdot \left(\frac{l_3}{2} - \frac{l_6}{2}\right) + G_{HV} \cdot l_4 = 0.$$

Решаем полученное уравнение относительно R_{ABep}

$$R_{ABBe} = \frac{1}{2} (2 \cdot P_{01} \cdot l_1 + P_{01} \cdot l_5 + 2 \cdot G_P \cdot l_1 + 2 \cdot G_{HV} \cdot l_4 + q_{Gm} \cdot l_1^2 - q_{Gm} \cdot l_3^2 + q_{Go} \cdot l_3^2 + \\ + q_k \cdot l_2^2 + 2 \cdot l_6 \cdot q_{Gm} \cdot l_3 - q_{Gm} \cdot l_6^2 + q_{Go} \cdot l_3^2) / l_2.$$

Подставляем числовые значения, определяем R_{ABep}

$$R_{ABep} = 0,1197755943 \cdot 10^7 \text{ Н} = 1197 \text{ кН.}$$

Для определения вертикальной составляющей реакции в точке В составляем уравнение моментов относительно точки А.

$$\sum M_A = 0,$$

$$M_{01} + P_{01} \cdot ((l_1 - l_2) + l_5) + G_P \cdot (l_1 - l_2) + R_{BВepm} \cdot l_2 + \\ + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_2) \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right) + (q_{Gm} + q_k + q_{Go}) \cdot l_6 \cdot \left(l_2 - l_3 + \frac{l_6}{2}\right) + \\ + (q_k + q_{Go}) \cdot (l_3 - l_6) \cdot \left(l_2 - l_3 + l_6 + \frac{l_3 - l_6}{2}\right) - G_{HV} \cdot (l_2 - l_4) - \\ - (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_2 - l_3) \cdot \frac{l_2 - l_3}{2} = 0.$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Решаем это уравнение относительно $R_{BВерм}$

$$R_{BВерм} = -\frac{1}{2} \cdot (2 \cdot M_{01} + 2 \cdot G_{HY} \cdot l_4 + 2 \cdot P_{01} \cdot l_1 + 2 \cdot P_{01} \cdot l_5 + q_{Gm} \cdot l_1^2 - q_{Gm} \cdot l_3^2 + q_k \cdot l_1^2 - q_{Gm} \cdot l_6^2 + q_{Go} \cdot l_3^2 + 2 \cdot G_p \cdot l_1 + 2 \cdot l_6 \cdot q_{Gm} \cdot l_3 - 2 \cdot P_{01} \cdot l_2 - 2 \cdot G_p \cdot l_2 - 2 \cdot G_{HY} \cdot l_2 - 2 \cdot q_{Gm} \cdot l_1 \cdot l_2 - 2 \cdot q_k \cdot l_1 \cdot l_2 - 2 \cdot q_{Gm} \cdot l_3 \cdot l_2 - 2 \cdot q_{Gm} \cdot l_6 \cdot l_2 - 2 \cdot q_{Go} \cdot l_3 \cdot l_2) / l_2.$$

Подставляем числовые значения и определяем вертикальную составляющую реакции в точке В.

$$R_{BВерм} = -26840,9 \text{ Н} = 26,84 \text{ кН.а}$$

Реакцию R_A определяем, зная угол отклонения R_A от вертикали.

$$R_A = \frac{R_{AВер}}{\cos 40^\circ} = \frac{1197}{\cos(\pi/4)} = 1692 \text{ кН.}$$

Горизонтальная составляющая $R_{AГор}$ определяется из соотношения

$$R_{Aгор} = R_A \cdot \cos 50^\circ = 1692 \cdot \cos(50^\circ) = 1087,6 \text{ кН.}$$

Горизонтальную составляющую реакции в точке В, $R_{BГор}$ определим из уравнения проекций всех сил на ось X (ось балки)

$$\sum F_x = 0,$$

$$R_{BГор} - P_{02} - R_{AГор} = 0,$$

$$R_{BГор} = P_{02} + R_{AГор}; \quad R_{BГор} = 47760 + 1087600,$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$R_{B\Gamma op} = 1135360 \text{ Н} = 1135,3 \text{ кН.}$$

Проверяем правильность определения реакций, составив уравнение проекций всех сил, включая реакции на ось Y

$$P_{01} + G_p + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_3) + (q_{Gm} + q_k + q_{Go}) \cdot l_6 + (q_k + q_{Go}) \cdot (l_3 - l_6) + G_{HY} - R_{B\Gamma op} - R_{A\Gamma op} = 0.$$

Подставляем числовые значения и получаем тождество. Таким образом, опорные реакции определены, верно.

По характерным точкам строим эпюру изгибающих моментов. Изгибающий момент в сечении А.

$$M_A = P_{01} \cdot (l_5 - l_2 + l_1) \cdot G_p \cdot (l_1 - l_2) + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_2) \cdot (l_1 - l_2) / 2.$$

Подставив числовые значения, получим:

$$M_A = 2732178 \text{ Нм} = 2732 \text{ кНм.}$$

Изгибающий момент в сечении в других сечениях стрелы телескопической найдены аналогично и приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Изгибающие моменты в сечениях стрелы роторной при нагружении в вертикальной плоскости

F, кНм	A, кНм	C, кНм	D, кНм	E, кНм	B, кНм
282	2732	1204	544	282	0

Опасное сечение в точке А (место крепления тросовой подвески), где изгибающий момент составляет 2732 Нм.

Определим напряжения в этом сечении. Момент инерции поперечного сечения трубы определяется по формуле [5]

$$I_z = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{64}.$$

Для основной секции телескопической стрелы

$$I_z = \frac{\pi \cdot (140^2 - 136^2)}{64} = 0,20645 \cdot 10^7.$$

Для телескопической вставки

$$I_z = \frac{\pi \cdot (128^2 - 125^2)}{64} = 0,119256 \cdot 10^7.$$

Момент сопротивления поперечного сечения трубы

$$W_z = \frac{I_z}{y_{\max}} = \frac{2 \cdot I_x}{D}.$$

Для основной секции телескопической стрелы

$$W_{co} = \frac{2 \cdot 0,20645 \cdot 10^7}{70} = 29493 \text{ см}^3.$$

Для телескопической вставки

$$W_{co} = \frac{2 \cdot 0,119256 \cdot 10^7}{64} = 18634 \text{ см}^3.$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Напряжения в сечении А

$$\sigma_A = \frac{M_B}{W_m} = \frac{273200000}{29493} = 9263 \text{ Н/см}^2 = 92,6 \text{ МПа},$$

что значительно ниже допускаемых напряжений $[\sigma_b] = 350 \text{ МПа}$.

Рассмотрим нагрузки стрелы телескопической в горизонтальной плоскости. Учитывая, что при рассмотрении нагружения в этой плоскости принимаем жесткое защемление правого конца стрелы, а также то, что нас не интересуют реакции в заделке, построим эпюру изгибающих моментов в горизонтальной плоскости по характерным точкам без определения опорных реакций.

Изгибающий момент в сечении F

$$M_F = P_6 \cdot l_5 = 56,4 \text{ кНм.}$$

Изгибающий момент в точке С

$$M_c = P_6 \cdot (l_5 + l_1 - l_3) + W_p \cdot (l_1 - l_3) = 261,6 \text{ кНм.}$$

Изгибающий момент в точке В

$$M_c = P_6 \cdot (l_5 + l_1) + W_p \cdot l_1 + W_{cm} \cdot (l_1 - l_3) \cdot (l_3 + (l_1 - l_3) / 2) + W_{co} \cdot (l_3^2 / 2) = 556,2 \text{ кНм.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

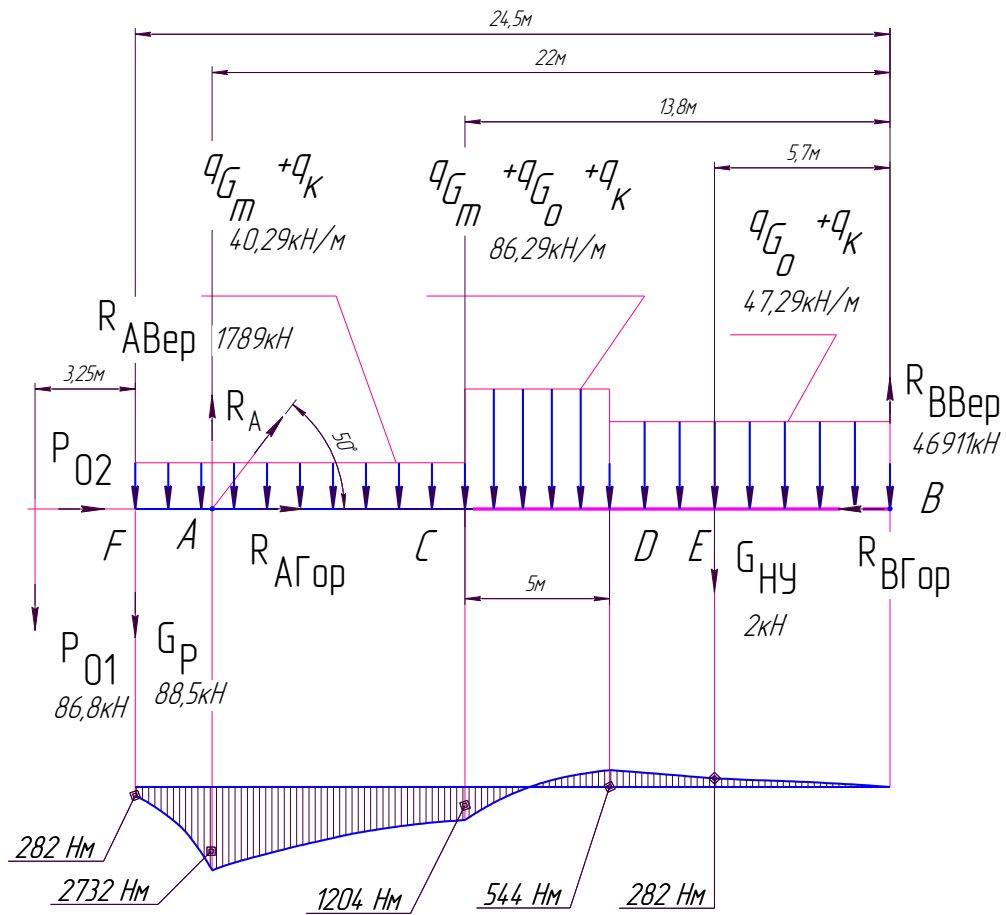


Рисунок 4.6 – Эпюра изгибающих моментов при нагружении телескопической роторной стрелы в вертикальной плоскости (горизонтальное положение)

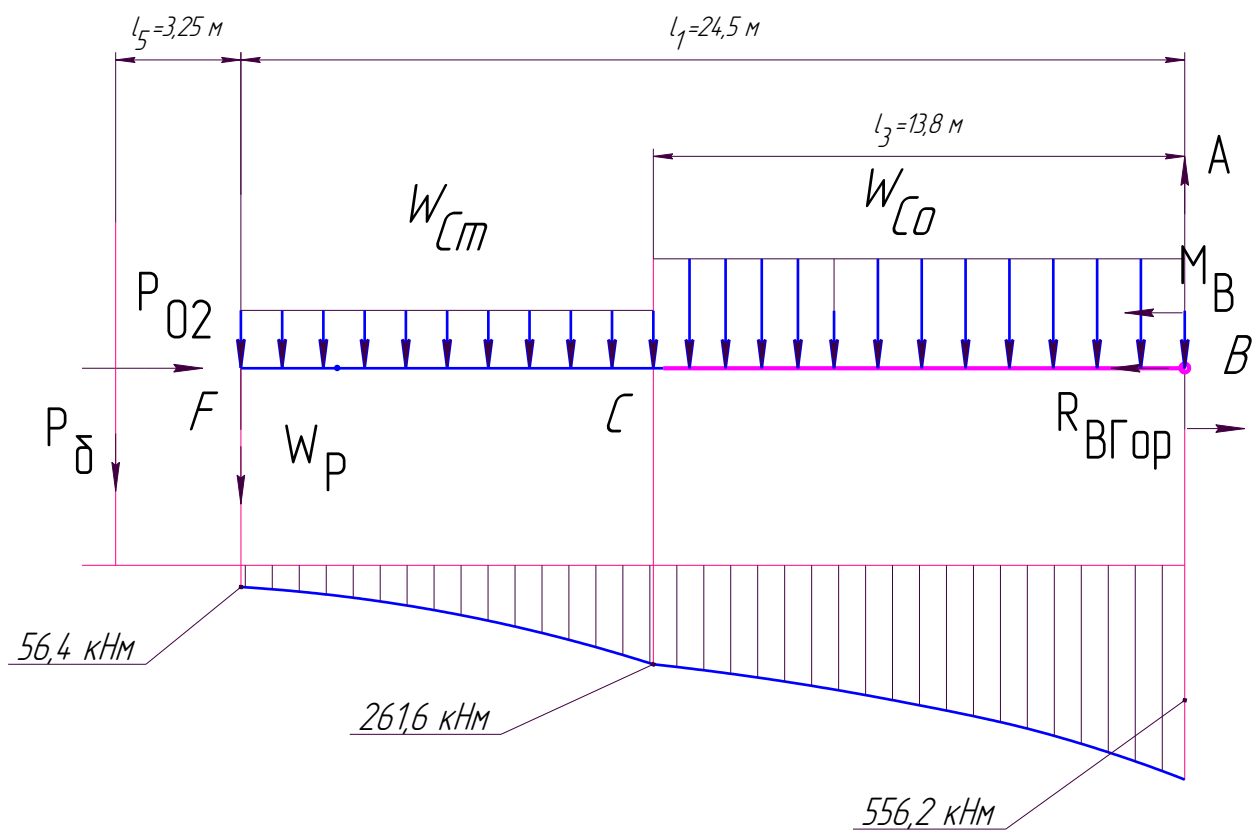


Рисунок 4.7 – Эпюра изгибающих моментов при нагружении стрелы роторной в горизонтальной плоскости (положение стрелы - горизонтальное)

Наибольшие напряжения в сечении В $M_B = 556,2$ кНм.

Напряжения в этом сечении

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_m} = \frac{55600000}{18634} = 2983,8 \text{ Н/см}^2 = 29,8 \text{ МПа},$$

что меньше допускаемых напряжений $[\sigma_B] = 350$ МПа.

Проверочные расчеты на прочность телескопической роторной стрелы находящейся в горизонтальном положении показывают, что наибольшие напряжения вызывают нагрузки, действующие в вертикальной плоскости. Нагрузки в горизонтальной плоскости не вызывают значительных напряжений. В связи с этим проверку на прочность телескопической роторной стрелы в крайнем

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

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

78

верхнем и крайнем нижнем положении будем вести только для нагрузок, действующих в вертикальной плоскости.

Рассмотрим угловые положения стрелы в крайнем верхнем и крайнем нижнем положении. Указанные углы можно вычислить из простых тригонометрических соотношений, но мы воспользуемся графическим методом, точность которого в данном случае вполне достаточна. Схема, выполненная в масштабе 1:100 приведена на рисунке (при размещении в тексте схема дополнительно масштабировалась, однако это не влияет на угловые размеры).

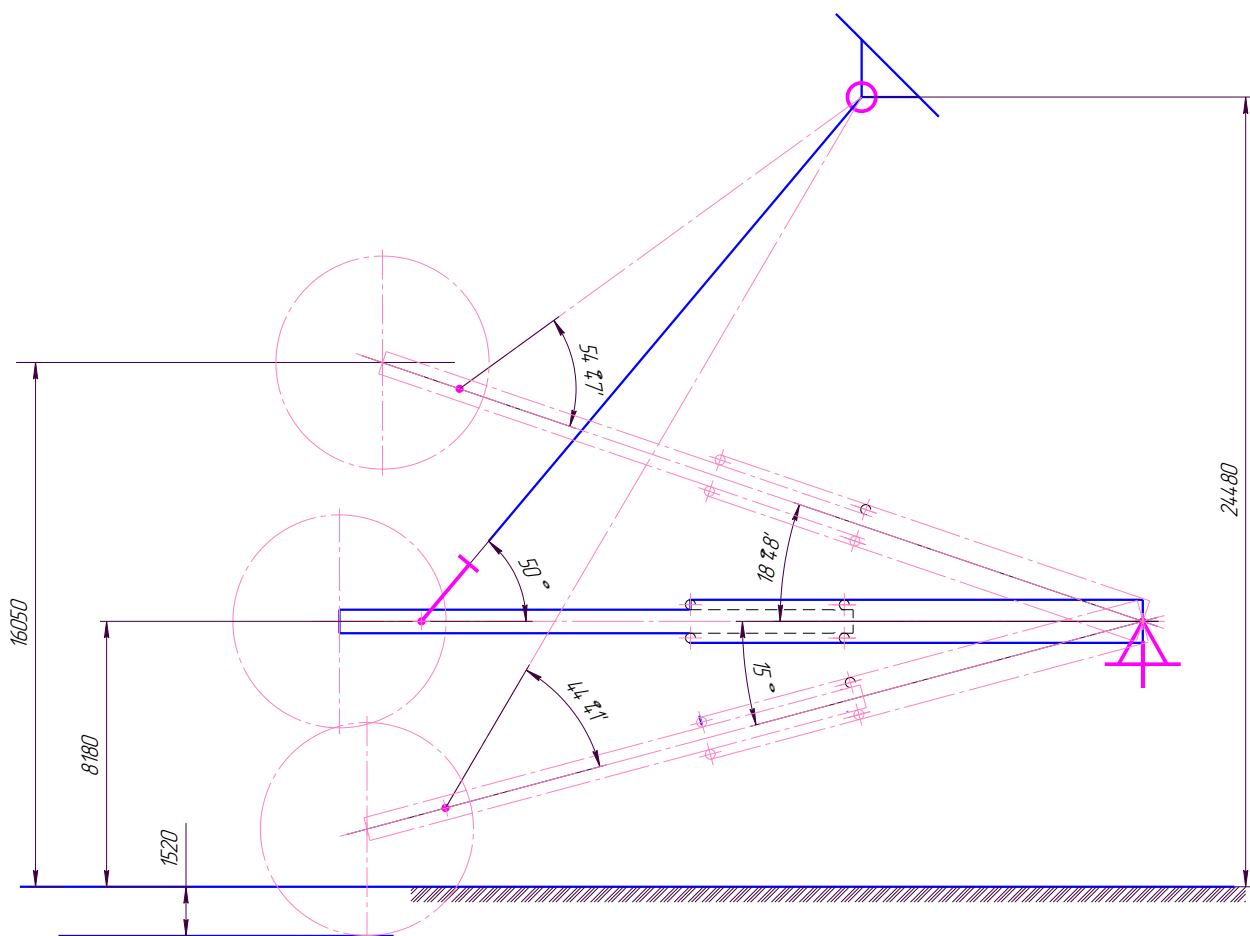


Рисунок 4.8 - Угловое положение роторной стрелы в крайних положениях

Из схемы непосредственным измерением определены угловые положения стрелы:

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

– в верхнем положении стрела поднята от горизонтального положения на угол $\alpha_{\text{в}} = 18^{\circ}48'$ ($\approx 19^{\circ}$), а тросовая подвеска наклонена к оси стрелы на угол $\beta_{\text{в}} = 54^{\circ}47'$ ($\approx 55^{\circ}$).

– в нижнем положении стрела опущена от горизонтального положения на угол $\alpha_{\text{н}} = 15^{\circ}$, а тросовая подвеска и ось стрелы составляют угол $\beta_{\text{н}} = 44^{\circ}41'$ ($\approx 45^{\circ}$).

Рассмотрим крайнее верхнее положения стрелы. В этом положении точки приложения силовых факторов не меняют своего положения. Силы веса элементов стрелы сохраняют свое направление и величину, однако перпендикулярно к оси стрелы будет действовать только часть силы веса, определяемая как $F = F_1 \cdot \cos(\alpha_{\text{в}})$. Что касается тангенциальной составляющей силы копания, то она будет направлена перпендикулярно к оси стрелы роторной. Указанное действие сил показано на рисунке (4.9).

Таким образом, расчетная схема остается идентичной горизонтальному положению стрелы, однако числовые величины существенно изменятся. Кроме того, значительно изменятся осевые нагрузки на стрелу. Определим опорные реакции для рассматриваемого случая.

Уравнения равновесия стрелы:

$$\sum M_B = 0.$$

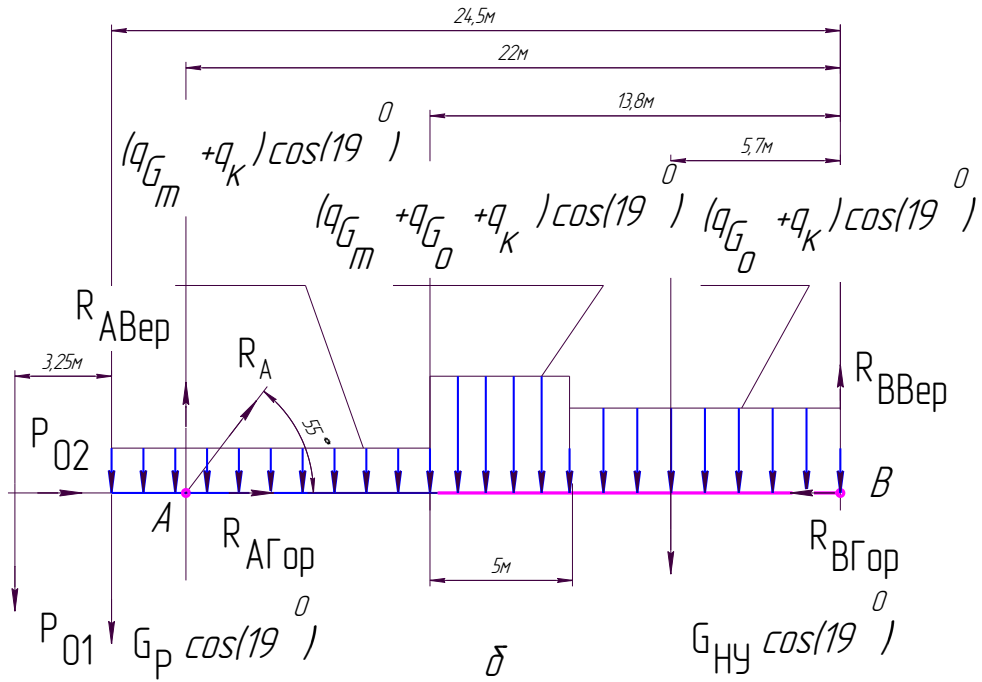
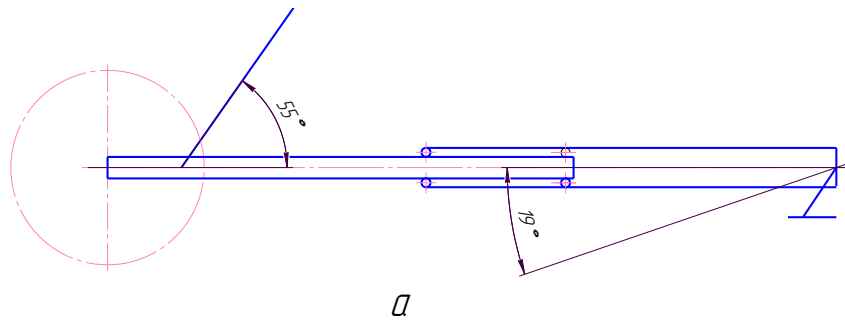


Рисунок 4.9 – Нагрузки стрелы в верхнем положении а – угловое положение стрелы; б – действующие силы.

$$\begin{aligned}
 & P_{01} \cdot (l_1 + l_5) - R_{ABBe} \cdot l_2 + [G_P \cdot l_1 + (q_{Gm} + q_K) \cdot (l_1 - l_3) \cdot (\frac{l_1 + l_3}{2}) + \\
 & + (q_{Gm} + q_{Go} + q_K) \cdot l_6 \cdot (l_3 - \frac{l_6}{2}) + (q_{Go} + q_K) \cdot (l_3 - l_6) \cdot (\frac{l_3}{2} - \frac{l_6}{2}) + \\
 & + G_{HV} \cdot l_4] \cdot \cos(\frac{19}{180} \pi) = 0,
 \end{aligned}$$

$$\sum M_A = 0,$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

81

$$\begin{aligned}
& P_{01} \cdot ((l_1 - l_2) + l_5) + R_{BВерм} \cdot l_2 + [G_p \cdot (l_1 - l_2) + \\
& + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_2) \cdot \frac{(l_1 - l_2)}{2}] + (q_{Gm} + q_k + q_{Go}) \cdot l_6 \cdot (l_2 - l_3 + \frac{l_6}{2}) + \\
& + (q_k + q_{Go}) \cdot (l_3 - l_6) \cdot (l_2 - l_3 + l_6 + \frac{(l_3 - l_6)}{2}) - G_{HV} \cdot (l_2 - l_4) - \\
& - (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_2 - l_3) \cdot \frac{l_2 - l_3}{2} \cdot \cos(\frac{19}{180} \pi) = 0.
\end{aligned}$$

Подставляем числовые значения и решаем полученные уравнения относительно опорных реакций

$$R_{AВер} = 0,113871307 \cdot 10^7.$$

$R_{BВер} = -26077$ означает, что фактическое направление реакции $R_{BВер}$ противоположно принятому при составлении уравнений.

При определении горизонтальных составляющих реакций необходимо учитывать горизонтальные составляющие всех сил, определяемые как:

$$F_r = F_i \cdot \cos(90^\circ - 19^\circ).$$

Полная реакция в точке А равна:

$$R_A = R_{AВер} \cdot \cos(90^\circ - 55^\circ) = 0,113871307 \cdot 10^7 / (\cos(35^\circ)) = 0,1390111 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

Горизонтальная составляющая реакции R_A равна

$$R_{Aгор} = R \cdot \cos(55^\circ) = 0,1390111 \cdot 10^7 \cdot \cos(\frac{55}{180} \pi) = 797334 \text{ Н.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Горизонтальная составляющая всех сил на ось балки равна

$$\sum F_x = 383809 \text{ Н.}$$

и направлена к опоре В, следовательно горизонтальная реакция опоры В равна

$$R_{ВГор} = \sum F_i + P_{02} + R_{АГор}, \quad R_{ВГор} = 383809 + 47756 + 797334 = 1228899 \text{ Н.}$$

После определения реакций могут быть построены эпюры изгибающих моментов.

Рассмотрим крайнее нижнее положения стрелы. Расчетная схема остается прежней, меняются только величины и направления проекций сил.

Полная расчетная схема представлена на рисунке 2.17.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

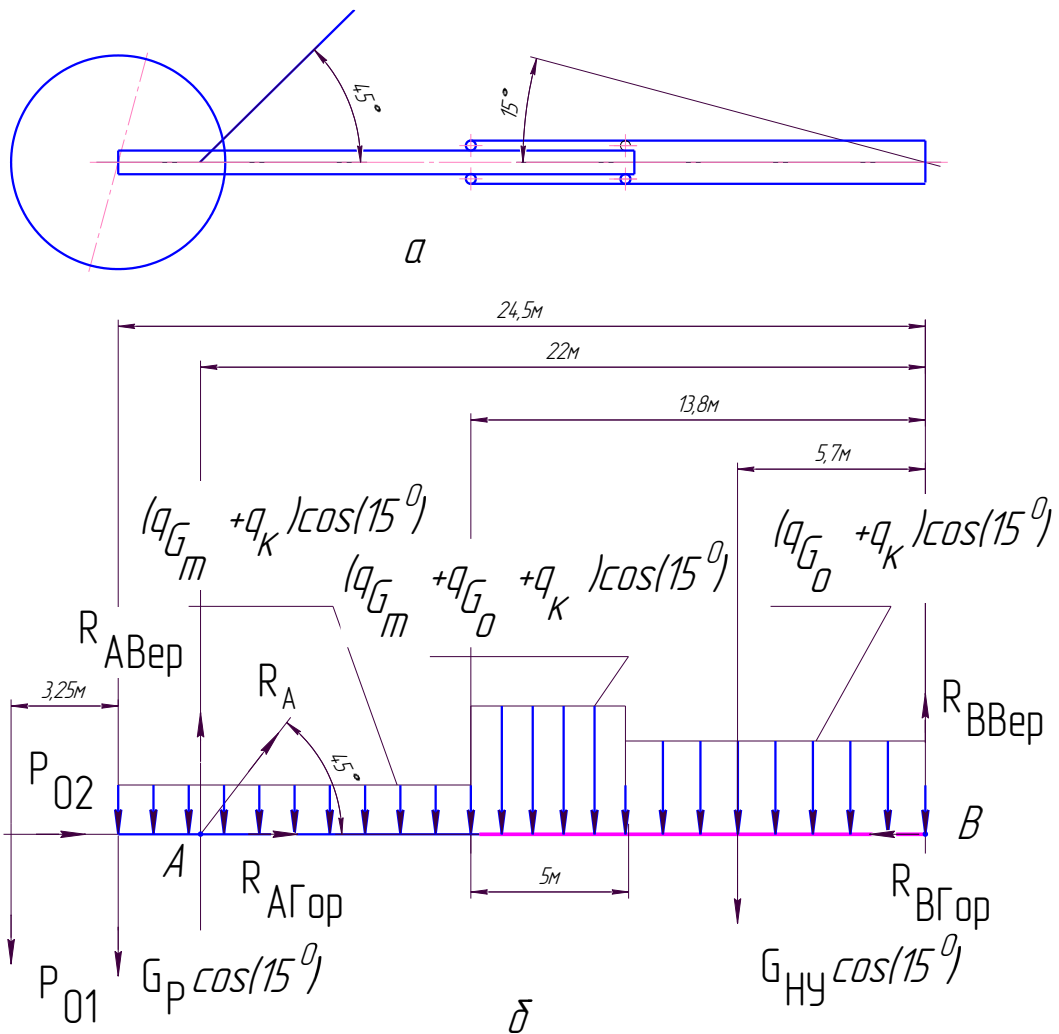


Рисунок 4.10 – Расчетная схема роторной стрелы в нижнем положении
 а – угловое положение стрелы; б – действующие силы.

Определим опорные реакции для этого случая

$$\sum M_A = 0,$$

$$\begin{aligned}
 & P_{01} \cdot (l_1 + l_5) - R_{ABBe} \cdot l_2 + [G_P \cdot l_1 + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_3) \cdot \left(\frac{l_1 + l_3}{2}\right) + \\
 & + (q_{Gm} + q_{Go} + q_k) \cdot l_6 \cdot \left(l_3 - \frac{l_6}{2}\right) + (q_{Go} + q_k) \cdot (l_3 - l_6) \cdot \left(\frac{l_3}{2} - \frac{l_6}{2}\right) + \\
 & + G_{HY} \cdot l_4] \cdot \cos\left(\frac{1}{12} \pi\right) = 0,
 \end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0,$$

$$\begin{aligned} & P_{01} \cdot ((l_1 - l_2) + l_5) + R_{BВерм} \cdot l_2 + [G_p \cdot (l_1 - l_2) + \\ & + (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_1 - l_2) \cdot \frac{(l_1 - l_2)}{2}] + (q_{Gm} + q_k + q_{Go}) \cdot l_6 \cdot (l_2 - l_3 + \frac{l_6}{2}) + \\ & + (q_k + q_{Go}) \cdot (l_3 - l_6) \cdot (l_2 - l_3 + l_6 + \frac{(l_3 - l_6)}{2}) - G_{HV} \cdot (l_2 - l_4) - \\ & - (q_{Gm} + q_k) \cdot (l_2 - l_3) \cdot \frac{l_2 - l_3}{2} \cdot \cos(\frac{1}{12} \pi) = 0. \end{aligned}$$

Таким образом при увеличении наклона стрелы вверх или вниз изгибающие моменты несколько уменьшаются.

Выводы по разделу

Для расчёта на прочность элементов телескопической стрелы были определены действующие на металлоконструкцию стрелы нагрузки (таблица 4.2). Выполнен проверочный расчет на прочность элементов стрелы с нагрузками в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Расчитанные значения напряжений в подвеске и заземляющей опоре составили соответственно 92,6 и 29,8 МПа, что меньше допустимого $[\sigma_b] = 350$ МПа.

Из уравнений равновесия системы (определение опорных реакций) следует, что увеличение наклона стрелы вверх или вниз приводит к уменьшению значения косинуса угла наклона и следовательно, к некоторому уменьшению изгибающих моментов.

Выполнены расчёты подтверждающие прочность телескопической стрелы модернизированного оборудования.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

5 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА ВЫДВИЖЕНИЯ СТРЕЛЫ

5.1 Разработка схемы гидропривода.

Гидропривод, дополнительно устанавливаемый, экскаваторе предназначен для перемещения телескопической вставки на длину 5000 мм с помощью телескопического гидроцилиндра фиксации ее положения с помощью 8 гидроцилиндров. Для надежной работы гидроцилиндров каждый из них снабжается гидрозамками, управление гидроприводом – золотниковыми распределителями с электрогидравлическим управлением.

Работа гидроцилиндров ГЦ1...ГЦ8 фиксации стрелы и гидроцилиндра Г1 происходит последовательно. Сначала работают 6 гидроцилиндров, обеспечивающих освобождение телескопической секции стрелы. Управление ими производится от золотникового распределителя Р1. После этого включается гидроцилиндр обеспечивающий перемещение вставки. После перемещения на требуемую длину гидроцилиндры срабатывают в обратном порядке. Питается гидропривод от насоса Н1 с электродвигателя внутреннего

Соединение гидромотора, гидроцилиндров с гидростанцией производится стальными трубопроводами, а в местах перехода на роторную стрелу с помощью гибких рукавов высокого давления. Общий расчет гидропривода выполнен в соответствии [8].

5.2 Выбор рабочей жидкости и давления в гидросистеме.

В качестве рабочей жидкости применим гидравлическое масло ВМГЗ (ТУ 38-1-01-479-79) предназначенное для эксплуатации в строительных, дорожных, коммунальных и других мобильных машинах с гидроприводом в интервале температур от минус 40⁰С до +65⁰С. В состав ВМГ –3 входит глубокоочищенная дистилляторная, низкозастывающая жидкость из сернистой нефти с композицией

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

присадок, обеспечивающих необходимые вязкостные, антикислотные, противоизносные антикоррозионные и антипенные свойства.

Масло ВМГ- 3 имеет следующие физические свойства:

плотность масла $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$ при $t = 50^\circ\text{C}$,

кинематическая вязкость $\gamma = 10 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $t = 50^\circ\text{C}$,

срок эксплуатации гидравлического масла ВМГ-3 составляет 3500-4000 часов работы.

Рабочее давление в гидросистеме выбираем из ряда стандартных по нормам машиностроения МН 3610-62. С увеличением рабочего давления снижаются вес и габариты гидропривода, однако возрастают требования к прочности и качеству элементов.

В разрабатываемой системе применяются гибкие шланги, рабочее давление которых ограничены. Для рукавов высокого давления с металлической оплеткой по ГОСТ 6286-80 рабочее давление зависит от диаметра[28]. Для рукавов с внутренним диаметром 16 мм и наружным 27,5 мм максимальное рабочее давление при применении проволоки повышенной прочности составляет 13,5 МПа. При этом рукава должны выдерживать истирание на гидравлическое давление (герметичность равное 1,25Р и иметь запас прочности не менее 3Р)

Исходя из рабочего давления для рукавов высокого давления, выбираем рабочее давление гидросистемы $P_n = 32 \text{ МПа}$

5.3 Определение параметров гидроцилиндра выдвижения стрелы

Определение параметров гидроцилиндров производим исходя из усилия, которое, должен обеспечивать каждый из них.

Для выдвижения телескопической вставки гидроцилиндр должен развивать усилие больше суммы следующих сил:

Горизонтальной составляющей реакции в опоре В - $R_{\text{Вгор}} = 1135 \text{ кН}$

Силы инерции при переходном режиме движения вставки $F_{\text{и}} = 3 \text{ кН}$

Силы терния в опорных роликах опоры стрелы $F_{\text{тр}} = 178 \cdot 0.05 = 9 \text{ кН}$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Для обеспечения надежного срабатывания гидропривода при перекосах экскаватора введем коэффициент запаса по усилию гидроцилиндра $n = 1,5$

Тогда необходимое усилие на штоке гидроцилиндра

$$F = (1135 + 3 + 9) \cdot 1,5 = 1720 \text{ кН.}$$

Ввиду большого усилия на штоке гидроцилиндра применяем два параллельно включенных гидроцилиндра

$$F_{шт} = 860 \text{ кН.}$$

Примененные гидроцилиндры имеют телескопическую конструкцию. Наименьший диаметр имеет поршень первого звена гидроцилиндра. Определим диаметр первой ступени гидроцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4R}{\pi \Delta p \eta_{мц}}}, \quad (5.1)$$

где R – усилие на штоке;

Δp – перепад давления на гидроцилиндре, $\Delta p = 0,8 \dots 0,9 P_H$,

$$\Delta p = 0,9 \cdot 32 = \text{МПа},$$

$\eta_{мц}$ - механический КПД гидроцилиндра при ориентировочном расчете можно принимать $\eta_{мц} = 0,9$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1720 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot 28,8 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,12 \text{ м.} \quad (5.2)$$

Принимаем диаметр первой ступени гидроцилиндра равным $D_1 = 130$ мм в соответствии с нормалью ОН 22-176-69.

Диаметры последующих ступеней определяются конструктивно с учетом размеров уплотнений:

Диаметр D_2 второй ступени – 190 мм;

Диаметр D_3 третьей ступени – 230 мм;

Диаметр D_4 четвертой ступени – 310 мм.

Определяем перепад давления на гидроцилиндре при работе первой ступени:

$$\Delta P_{u_1} = \frac{R \cdot 10^{-6}}{S \cdot \eta_{мц}},$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где S – эффективная площадь первой ступени

$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,13^2}{4} = 0,0132 \text{ м}^2,$$

$$\Delta P_{ц1} = \frac{1720 \cdot 10^3}{0,0132 \cdot 0,9} = 30,2 \text{ МПа}.$$

Расход рабочей жидкости при работе первой ступени гидроцилиндра (минимальный):

$$Q_1 = \frac{S_1 \cdot V_n}{\eta_{оц}},$$

где V_n – скорость поршня гидроцилиндра, $V_n = 1 \text{ м/мин}$ ($1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$).

$$Q = \frac{0,013 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}}{0,98} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

А с учетом двух параллельно работающих гидроцилиндров – 0,8 л/с

Расход рабочей жидкости при работе последней 4^й ступени (максимальный)

$$Q_1 = \frac{S_4 \cdot V_n}{\eta_{оц}},$$

Площадь поршня 4^й ступени равна:

$$S = \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,31^2}{4} = 0,1 \text{ м}^2.$$

Расход жидкости равен:

$$Q_4 = \frac{0,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}}{0,98} = 2,4 \text{ л/с}.$$

Перепад давления на гидроцилиндре при работе 4^й ступени

$$\Delta P_{ц1} = \frac{860000}{0,1 \cdot 0,9} = 5,63 \text{ МПа}.$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, при выборе насоса необходимо ориентироваться на рабочее давление 32 МПа, а расход, обеспечиваемый насосом должен быть равным среднему для 1^й и 4^й ступени

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_4}{2} = 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Мощность одного цилиндра равняется:

$$N_{ц1} = \frac{R \cdot V_{ц1}}{\eta_{ц1}} = \frac{860000 \cdot 1,66 \cdot 10^{-2}}{0,90} = 14276 \text{ Вт} = 14,3 \text{ кВт}.$$

Суммарная мощность гидроцилиндров:

$$N = 2 \cdot N_{ц1} = 2 \cdot 14,3 = 28,6 \text{ кВт}.$$

Результаты расчета гидродвигателей сводим в таблицу.

Таблица 5.1 – Параметры гидродвигателей

Гидродвигатели	Усилие, кН	Момент, Нм	Скорость поршня, м/с	Частота вращения	Диаметр 1 ^й ступени ГЦ, мм	Диаметр 4 ^й ступени ГЦ, мм	Рабочий объем гидромотора, см ³	Расход жидкости гидродвигателей (общий)	Перепад давления, МПа	Полная (суммарная) мощность ГЦ, кВт	Мощность гидромотора, кВт
Ц ₁	8 6 0	-	1		130	310		8 · 10 ⁻³ м ³ /с	30,2	14,3	

На основании предварительных расчетов выбираем однопоточную схему гидропривода. Производительность насоса выбираем по расходу, обеспечивающему нормальную работу гидроцилиндра

$$Q = 0,5 \text{ л/с}.$$

Поскольку эта производительность меньше требуемой для гидроцилиндра, скорость будет меньше принятой в предварительных расчетах:

$$V_{\phi} = \frac{Q_n}{Q_{ц1}} \cdot V_n = \frac{8,7 \cdot 10^{-4}}{5,64 \cdot 10^{-4}} \cdot 1 = 1,54 \text{ м/мин}.$$

Для насосной установки выбираем мотор – насос МНА-Ф-40/200 работающий в режиме насоса, имеющий следующие характеристики.

Таблица 5.2-Характеристика насоса МНА-Ф-40/200

Номинальное давление, МПа	Номинальное число оборотов, мин ⁻¹	Рабочий объем, см ³	Номинальная производительность, л/мин	Номинальная мощность, кВт	Коэффициент полезного действия, объемный	Коэффициент полезного действия, полный	Долговечность, час
32,0	1500	40	57	27,7	0,95	0,9	3000

Для обеспечения требуемой производительности насоса необходимо снизить частоту вращения вала насоса

$$n_{\phi} = n_n \cdot \frac{Q_n}{Q_{\phi}} = 1500 \cdot \frac{48}{57} = 1263 \text{ мин}^{-1}.$$

Практически снижение частоты вращения осуществляется подключением насоса к двигателю через зубчатую пару.

5.4 Расчет потерь давления в гидросистеме.

Длина всасывающей, напорной и сливной магистрали, а также количество местных сопротивлений определяются реальной конструкцией гидросистемы. При предварительной проработке можно принять в качестве напорной и сливной гидролиний рукава высокого давления с металлической оплеткой внутренним диаметром 16 мм, длиной 2,5 м.

Определим внутренние диаметры трубопроводов по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad (5.3)$$

Где V – скорость жидкости в трубопроводе,
 для напорной магистрали $V = 4$ м/с,
 для сливной магистрали $V = 1,5$ м/с.

Напорная магистраль:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,7 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 4}} = 1,66 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Сливная магистраль:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,7 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1,5}} = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Таким образом, для напорной магистрали, выбранный трубопровод обеспечивает рекомендуемую скорость движения жидкости, а для сливной магистрали скорость больше рекомендуемой, что приведет к снижению КПД гидропривода, однако для мобильной машины это не существенно, тем более, что гидропривод работает ограниченное время.

Гидростанцию предполагаем установить на экскаваторе в непосредственной близости от стрелы, обеспечив трубопроводы минимальной длины

Размеры трубопроводов гидропривода сводим в таблицу

Таблица 5.3 – Размеры гидролиний

Привод гидроцилиндров			
Напорная		Сливная	
Диаметр, мм	Длина, м	Диаметр, мм	Длина, м
16	2,5	16	2,5

Уточняем средние скорости жидкости в напорных и сливных гидромагистралях.

Привод гидроцилиндров:

$$V_n = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 8,7 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 10^{-2})^2} = 4,32 \text{ м/с.}$$

Определяем режим движения жидкости в гидролиниях:

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\gamma}, \quad (5.4)$$

где V – средняя скорость потока;

d – диаметр трубопровода;

γ - коэффициент кинематической вязкости.

Для напорных и сливных гидромагистралей

$$R_e = \frac{4,32 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-6}} = 6926.$$

Таким образом, для сливных и напорных гидромагистралей обеспечивается турбулентный режим движения жидкости. Коэффициент гидравлического трения для турбулентного режима следующий:

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} = \frac{0,3164}{6926^{0,25}} = 0,034.$$

Потери давления по длине трубопроводов определим по формуле:

$$\Delta P = \rho \cdot \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (5.5)$$

Потери давления в напорной и сливной магистральных гидроцилиндров:

$$\Delta P = 860 \cdot 0,0347 \frac{2,5}{1,6 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{4,32^2}{2 \cdot 9,8} = 43880 \text{ Па}.$$

Потери давления в напорной и сливной магистральных гидромотора:

$$\Delta P = 860 \cdot 0,0347 \frac{3}{1,6 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{4,32^2}{2 \cdot 9,8} = 52667 \text{ Па}$$

Потери на гидроаппаратах зависят от их типа и для распределителей типа Г 64-2 составляет 0,2 МПа; для обратных клапанов типа Г 51-2 составляет 0,19 МПа. Результаты расчета потерь напора заносим в таблицу.

Таблица.5.4-Потери давления в гидролиниях

	Гидро-линия	V, м/с	Потери давления				
			Трубопро-воды, МПа	Распределитель, МПа	Фильтр МПа,	Обратный клапан, МПа	Фильтр гидродвигателя, МПа
Гидро-цилиндры	напорная	4,32	0,053	0,2	-	-	12,16
	сливная	4,32	0,053	0,2	10 ⁵	-	

Давление, которое должна обеспечивать насосная установка равно суммарному перепаду давления на всех гидроаппаратах и гидравлических сопротивлениях

$$\Delta P = \sum \Delta P_p + \sum \Delta P_T + \sum \Delta P_s,$$

где ΔP – перепад давления на гидродвигателях;

ΔP_T – потери на трение в трубопроводах;

ΔP_r – потери на гидроаппаратах.

Для гидроцилиндров:

$$\Delta P = 0,044 + 0,2 + 0,2 + 7,93 + 0,044 + 0,2 + 0,1 = 8,62 \text{ Мпа}.$$

Следовательно, давление на которое настраивается предохранительный клапан, – 32 МПа

5.5 Определение КПД гидропровода

Определим мощность потребляемую насосом:

$$N_n = \frac{Q_n \cdot P_n}{\eta},$$

где Q_n – подача насоса ($\text{м}^3/\text{с}$),

P_n – давление, обеспечиваемое насосом (МПа),

η – полный КПД насоса, $\eta = 0,91$,

Тогда

$$N_n = \frac{8,7 \cdot 10^{-4} \cdot 12,66 \cdot 10^6}{0,91} = 32103 \text{ Вт} = 34,1 \text{ кВт}.$$

Коэффициент полезного действия гидропривода – при работе гидроцилиндров КПД равен:

$$\eta = \frac{N_{гд}}{N_n} = \frac{28,6}{34,1} = 0,83.$$

Выводы по разделу

Таким образом, применение гидропривода для выдвижения телескопической части стрелы, возможно. Коэффициент полезного действия гидропривода составил 0,83. Следует, однако, учитывать, что примененный телескопический гидроцилиндр имеет достаточно большие размеры (таблица 5.1) и вес.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗЫ ГИДРОЦИЛИНДРА ДЕТАЛЬ «ЦИЛИНДР»

6.1 Выбор заготовки

При выборе заготовки, из которой будет изготавливаться деталь «Цилиндр», необходимо руководствоваться следующими положениями: материалом, из которого изготавливается деталь; конфигурацией детали; размерами заготовки, качеством поверхностного слоя и массой, а также коэффициентом используемого материала.

Материалом для изготовления детали принята сталь 40 (ГОСТ 1050 - 2013) [29]. Поверхность детали составляют простые цилиндрические поверхности, которые получают в результате механической обработки резанием.

В качестве заготовки для изготовления детали принимает сварную заготовку, состоящую собственно из гильзы гидроцилиндра, фланца гидроцилиндра и штуцера для подвода рабочей жидкости. В качестве заготовки для основной детали – гильзы используем штамповку

Такой выбор заготовки позволяет уменьшить расход металла.

Длину заготовки берем больше длины детали на величину припуска под обработку торцевых поверхностей $l_3 = 230$ мм.

Учитывая технологичность изготовления детали, и требования к прочности использовать другой вид заготовки в единичном, серийном и массовом производствах нецелесообразно.

6.2 Выбор схем установки заготовок на операциях

Основными базами подавляющего большинства деталей типа тела вращения являются поверхности его опорных шеек либо другие посадочные места. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

При выборе технологических баз следует совмещать конструкторскую, технологическую и измерительную базы, т.е. применять принцип единства баз. Кроме того, необходимо соблюдать принцип постоянства баз, чтобы сократить общую погрешность изготовления (в частности погрешность закрепления на каждой операции) к минимуму. Исходя из этого, для обработки детали «Цилиндр» на первой технологической операциях принимаем схему базирования, изображенную на рисунке 1. При такой схеме базирования производится обработка шейки на наружной и внутренней поверхностях.

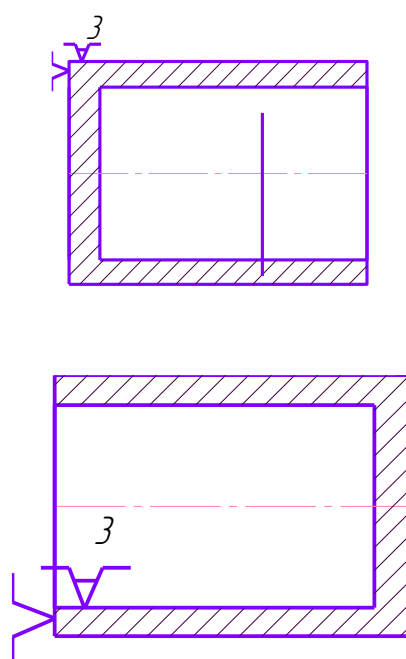


Рисунок 6.1 – Схема закрепления в патроне

Для осуществления выбранной схемы базирования в качестве приспособления принимаем патрон трехлапчатый самоцентрирующийся ГОСТ 24351-80 [30].

При сверлении двух отверстий в детали «Цилиндр» обработке базирование осуществляем по наружной поверхности заготовки и обработанному на предыдущей операции торцу цилиндра. Используем установочные призмы. Схема закрепления в этом случае приведена на рисунке 2. Непосредственное врезание сверла в цилиндрическую поверхность детали «Цилиндр» затруднительно поэтому

в приспособлении для обработки обязательно должны быть кондукторные втулки для направления сверла

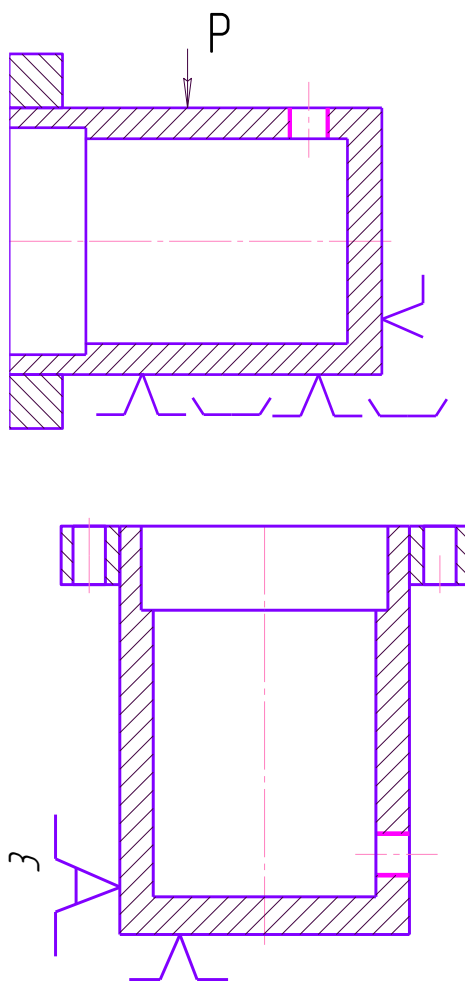


Рисунок 6.2 – Схема закрепления на сверлильной операции

На сварочной операции к заготовке приваривается штуцер и фланец, конфигурация заготовки несколько меняется, однако схема базирования на получистовой и чистовой токарных операциях остаются подобными базированию на черновой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

97

6.3 Разработка маршрутного процесса обработки детали «Труба»

Исходя из геометрических размеров детали, разбиваем ее на элементарные поверхности, каждой из которых присваивается номер (рисунок 6.3). Вид обработки элементарных поверхностей назначается в зависимости от формы, точности размеров и шероховатости этих поверхностей (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Виды обработки поверхностей детали

Номер поверхности	Параметры детали		Технологические переходы		
	Точность	Шероховатость	Наименование перехода	Точность	Шероховатость
1	F8	0,32	Черновое точение Получистовое точение Чистовое точение	H14 H10 F8	6,3 3,2 0,32
2	H14	10	Черновое точение	H14	10
3	H14	10	Черновое точение	H14	10
4	H8	1,25	Черновое точение Получистовое точение Чистовое точение	H14 H10 H8	6,3 3,2 1,25
5	M16-7H		Сверление Нарезание резьбы	H12 7H	10
6			Точение		10
7	H14	6,3	Точение черновое Точение получистовое		10 6,3
8	H14	10	Точение черновое	H14	10
9	H14	10	Сверление	H14	10
10	H14	10	Зенкерование	H14	10
11	H14	10	Точение черновое	H14	10

На основании перечисленных переходов отдельных поверхностей составляем операции и определяем последовательность их выполнения.

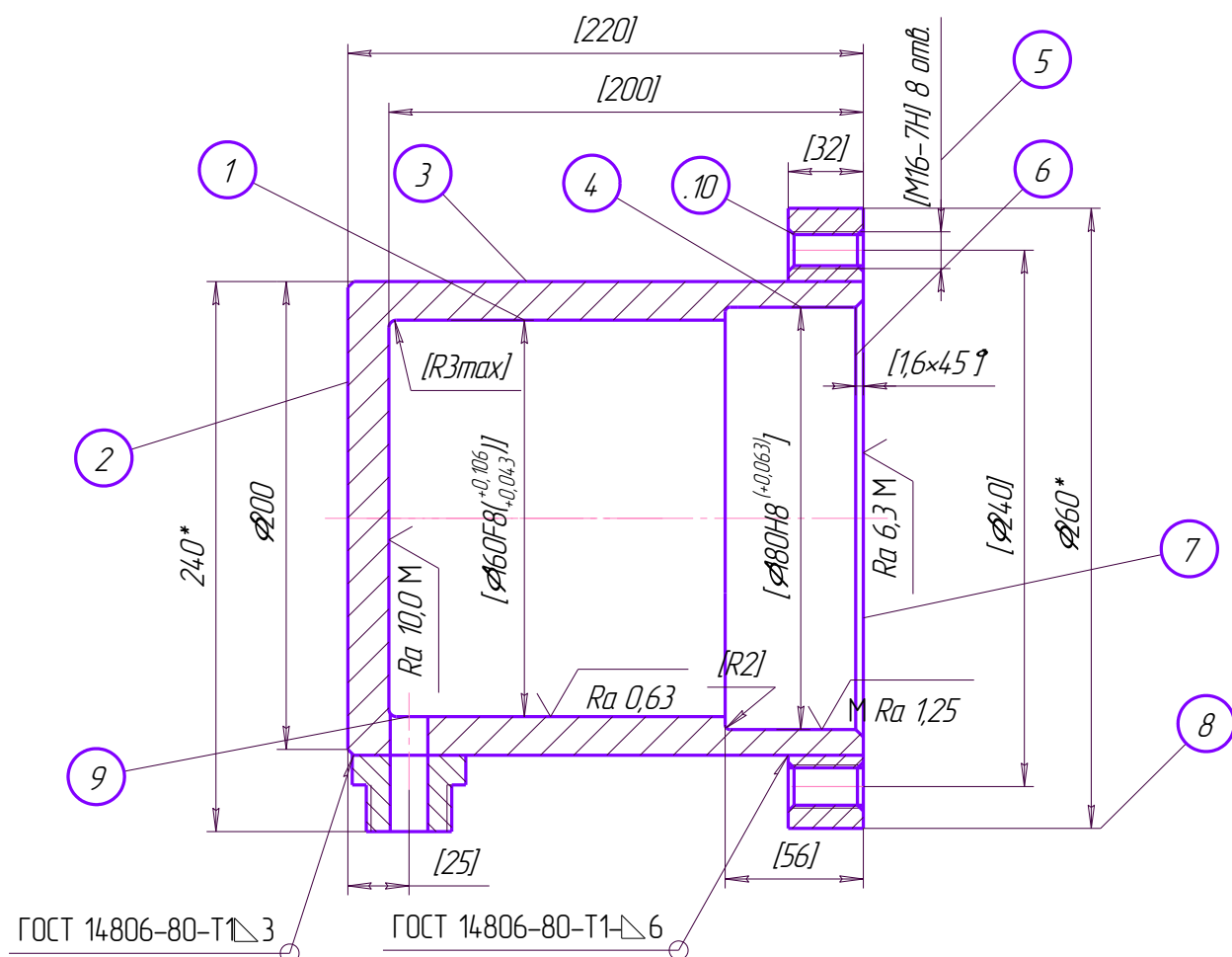


Рисунок 6.3 – Эскиз детали «Цилиндр» после сварки

Первой операцией обработки выбираем токарную.

Обработка заготовки начинается с обработки торцевой поверхности.

После этого производится предварительная обработка наружной поверхности детали. Эта операция производится в три перехода.

1. Точение торцевой поверхности 2.
2. Точить поверхность 1 начерно.
3. Точить фаску 10.

На втором установе производится подрезка торца и растачивание внутренней поверхности заготовки.

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

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Лист

99

1 Подрезка торца 7.

2 Расточка поверхности 1.

3 Расточка поверхности 4.

Далее производится сварка деталей в сборочную единицу со штуцерами и фланцем. Эта операция выполняется по технологическому процессу сварки

Следующей операцией является токарная получистовая.

Обработка сборочной единицы производится за три операции.

Сначала обрабатывается внутренняя поверхность со стороны крышки гидроцилиндра. Эта обработка производится за один установ и пять переходов.

1 Подрезать торец 7.

2 Расточить поверхность 1.

3 Расточить поверхность 4.

4 Точить поверхность 8.

5 Точить фаску 6.

Далее производится сверлильная операция. На этой операции за два перехода обрабатывается отверстие под штуцер диаметром 10 мм и 8 резьбовых отверстий М16-7Н Сверление отверстия под штуцер производится при установке детали в призмах. Обработка резьбовых отверстий выполняется в специальном приспособлении.

Установ А

1. Сверлить отверстие 9.

Установ Б

1. Сверлить 8 отверстий 5.

2. Зенкеровать фаску 10

3. Нарезать резьбу в отверстиях 5.

На следующей операции производится обработка внутренней поверхности, которая производится за один установ и два перехода.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

На первом переходе выполняется чистовая обработка внутренней поверхности гидроцилиндра. Далее выполняется обработка внутренней расточки под установку проходной крышки.

1) Расточить поверхность 1.

2) Расточить поверхность 4.

После механической обработки и в конце каждого перехода проводится контроль размеров.

Таким образом, окончательно маршрут обработки будет иметь вид:

005 Токарная.

010 Сварочная.

015 Токарная.

020 Сверлильная.

025 Токарная.

030 Контрольная.

Маршрутные карты помещены в приложении Б к дипломному проекту.

6.4 Разработка операционного технологического процесса

6.4.1 Выбор технологического оборудования

Выбор оборудования производится с учетом разработанного маршрута технологического процесса обработки детали.

Для токарной операции 005 применяем станок токарно-винторезный 1М63 со следующими параметрами:

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:

под станиной 630;

под суппортом 350;

Наименьшая длина обрабатываемой детали, мм 1120;

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

Шаг нарезаемой метрической резьбы, мм 0,5 – 112;

Частота вращения шпинделя, об/мин 320-2800;

Число скоростей шпинделя 22;

Подача суппорта, мм/об

продольная 0,064 – 1,025;

поперечная 0,026 – 0,387;

Мощность электродвигателя главного привода, кВт 13;

Габаритные размеры, мм

длина 1890 – 3795;

ширина 1690;

высота 1420.

На сверлильной операции принимаем радиально сверлильный станок 2М55 имеющий следующие характеристики.

Операция 015. Сверлильная выполняется на радиально-сверлильном станке 2М55 со следующими параметрами:

Наибольший условный диаметр сверления, мм 50;

Рабочая поверхность стола, мм 320x360;

Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм 650;

Частота вращения шпинделя, об/мин 180-2800;

Подача шпинделя 0;056-2,5

Мощность электродвигателя, кВт 5,5;

Габаритные размеры, мм:

длина 2665;

ширина 1020;

высота 3430.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

6.4.2 Выбор приспособлений

Предварительно выбор приспособлений осуществляли при разработке схем базирования. Для установки заготовки на токарных операциях применяем для точения поверхностей, а также подрезание торцов на токарно-винторезном станке токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон по ГОСТ 24351-80 [30].

Для сверлильной операции при обработке отверстия в качестве приспособления принимаем специальное приспособление, в котором установка заготовки производится в призмах и для направления сверла используются кондукторные втулки. При обработке резьбовых отверстий используем специальное приспособление на основе трехкулачкового патрона и накладной кондуктор.

6.4.3 Выбор режущего инструмента

Для обработки поверхностей детали в условиях серийного производства целесообразно применять стандартизованные и нормативные инструменты. Для заданных условий производства принимаем наиболее универсальный инструмент.

Кроме стандартного инструмента используется также и специальный инструмент: специальная расточная оправка и раскатка для окончательной обработки внутренней поверхности. Обработка внутренней поверхности гильзы методом раскатывания является достаточно прогрессивным методом, поскольку при раскатывании происходит смятие шероховатостей и улучшение твердости поверхностного слоя. Раскатка выполнена на основе роликов установленных в сепараторе, ролики опираются на упругий элемент, что дает возможность регулировать силу давления.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

6.4.4 Выбор измерительного инструмента

Тип и характеристики измерительных приборов и инструментов выбираем исходя из формы, точности размеров, технических требований к деталям.

Для измерения и контролирования размеров вала применяем штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80 [27]. Для контроля точности внутренней поверхности используем нутромер микрометрический.

6.4.5 Расчет режимов резания

Определяем скорость резания для черновой токарной обработки по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (6.1)$$

где $C_v=35,0$; $x=0,15$; $y=0,35$; $m=0,2$;

T – период стойкости инструмента, $T=60$ мин.;

S – подача резца, $S=0,4$ мм/об.;

t – глубина резания за проход, $t=2,5$ мм;

K_v – коэффициент, учитывающий свойства материала резца:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv} = 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,75;$$

где

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{G_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{1,75} = 1,0;$$

$K_{\Gamma}=1,0$;

$n_v=1,75$;

$G_B=570$ МПа;

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{nv}=0,75;$$

$$K_{uv}=1,0;$$

$$V = \frac{350 \cdot 0,75}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 90 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения заготовки

$$\frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 200} = 150 \text{ об/мин,}$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемой заготовки.

По паспорту станка принимаем частоту вращения шпинделя $n = 500$ об/мин.

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (6.2)$$

где: $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;

K_p – коэффициент силы, зависящий от свойств материала резца:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} = 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,9,$$

где $K_{mp} = 0,82$; $K_{fp} = 1,08$; $K_{gp} = 1,0$; $K_{lp} = 1,0$; $K_{rp} = 0,87$.

Тогда

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 90^{-0,15} \cdot 0,9 = 767 \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N = P_z \cdot V, \quad (6.3)$$

$$N = 767 \cdot \frac{90}{60} = 1150 \text{ Вт} \quad 1,15 \text{ кВт.}$$

Аналогично определяем режимы для чистового точения.

Коэффициенты в формуле (6.1) будут иметь следующие значения:

$$C_v = 320; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2;$$

T – период стойкости инструмента, $T = 60$ мин.;

S – подача резца, $S = 0,1$ мм/об. (по таблице 4.14 /2/);

t – глубина резания, $t = 0,5$ мм.

$$V = \frac{320 \cdot 1,62}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35}} = 143 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения заготовки

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 143}{\pi \cdot 200} = 250 \text{ об/мин.}$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 143^0 \cdot 0,9 = 355 \text{ Н.}$$

Мощность резания

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{355 \cdot 143}{60} = 846 \text{ Вт (0.86 кВт).}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сверлильная операция

Сверлить сквозное отверстие 9. Сверление выполняется спиральным сверлом диаметром $\varnothing 10$ из быстрорежущей стали Р6М5.

Скорость резания при сверлении определится из формулы

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (6.4)$$

где значения всех коэффициентов выбираются из таблиц: $C_v = 7,0$; $g = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$:

s – подача, принимаем $s = 0,3$ мм/об;

D – диаметр сверла, $D = 16$ мм;

T – период стойкости сверла, $T = 45$ мм.

Скорость резания при предварительном сверлении

$$V = \frac{7,0 \cdot 16^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,7}} = 17,44 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения сверла

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,44}{\pi \cdot 16} = 338 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n = 320$ об/мин.

При этом скорость резания составит 16,5 м/мин.

Крутящий момент при сверлении рассчитывают по формуле

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^g \cdot s^y \cdot K_P, \quad (6.5)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где коэффициенты и показатели степеней выбираем по таблицам: $C_M = 0,0345$;
 $g = 2,0$; $y = 0,8$.

C_P – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки. $C_P = 0,91$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,91 = 28,8 \text{ Нм.}$$

Мощность резания определится из формулы

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{28,8 \cdot 800}{9750} = 1,22 \text{ кВт.} \quad (6.6)$$

Нормирование технологического процесса

В курсовом проекте устанавливаются нормы времени. Технически обоснованные нормы времени на операцию рассчитывают, исходя из оптимальных режимов резания и полного использования технологических возможностей станков и приспособлений.

В единичном и серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени

$$t_{ш-к} = t_{ш} + t_{пз} / n, \quad (6.7)$$

где $t_{ш}$ – штучное время, мин.;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время (только для серийного производства), мин.;

n – количество заготовок в партии.

Штучное время

$$t_{ш} = t_{оп} + t_{обсл} + t_{отд}, \quad (6.8)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где t_{OP} – оперативное время, мин.;

$t_{OБCЛ}$ – время обслуживания рабочего места, мин.;

$t_{OТД}$ – время отдыха (принимается за смену около 2% ее продолжительности, для одной детали можно принимать 5% от t_{OP}), мин.

Оперативное время

$$t_{OP} = t_O + t_B, \quad (6.9)$$

где t_O – основное время, мин.;

t_B – вспомогательное время, мин.

Вспомогательное время на каждый переход принимаем ориентировочно в пределах 2-5 мин. в зависимости от сложности выполняемой операции. Для примера определим нормы времени на токарной операции.

Токарная (черновая)

Операция состоит из двух переходов

На переходе А выполняются следующие переходы:

1. Точение торцевой поверхности 2.
2. Точить поверхность 1 начерно.
3. Точить фаску 10.

На переходе Б:

- 1 Подрезка торца 7.
- 2 Расточка поверхности 1.
- 3 Расточка поверхности 4.

Основное время рассчитывается по режимам обработки

$$t_o = \frac{li}{nS_o} \text{ мин}, \quad (6.10)$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

где l - расчетная длина рабочего хода инструмента, мм;

i – количество проходов.

Для первого перехода

$$t_0 = \frac{100 \cdot 1}{150 \cdot 0,4} = 1,66 \text{ мин.}$$

Для второго перехода

$$t_0 = \frac{200 \cdot 1}{150 \cdot 0,4} = 3,32 \text{ мин.}$$

Для третьего перехода – точения фаски

$$t_0 = \frac{2,5 \cdot 1}{150 \cdot 0,25} = 0,06 \text{ мин.}$$

На втором установе основное время будет:

Первый переход

$$t_0 = \frac{20 \cdot 1}{150 \cdot 0,4} = 0,332 \text{ мин.}$$

Второй переход

$$t_0 = \frac{200 \cdot 1}{150 \cdot 0,4} = 3,32 \text{ мин.}$$

Третий переход – растачивание поверхности 4

$$t_0 = \frac{56 \cdot 1}{150 \cdot 0,4} = 0,93 \text{ мин.}$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Суммарное основное время по операции 05

$$T_0=1,66+3,32+0,06+0,332+3,2+0,93=9,3 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на каждый переход принимаем ориентировочно 0,8 мин.

$$T_{\text{вс}}=4,8 \text{ мин.}$$

Таким образом, общее оперативное время составит

$$T_{\text{оп}}=9,3+4,8=14,1 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на всю операцию составит для токарного станка ориентировочно

$$T_{\text{пз}}=14 \text{ мин.}$$

Общее время отдыха составит

$$t_{\text{отд}}=0,05 \cdot t_{\text{оп}}=0,05 \cdot 14,1=0,705 \text{ мин.}$$

Время обслуживания рабочего места принимаем 5 мин.

Таким образом, для партии обрабатываемых деталей – 2 шт. штучно-калькуляционное время на операцию токарную черновую составит:

$$T_{\text{шк}}=(T_{\text{пз}}/N)+T_{\text{оп}}+t_{\text{от}}+t_{\text{тех}}+t_{\text{орг}}, \quad (6.11)$$

$$T_{\text{шк}}=14/2+14,1+0,705+5+5=31,8 \text{ мин.}$$

Для остальных операций нормирование проводим аналогично.

Выводы по разделу

Выполнена разработка технологии производства детали «Цилиндр» для модернизированного оборудования. Выбрана последовательность и режимы выполнения операций для изготовления детали с необходимой точностью. Время, на выполнение токарной черновой операции составило 31,8 минуты.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

7 ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

7.1 Организационный раздел

Для характеристики работ, которые предстоит выполнить, необходимо использовать модели проектов или разработок, которые полностью отражают взаимосвязи выполняемых работ. Для этого чаще всего используют традиционные простейшие модели план-графиков Ганнта, с помощью которых можно отразить календарные сроки выполняемой работы, от начала до окончания каждого вида работы а так же длительность выполнения всего комплекса работ.

При составлении ленточных графиков используют заданный срок выполнения всего комплекса работ, а не расчетный. С помощью данного план-графика Ганнта руководители подразделений могут составлять указания и задания работникам ориентируясь на сроках проведения работ. Данный план-график Ганнта мы будем использовать для обеспечения организованной работы по написанию выпускной квалификационной работы и обозначим рамки для своевременного выполнения.

На план-графике Ганнта отрезками изображается весь цикл работ по выпускной квалификационной работе. Данные виды работ могут выполняться параллельно и последовательно.

Данные, полученные в результате построения графика Ганнта (ожидаемая продолжительность работы, категории числа исполнителей), будут использованы на экономическом этапе для расчета капитальных затрат.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

7.2 Экономический раздел

7.2.1 Сметы затрат выпускной квалификационной работы

Для подготовки сметы расходов необходимо рассчитать расширенную смету расходов по проекту (сметная стоимость) $C_{см}$, которая может быть представлена в виде суммы следующих типовых статей затрат:

$$C_{см} = C_{м} + C_{з.п.осн} + C_{з.п.доп} + C_{в.н.} + C_{накл.} \quad (7.1)$$

где $C_{м}$ – прямые материальные затраты;

$C_{з.п.осн.}$ – затраты по основной заработной плате исполнителей;

$C_{з.п.доп.}$ – затраты по дополнительной заработной плате исполнителей;

$C_{е.н.}$ – отчисления по единому социальному налогу;

$C_{накл}$ – накладные (общехозяйственные налоги).

В составе прямых материальных затрат $C_{м}$ учитываются затраты на потребляемые ресурсы – расходные материалы, которые представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Затраты на материалы

Наименование	Стоимость, руб.
Ноутбук для работы с программами	30000
Лицензия КОМПАС 3D Для частного использования	1500
Лицензия Microsoft Office	2500
Услуги печати	1000

Величина затрат $C_{м}$ рассчитывается по формуле:

$$C_M = k_T \sum_1^m C_i N_{\text{расх}}, \quad (7.2)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно–заготовительные расходы;
 C_i – цена приобретения единицы i –го вида ресурсов, руб./ шт.;
 $N_{\text{расх}}$ – количество материальных ресурсов i –го вида.

$$C_M = 1,2(30000 + 1500 + 2500 + 1000) = 42000 \text{ руб.}$$

Затраты на базовую заработную плату исполнителей проекта $C_{з.п.осн}$. Мы планируем с учетом продолжительности проекта и его отдельных этапов степень занятости исполнителей (по некоторым категориям – объем работы), используя данные о ставках оплаты их труда. Мы проведем расчет базовой заработной платы по отдельным работам (исполнителям).

Основной заработной платой $C_{з.п.осн}$ является заработная плата всего научного и производственного персонала, непосредственно вовлеченного в развитие темы. Для определения стоимости базовой заработной платы используют данные о сложности отдельных этапов. Чтобы рассчитать базовую заработную плату исследователей, инженеров и сотрудников, мы предварительно определяем их среднюю дневную заработную плату:

$$L_{\text{ср.д.}} = \frac{L_0}{F}, \quad (7.3)$$

где $L_{\text{ср.д.}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;
 L_0 – оклад за месяц, руб.;
 F – месячный фонд времени (рабочие дни).

Определим среднедневной заработок консультанта:

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$L_{\text{ср.д}} = \frac{30000}{22} = 1363.$$

Определим среднедневной заработок инженера:

$$L_{\text{ср.д}} = \frac{25000}{22} = 1136.$$

Определим среднедневной заработок руководителя проекта:

$$L_{\text{ср.д}} = \frac{30000}{22} = 1363.$$

Тогда заработная плата за выполнение определенного этапа проекта определим по формуле:

$$L = L_{\text{ср.д}} \cdot t, \quad (7.4)$$

где L – заработная плата за выполнение определенного этапа НИОКР;

$L_{\text{ср.д}}$ среднедневная заработная плата исполнителя;

t – трудоемкость работы, чел.- дни.

Определим заработную плату консультанта:

$$L = 1363 \cdot 5 = 6815.$$

Определим заработок инженера:

$$L = 1136 \cdot 62 = 71114.$$

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

Определим заработок руководителя проекта:

$$L = 1363 \cdot 45 = 61920.$$

Заработная плата работников производится на основе тарифной системы. Сначала мы устанавливаем общий объем работ по видам: сборка, монтаж, ввод в эксплуатацию и т.д., в нормо-час. Затем для каждого вида работ мы определяем среднюю разрядку и на ее основе среднюю стоимость одного нормо-часа. Общая заработная плата работников по видам работ определяется по формуле:

$$L = \sum_1^n I_{\text{ср.}i} t_i, \quad (7.5)$$

где L — заработная плата рабочих по всем видам работ, руб.;

n — количество видов работы;

$I_{\text{ср.}i}$ — средняя стоимость одного нормо-часа i -го вида работ, руб./нормо-час;

t_i — трудоемкость i -го вида работ, нормо-час.

$$L = \sum_1^3 135 \cdot 1.6 = 648 \text{ руб. / нормо-час.}$$

Расчет основной заработной платы работников сводится в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Ведомость основной заработной платы

№ этапа	Категория персонала	Численность исполнителей	Кол-во чел.-дней	Средняя зарплата в день, руб.	Сумма основной заработной платы, руб.
1	Инженер	1	2	1136	2292
2	Инженер	1	5	1136	5680
3	Руководитель	1	10	1363	13630
	Инженер	1	10	1136	11630
4	Руководитель	1	15	1363	20640
	Инженер	1	15	1136	17205

Окончание таблицы 7.2

5	Консультант по экономической части	1	5	1363	6815
	Инженер	1	5	1136	5680
6	Консультант БЖД	1	5	1363	6815
	Инженер	1	5	1136	5680
7	Руководитель	1	20	1363	27512
	Инженер	1	20	1136	22944
Итого: 146794 руб					

Дополнительную заработную плату исполнителей проекта $C_{з.п.доп}$ принимаем с учетом величины предусмотренных ТК РФ доплат за отклонения от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Затраты по дополнительной заработной плате персонала проекта:

$$C_{зп доп} = C_{зпоос} \cdot \alpha \quad (7.6)$$

$$C_{зп доп} = 146794 \cdot 0,13 = 19083 \text{ руб.}$$

Отчисления на единый социальный налог $C_{Е.Н}$ учитывать взносы организации в государственные внебюджетные фонды (Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Фонд обязательного медицинского страхования Российской Федерации). Ставки взносов устанавливаются Налоговым кодексом Российской Федерации, их величина дифференцируется в зависимости от заработной платы персонала организации. При обосновании расчетной стоимости темы работы стоимость $C_{Е.Н}$ определяется по формуле:

$$C_{ЕН} = (C_{зпоос} + C_{зпдоп})k_c, \quad (7.7)$$

где k_c – коэффициент, соответствующий ставке единого социального налога.

$$C_{EH} = (146794 + 19083) \cdot 0,30 = 49763 \text{ руб.}$$

Накладные (общехозяйственные) расходы $C_{\text{накл}}$ учитывают затраты организации на зарплату управленческого персонала и персонала функциональных служб, на содержание и ремонт зданий и сооружений организации, иные расходы. Величину $C_{\text{накл}}$ определим:

$$C_{\text{накл}} = C_{\text{ЗПООС}} k_n, \quad (7.8)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$C_{\text{накл.}} = 146794 \cdot 0,5 = 73397 \text{ руб.}$$

Теперь по формуле (5.1) рассчитаем смету затрат на выполнение проекта:

$$C_{\text{см}} = 42000 + 146794 + 73397 + 49763 + 19083 \text{ руб.}$$

Все полученные данные расчетов сведем в ведомость затрат этапов проекта, таблица 7.3.

Таблица 7.3 – Ведомость затрат этапов проекта

Статьи затрат	Базовая сметная стоимость, руб.	Удельный вес элементов затрат в сметной стоимости, %	Плановая сметная стоимость, руб.
Материалы	42000	12,7	42000
Основная заработная плата	146000	44,3	146794

Окончание таблицы 7.3

Дополнительная заработная плата	19000	5,7	19083
Социальные отчисления	49000	14,8	49763
Прочие накладные расходы	73000	22,1	73397
Всего по теме	329000	100	331037

7.2.2 Оценка коммерческой состоятельности ВКР

Экономический эффект от новой техники может быть рассчитан от снижения ее себестоимости, от изменения расходов на ее эксплуатацию, от увеличения срока службы и др.

В общем случае капитальные вложения (инвестиции) в строительство и организацию работ ($K_{\text{СУМ.}}$) по выпуску новой продукции включает в себя:

$$K_{\text{СУМ.}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{сопр}} + K_{\text{НИОКР}}, \quad (7.9)$$

где $K_{\text{пр}}$ – прямые капитальные вложения, руб.;

$K_{\text{об}}$ – минимально необходимые оборотные средства;

$K_{\text{сопр}}$ – сопряженные капитальные вложения, руб.;

$K_{\text{НИОКР}}$ – капитальные вложения в НИОКР.

В выпускном квалификационном проекте рассматриваются реальные инвестиции, при этом учитываются только прямые капитальные вложения:

$$K_{\text{пр}} = (0,5...0,9)C_{\text{пол}} \cdot A_{\Gamma}, \quad (7.10)$$

где $C_{\text{пол}}$ – полная себестоимость;

A_{Γ} – программа выпуска продукции, которая равна 10 шт.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Найдем полную себестоимость выдвижной телескопической стрелы $C_{пол}$, методом удельных показателей:

$$C_{пол} = (0,27 + \frac{0,67}{\sqrt{A_{\Gamma}}})G, \quad (7.11)$$

где G – масса автомобиля.

$$C_{пол} = \left(0,27 + \frac{0,67}{\sqrt{10}}\right) \cdot 675000 = 325.264 \text{ руб.}$$

Найдем прямые капитальные вложения по формуле (5.10):

$$K_{пр} = 0,6 \cdot 14483650718 \cdot 10 = 1.951.584 \text{ руб.}$$

Расчёт оптовой цены (5.11):

$$C_{опт} = C_{п} + П, \quad (7.12)$$

где $C_{пол}$ – полная себестоимость;
 $П$ – прибыль от продаж.

Найдём прибыль от продаж (5.12):

$$П = C_{п} \cdot \frac{K_{прб}}{100\%}, \quad (7.13)$$

где $K_{прб}$ – уровень рентабельности (принимается равным 25%).

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Pi = 325.264 \cdot 0.25 = 81.316 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{опт}} = 325.264 + 81.316 = 406.580 \text{ руб.}$$

Расчёт отпускной цены по формуле(5.13):

$$C_{\text{отп}} = \Pi + C_{\text{п}} + H, \quad (7.14)$$

где H – налог.

Найдём налог (5.14):

$$H = C_{\text{опт}} \cdot \frac{20\%}{100\%}, \quad (7.15)$$

$$H = 406.580 \cdot 0,2 = 81.316 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{отп}} = 81.316 + 325.264 + 81.316 = 487.896 \text{ руб.}$$

Рассчитаем период окупаемости проекта, то есть минимальный временной интервал (от начала осуществления инвестиционного проекта), за пределами которого суммарный эффект становится равным нулю и остается в дальнейшем положительным.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{сум}}}{\Pi_{\text{п}}}, \quad (7.16)$$

где $T_{\text{ок}}$ – период окупаемости;

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{\text{сум}}$ – ежегодные капитальные вложения;

Π_p – проектная прибыль.

$$\Pi_p = \Pi_6 \cdot k_{\text{н.п.}}, \quad (7.17)$$

где Π_6 – балансовая (общая) прибыль;

$k_{\text{н.п}}$ – коэффициент, учитывающий налог на прибыль, $k_{\text{н.п}} = 0,76$.

Балансовая (общая) прибыль от реализации продукции определяется как разность отпускной цены изделия ($C_{\text{отп}}$) и плановой ее полной себестоимости ($C_{\text{пол}}$) с учетом годовой программы выпуска

$$\Pi_6 = (C_{\text{отп}} - C_{\text{пол}}) A_r, \quad (7.18)$$

$$\Pi_6 = (487.896 - 325.264) \cdot 10 = 1.626.320 \text{ руб,}$$

$$\Pi_p = 1.626.320 \cdot 0,76 = 1.236.003 \text{ руб,}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1.951.584}{1.236.003} = 1,57 \text{ л.}$$

Графической иллюстрацией срока окупаемости проекта является график денежных потоков рисунок 7.2.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

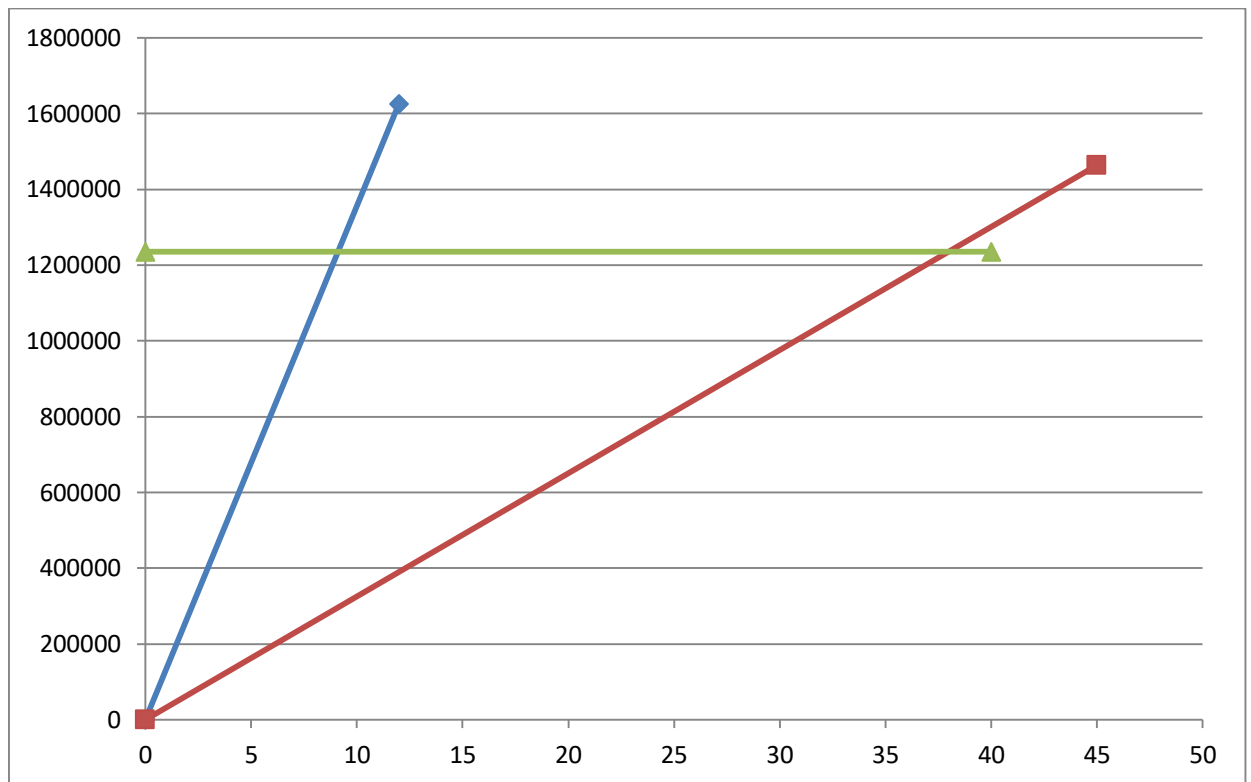


Рисунок 7.2 – График денежных потоков

Точка безубыточности проекта показывает критический объем производства ($A_{кр}$), при котором прибыль становится нулевой, так как выручка от реализации совпадает с издержками производства. Определим точку безубыточности проекта по формуле:

$$A_{кр} = \frac{B}{C_{отп.} - a}, \quad (7.19)$$

где B – условно–постоянные издержки на весь выпуск, руб./год;

$C_{отп.}$ – отпускная цена предприятия, руб./шт.;

a – условно-переменные издержки на единицу продукции, руб./шт.

В расчетах принимаются значения условно-постоянных издержек, как 70% полной себестоимости, а значения условно переменных издержек – 30% от полной себестоимости.

$$A_{кр} = \frac{227.264}{487.896 - 97.579} = 0,582 \frac{\text{шт}}{\text{год}}$$

Графически «точка безубыточности» рассчитываются по формулам, учитывающим зависимость объемов реализации (V_p) и общих издержек от объемов выпуска и реализации (C):

$$V_p = \Pi_{отп} A_r, \quad (7.20)$$

$$C = a A_r + B, \quad (7.21)$$

$$V_p = 487.896 \cdot 10 = 4.878.960 \text{ руб/год},$$

$$C = 97.579 \cdot 10 + 227.264 = 1.203.054 \text{ руб/год}.$$

Графической иллюстрацией определения точки безубыточности служит рисунок 7.3.

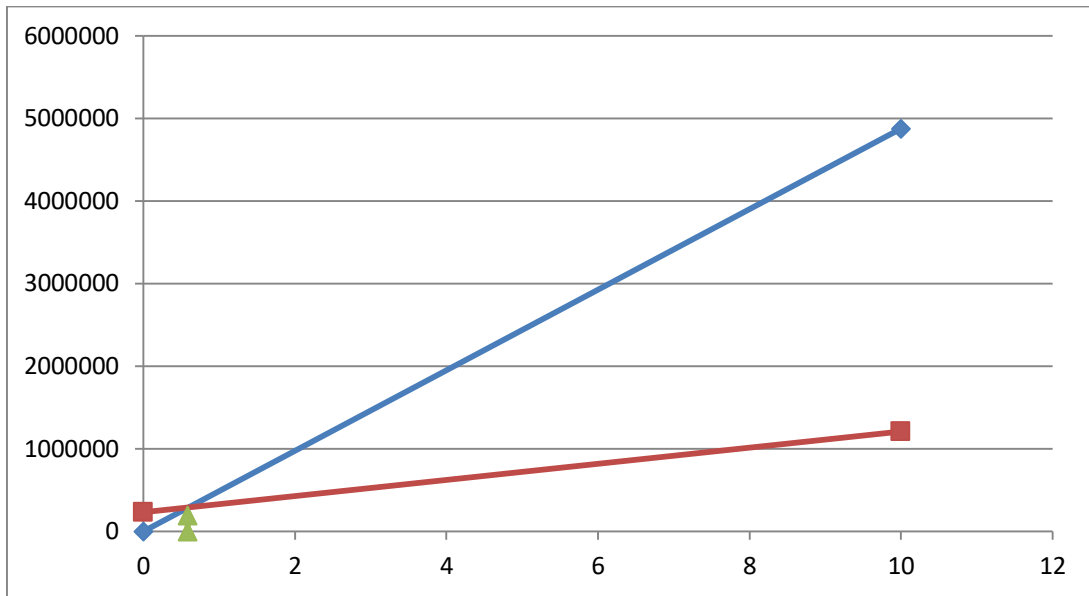


Рисунок 7.3 – График точки безубыточности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ

Таблица 7.4 – Техничко-экономические показатели инвестиционного проекта

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Годовая программа	шт.	10
Полная себестоимость	тыс.руб.	325
Оптовая цена	тыс.руб.	406
Прибыль	тыс.руб./год	81
Инвестиции	тыс.руб.	1.951
Срок окупаемости	год	1,57
Точка безубыточности	шт.	1

Выводы по разделу.

В организационно-экономическом разделе представлена оценка рынка сбыта данного изделия. Рассчитана себестоимость изделия в размере 325 000 рублей. Дана оценка коммерческой состоятельности и эффективности инвестиций. Срок окупаемости вложений составляет 1,57 года. Построены графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков. Основные технико-экономические показатели инвестиционного проекта приведены в таблице 7.4.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Введение

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – система знаний, обеспечивающая безопасность обитания человека в производственной и непроизводственной среде, и развитие деятельности по обеспечению безопасности в перспективе с учетом антропогенного влияния на среду обитания. В условиях научно–технического прогресса, быстро растущего производства, внедрения новой техники и технологий, роста роли человека на производстве и социальной значимости безопасных и здоровых условий труда, проблема безопасности жизнедеятельности приобретает особую актуальность. Конституция Российской Федерации, в качестве одного из основных прав граждан, закрепила право на охрану здоровья статья 41. Естественным следствием этого является и право работника на здоровье и безопасные условия труда, которые также в качестве отдельного принципа и в форме субъективного права закреплены в статье 37 Конституции.

Согласно трудовому кодексу (статья 211) требования охраны труда обязательны для исполнения юридическими и физическими лицами при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов, конструировании машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда. Устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Автомобильный транспорт играет ведущую роль в перевозках пассажиров (обеспечивает около 80% мирового пассажирооборота), а также грузов на короткие и средние расстояния (занимает первое место по объему перевезенных грузов), имеет следующие достоинства: манёвренность и мобильность; доставка грузов и пассажиров «от двери до двери»; автономность движения транспортного средства; высокая скорость доставки; широкая сфера применения по территориальному

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

признаку, видам грузов и системам сообщения; более короткий путь следования по сравнению с естественными путями водного транспорта.

Однако, при эксплуатации автомобильного транспорта возникает необходимость в его ремонте и обслуживании. Данные операции могут представлять собой как простые действия, не требующие сборки и разборки узлов и агрегатов, например, замена технологических жидкости (масло, охлаждающая жидкость, тормозная), так и наоборот требующие больших трудозатрат, связанных с выполнением ремонтных работ, так, например, при выходе из строя подшипника первичного вала коробки переключения передач, для его замены, необходимо снять данный агрегат и практически полностью разобрать. На предприятиях для ремонта и обслуживания автомобильного транспорта создают ремонтные цеха, в которых рабочие производят все необходимые работы с транспортными средствами. Ремонтные цеха являются производственными помещениями – замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

При разработке проектов ремонтных цехов, участков должны учитываться передовые методы ремонта, применение прогрессивного технологического оборудования, рациональное использование производственных площадей, экономия материальных и энергетических ресурсов, технически возможное снижение загрязнений окружающей среды.

При проектировании ремонтно–механических цехов, участков следует руководствоваться действующими СНиП, ГОСТами, правилами техники безопасности, санитарными правилами, «Типовой системой технического обслуживания и ремонта металло– и деревообрабатывающего оборудования» (Машиностроение, Москва 1988 г.) и другими нормативными документами.

Ремонтно–механические цеха предназначены для выполнения следующих работ: изготовление запасных частей, узлов и сменных деталей для установленного в цехах оборудования и средств механизации и автоматизации; выполнение

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		128

капитальных и средних ремонтов оборудования; выполнение текущих ремонтов, осмотров и технического диагностирования состояния отдельных узлов и систем оборудования; выполнение работ по модернизации оборудования.

Основным оборудованием, применяемым при производстве деталей, входящих в состав трансмиссии, и при её сборке являются металлорежущие станки, гальванические ванны для нанесения электродиффузионных покрытий, муфельные печи и печи для закалки токами высокой частоты, инструмент с электрическим и пневматическим приводом, ручной инструмент.

Данное оборудование может стать причиной травмирования работников при несоблюдении правил техники безопасности, неумелом обращении или неисправности оборудования.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003–2015 [16] «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» исходя из природы действия факторов, можно выделить следующие группы ОВПФ: физические, химические, психофизиологические.

К физическим ОВПФ, возникающим на рабочем месте относятся:

а) движущиеся предметы, механизмы или машины, а также неподвижные их элементы на рабочем месте (при механическом воздействии).

б) электрический ток. Источником поражения могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденные электродвигатели, открытые коммутаторы, не заземленное оборудование и др.

в) агрессивные и ядовитые химические вещества, применяемые в гальванических ваннах для нанесения антикоррозионных покрытий.

г) нагретые элементы оборудования, другие теплоносители (при термическом воздействии).

д) повреждения, полученные при падениях.

На этапе эксплуатации возникают следующие ОВПФ:

а) наличие вращающихся частей трансмиссии с частотой вращения до 2300 об/мин;

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		129

- б) нагрев тормозных дисков;
- в) наличие в картере гидроцилиндра;
- г) шум.

К химическим ОВПФ, возникающим на рабочем месте относятся:

- а) выделение паров нефтепродуктов, паров веществ, применяемых для нанесения электродиффузионных покрытий;
- б) воздействие горюче–смазочных материалов.

К психофизиологическим ОВПФ, возникающим на рабочем месте относятся:

- а) физические перегрузки: ограниченная подвижность во время работы, неправильная рабочая поза;
- б) нервно–психические перегрузки: умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов.

Возможными аварийными ситуациями являются: замыкание токонесущей части оборудования на его корпус или тело человека, освобождение заготовок от закрепления во время их обработки, самопроизвольный пуск оборудования, падение элементов оборудования, заготовок или инструмента, разлив технических жидкостей.

Длительное нахождение человека в зоне комбинированного влияния различных неблагоприятных факторов может привести к возникновению различных заболеваний. Для снижения вредного воздействия неблагоприятных факторов на организм человека осуществляют нормирование опасных и вредных производственных факторов.

8.2 Нормирование опасных и вредных производственных факторов

8.2.1 Микроклимат производственных помещений

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Под микроклиматом производственных помещений понимают метеорологические условия внутренней среды этих помещений.

Параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Параметры микроклимата меняются с изменением внешних природных условий.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Микроклиматические условия в производственных помещениях регламентируются СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [17].

Работа операторов станков и сборщиков относится к категории Пб (работы с интенсивностью энерготрат 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением). Так, в холодный период года температура воздуха в помещении должна находиться в пределах 17... 19 С, относительная влажность – в

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

пределах 40...60 %, скорость перемещения воздушных масс должна составлять около 0,2 м/с. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 6.1., в таблицах 6.2.,6.3., приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Таблица 8.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб(233–290)	17–19	16–20	60–40	0,2
Теплый		19–21	18–22	60–40	0,3

Таблица 8.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений часть 1

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Пб (233–290)	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0
Теплый		16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0

Таблица 8.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений часть 2

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб (233–290)	15–75	0,2	0,4
Теплый		15–75	0,2	0,5

Для поддержания температуры воздуха в указанных пределах необходима система центрального водяного отопления. Требования к системам отопления устанавливаются СНиП 41–01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и ВСН 01–89 [18].

Для контроля за состоянием микроклимата в производственной зоне используются термометры и измерители влажности.

8.2.2 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Чтобы запыленность воздуха и концентрация в нем вредных компонентов не превышали предельно допустимых концентраций, в производственных помещениях должна быть предусмотрена естественная и принудительная вентиляция. Требования к вентиляционным системам устанавливает ГОСТ 32548–2013 Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. [19]

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется ГН2.2.5.2308–07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны. [20]

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоне приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.4 – ПДК вредных веществ в воздухе производственной зоны

Вещество	ПДК, мг/м ³
Нефтепродукты	300
Окись углерода	20
Окислы азота	2,0
Окислы серы	10
Свинец	0,01
Бензапирен	0,00015
Вещество	ПДК, мг/м ³
Акролеин	0,7
Формальдегид	0,5

Для удаления вредных загрязняющих веществ из производственных помещений, а также для удаления паров легкоиспаряющихся жидкостей целесообразно устроить принудительную приточно–вытяжную вентиляцию, исключающую образование взрывоопасных концентраций смесей паров с воздухом. Во избежание выдавливания приточным воздухом загрязняющих веществ и легковоспламеняющихся паров топлива в смежные помещения производительность вытяжной вентиляции должна быть выше приточной для обеспечения некоторого разрежения в вентилируемом помещении.

8.2.3 Требования к производственному освещению

8.2.3.1 Общие положения

Организация рационального освещения рабочих мест является одним из основных вопросов охраны труда. Работа операторов станков относится к работе средней точности. Однако при неудовлетворительном освещении зрительная способность глаза снижается, и могут появиться резь в глазах, головные боли, развивается близорукость.

Освещение производственных помещений регламентируется СП 52.13330.2016. Настоящий свод правил распространяется на проектирование зданий и сооружений различного назначения, места производства работ вне зданий, площадки промышленных и сельскохозяйственных предприятий, железнодорожные пути площадок предприятий, наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов, автотранспортных тоннелей.

В данном своде правил для помещений нормируется средняя освещенность на условной рабочей поверхности для любых источников света, кроме оговоренных случаев. Нормируемые значения яркости дорожных покрытий в настоящих нормах приводятся для любых источников света.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Нормированные значения яркости поверхности, кд/м² Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1), отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 3; 5; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 30; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 400; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 2500.

Требования к освещению помещений принимаем по таблице, размещенной на плакате по безопасности жизнедеятельности.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		135

8.2.3.2 Искусственное освещение

Для общего искусственного освещения помещений следует использовать, как правило, разрядные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком службы.

Искусственное освещение может быть двух систем – общее освещение и комбинированное освещение.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения, кроме разрядных источников света, следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при разрядных лампах, не менее 75 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность от общего освещения в системе комбинированного более

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		136

500 лк при разрядных лампах и более 150 лк при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не более 25% нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения.

Местное освещение зрительных работ с трехмерными объектами различения следует выполнять:

при диффузном отражении фона – светильником, отношение наибольшего линейного размера светящей поверхности которого к высоте расположения ее над рабочей поверхностью составляет не более 0,4 при направлении оптической оси в центре рабочей поверхности под углом не менее 30° к вертикали;

при направленно–рассеянном и смешанном отражении фона – светильником, отношение наименьшего линейного размера светящей поверхности которого к высоте расположения ее над рабочей поверхностью составляет не менее 0,5, а ее яркость – от 2500 до 4000 кд/м.

8.2.4 Уровень шума в производственных помещениях

Регламентирующие документы: ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» [22]; СП 51.13330.2011 [23] «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23–03–2003».

В производственных помещениях уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных в соответствии с действующими санитарно–эпидемиологическими нормативами.

Шум вредно действует на организм и снижает производительность труда. В зависимости от уровня и спектра шума воздействие его на организм человека

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		137

различно: нормой является шум с уровнем 50 дБ, а шум с уровнем 80 дБ затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности и мешает нормальному отдыху; шум с уровнем 100–120 дБ на низких частотах и 80–90 дБ на средних и высоких частотах может вызывать необратимые изменения и привести к понижению слуха, а в дальнейшем к развитию тугоухости, шум с уровнем 120–140 дБ способен вызвать механическое повреждение органов слуха.

Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие, ослабляется внимание, ухудшается память. Все это приводит к значительному снижению производительности труда, увеличению количества ошибок в работе. Поэтому предполагаются меры по защите работающих от вредного влияния шума.

Шум в производственных помещениях регламентирован ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности» [22].

Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах представлены в таблице 6.9.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						138
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8.6 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Категория напряженности трудоового процесса	Категория тяжести трудоового процесса
	Средняя физическая нагрузка
Напряженность легкой степени	80

8.2.5 Правила устройства электропроводки в производственных помещениях

Для электропитания всех устройств нужно трехфазное напряжение. Для обеспечения безопасности работающих людей, необходим контур заземления, к которому подключается все электрооборудование. Кроме этого на каждом рабочем месте нужны розетки, для подключения электроинструментов и переносных светильников, рассчитанных на пониженное напряжение.

Электрика в пожароопасных зонах монтируется во взрывозащищенном исполнении.

ПУЭ. Глава 2.1 Электропроводка.

8.2.6 Правила пожарной безопасности в производственных помещениях

Сооружение–цех по обслуживанию автомобилей. Площадь 400м². Категория помещения по пожарной безопасности В1–В4 .(Нормы пожарной безопасности НПБ 105–03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314)

Таблица 8.7 – Категории пожароопасности.

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа

Окончание таблицы 8.7.

<p>Б взрывопожароопасная</p>	<p>Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа</p>
<p>В1 – В4 пожароопасные</p>	<p>Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б</p>
<p>Г</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива</p>
<p>Д</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии</p>

Федеральный закон от 22.07.2008 N 123–ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018) – ст.27.

Класс пожара А (горение твердых), В (горение жидких), Е (горение электрооборудования). Федеральный закон от 22.07.2008 N 123–ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018) раздел 1 глава 2 статья 8. Согласно категории помещения, его площади и класса пожара определяем первичные средства пожаротушения к ним относятся огнетушители, определим их Вид, объем и количество.

Таблица 8.8 – Количество огнетушителей для помещения.

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности	Пределъная защищаемая площадь (кв. метров)	Класс пожара	Огнетушители (штук) <*>						
			Пенные и водные (емкостью 10 литров)	Порошковые (емкость, л/ масса огнетушащего вещества, килограмм)			Хладоновые (емкостью 2 (3) литра)	Углекислотные (емкость, л/ масса огнетушащего вещества, килограмм)	
				2/2	5/4	10/9		/2	5 (8) или 3 (5)
А, Б, В	200	А	2 ++	–	2 +	1 ++	–	–	–
		В	4 +	–	2 +	1 ++	4 +	–	–
		С	–	–	2 +	1 ++	4 +	–	–
		Д	–	–	2 +	1 ++	–	–	–
		Е	–	–	2 +	1 ++	–	–	2 ++
В	400	А	2 ++	4 +	2 ++	1 +	–	–	2 +
		Д	–	–	2 +	1 ++	–	–	–
		Е	–	–	2 ++	1 +	2 +	4 +	2 ++
Г	800	В	2 +	–	2 ++	1 +	–	–	–
		С	–	4 +	2 ++	1 +	–	–	–
Г, Д	1800	А	2 ++	4 +	2 ++	1 +	–	–	–
		Д	–	–	2 +	1 ++	–	–	–
		Е	–	2 +	2 ++	1 +	2 +	4 +	2 ++

Окончание таблицы 8.9.

Общественные здания	800	А	4 ++	8 +	4 ++	2 +	–	–	4 +
		Е	–	–	4 ++	2 +	4 +	4 +	2 ++

Помещения оснащаются одним из 4 представленных в настоящей таблице видов огнетушителей с соответствующей вместимостью (массой).

Примечания: 1. Для порошковых огнетушителей и углекислотных огнетушителей приведена двойная маркировка – старая маркировка по вместимости корпуса (литров) и новая маркировка по массе огнетушащего состава (килограммов).

При оснащении помещений порошковыми и углекислотными огнетушителями допускается использовать огнетушители как со старой, так и с новой маркировкой.

2. Знаком "++" обозначены рекомендуемые для оснащения объектов огнетушители, знаком "+" – огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании, знаком "–" – огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

Согласно приложению делаем вывод что, для обеспечения пожарной безопасности в нашем помещении требуется два огнетушителя ОП–10 и два огнетушителя ОУ–8.

Выводы по разделу

Соблюдение мер безопасности и поддержание рабочих мест в соответствии с представленными требованиями регламентирующих документов, обеспечивают безопасные условия труда, сохраняют здоровье и работоспособность персонала при выполнении работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Проведен анализ конструкций роторных экскаваторов, выявлены их достоинства и недостатки, где применение телескопической стрелы в сочетании, с конвейером, работающем при изменяющейся длине, позволяет исключить промежуточный конвейер и упростить конструкцию выдвижной стрелы.

2) Разработан и рассчитан вариант конструкции выдвижной телескопической стрелы в сочетании с конвейером, работающем при изменяющейся длине, выполнены чертежи общих видов основных узлов:

- Роторный экскаватор с телескопической стрелой. Чертеж общего вида;
- Конвейер приемный. Чертеж общего вида;
- Стрела роторная. Чертеж общего вида;
- Стрела телескопическая. Сборочный чертеж;
- Гидроцилиндр телескопический. Сборочный чертеж;

3) Выполнены необходимые проверочные расчеты на прочность телескопической стрелы и устойчивости экскаватора.

Все полученные данные обеспечивают работоспособность конструкции.

4) Разработана технология производства детали «Цилиндр» в проектируемом оборудовании, рассмотрены операции по заготовке и производству изделия. Предложенные операции обеспечивают необходимую точность изготовления. Время, на выполнение токарной черновой операции составило 31,8 минуты.

5) Рассчитанная себестоимость изделия составила 325 000 рублей. Произведена оценка экономической эффективности, определяющая срок окупаемости (равен 1,57 года) при условии, что годовая программа составляет 10 штук новых единиц оборудования.

6) Установлены меры безопасности и поддержания рабочих мест в соответствии с представленными требованиями регламентирующих документов, что позволяет

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		143

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Карьерные роторные экскаваторы / В.М. Владимиров, А.И. Шендеров, Ю.Т. Калашников и др. – СПб.: «Техника», 1968. – 207с.

2 Домбровский, Н.Г. Многоковшовые экскаваторы. Конструкции, теория и расчет / Н.Г. Домбровский. – М.: издательство «Машиностроение», 1972. – 432 с.

3 Гаврюков, А.В. Совершенствование технологии работ при использовании ленточных конвейеров с изменяющейся длиной / А.В. Гаврюков // Уголь Украины, –1992– №8. – 40-46 с.

4 Баженов, В.А. Будівельна механіка та металеві конструкції. Допущено міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.А. Баженов, О.Ф. Дащенко, Л.В. Коломієць. – Одесса.: «Астропринт», 2001. – 430с.

5 Дарков, А.В. Сопротивление материалов. / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – 4-е изд. – М.: «Высшая школа», 1975. – 605 с.

6 Проектирование машин для земляных работ / под. ред. А.М. Холодова, – М.: «Высшая школа», 1986. – 272 с.

7 Панкратов, С.А. Конструкция и основы расчета главных узлов экскаваторов и кранов / С.А. Панкратов. – М.: Гостехиздат, 1962. – 540с.

8 Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. Справочник / В.А. Васильченко. – М.: «Машиностроение», 1983. – 301с.

9 Справочник технолога-машиностроителя. – В 2-х т. – Т1, Т2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.,: «Машиностроение», 1985. – 496с.

10 Кукин, П.П. Безопасность технологических процессов и производств / П.П. Кукин, В.Л. Лапина, Н.Л. Понамарев – М.: «Высшая школа», 1999. – 318 с.

11 ГОСТ 12.2.120–88 Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных строительно-дорожных машин, одноосных тягачей, карьерных самосвалов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 14 с.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		144

12 Орлов, Г.Г. Инженерные решения по охране труда в строительстве / Г.Г. Орлов. – М.: «Стройиздат», 1990. – 184 с.

13 Инструкция по безопасным методам работ для машиниста ленточного конвейера на карьерах в горнорудной и нерудной промышленности – М.: «Госгортехиздат», 1962 – 65с.

14 Заслонов, В.Г. Практикум по организационно-экономическим вопросам дипломного проекта конструкторского профиля: учебное пособие / В.Г. Заслонов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 130 с.

15 ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. –М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1975. – 11 с.

16 ГОСТ 12.0.003. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. – М.: Экожилсервис, 2015. – 16 с.

17 СанПиН 2.2.4.548. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: НИИ медицины труда РАМН, 1996. – 27 с.

18 СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: НИЦ "Строительство", 2013. – 18 с.

19 ГОСТ 32548–2013. Вентиляция здания, воздухораспределительные устройства. – М.: Технический комитет по стандартизации РФ, 2013. – 34 с.

20 ГН 2.2.5.2308–07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. –М.: НИИ медицины труда РАМН, 2007. – 14 с.

21 СП 52.13330. Естественное и искусственное освещение. –М.: НИИСФ РААСН, 2017. – 21 с.

22 ГОСТ 12.1.003–83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Академия медицинских наук СССР, 1987. – 24 с.

23 СП 51.13330. Защита от шума. – М.: НИИСФ РААСН, 2011. – 15 с.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		145

24 НПБ 105–03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ГУГПС МЧС России, 2003. – 33 с.

25 22.07.2008 № 123–ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ГУГПС МЧС России, 2017. – 13 с.

26 ГОСТ 1451–80. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 25 с.

27 ГОСТ 166–80. Штангенциркули. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

28 ГОСТ 6286–80. Рукава резиновые высокого давления с металлическими оплетками неармированные. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 12 с.

29 ГОСТ 1050–2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных сталей. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 32 с.

30 ГОСТ 24351–80. Патроны токарные самоцентрирующие трех– и двухкулачковые клиновые и рычажно–клиновые. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. – 11 с.

					23.05.01.2019.044.00.00 ПЗ	Лист
						146
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		