

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.Н. Бондарь

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Проект промышленного трактора – путеукладчика ТМ-10 для нужд Министерства  
обороны РФ с детальной проработкой ходовой системы.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

По экономической части

старший преподаватель

\_\_\_\_\_ С. Ю. Лелекова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

По БЖД

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ А. В. Кудряшов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы:

д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ С. В. Кондаков

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы

студент группы П-502

\_\_\_\_\_ Л. Г. Морозов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ В. И. Дуюн

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Морозов Л.Г. Проект промышленного трактора-путьекладчика ТМ-10 для нужд Министерства обороны РФ с детальной проработкой ходовой системы. – Челябинск: ЮУрГУ, П, АТ; 2018, ПЗ – 87 с. 19 ил., библиографический список – 36 наименований, 2 прил., 12 листов чертежей формата А1.

В выпускной квалификационной работе проведен анализ отечественных и передовых зарубежных технологий, проведен анализ существующих гусеничных ходовых систем, трансмиссий и систем комбинированного хода, выявлены их основные недостатки и преимущества. Разработан вариант гусеничной ходовой с комбинированным ходом для трактора-путьекладчика. Произведены расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции. Разработан технологический процесс изготовления детали, входящей в состав ходовой системы трактора.

Определены технико-экономические показатели проекта. В разделе БЖД рассмотрено производство и ремонт проектируемого трактора с точки зрения безопасности.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ ВКР</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>Проект промышленного трактора-путьекладчика ТМ-10 для нужд Министерства обороны РФ с детальной проработкой ходовой системы</i>	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Морозов					3	87	
Провер.	Кондаков							
Н. Контр.	Дуюн					<b>ЮУрГУ Кафедра «КТМ»</b>		
Утверд.	Бондарь							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	11
1.1 Назначение и характеристика ТСК-1.....	11
1.2 Характеристика условий эксплуатации ТСК-1.....	13
1.3 Анализ трансмиссии.....	14
1.3.1 Механическая трансмиссия.....	14
1.3.2 Гидравлическая трансмиссия.....	15
1.3.3 Электрическая трансмиссия.....	16
1.3.4 Гидромеханическая трансмиссия.....	17
1.4 Анализ ходовой системы.....	18
1.4.1 Остов.....	18
1.4.1.1 Рамный остов.....	18
1.4.1.2 Полурамный остов.....	19
1.4.1.3 Безрамный остов.....	19
1.4.2 Гусеничный движитель.....	20
1.4.3 Подвеска.....	21
1.4.3.1 Жесткая подвеска.....	21
1.4.3.2 Полужесткая подвеска.....	22
1.4.3.3 Упругая подвеска.....	24
1.4.3.4 Смешанные подвески.....	24

1.5 Обзор гусеничной техники на комбинированном ходу .....	25
1.5.1 Гусеничная техника с приводными рельсовыми колёсами .....	25
1.5.2 Гусеничная техника с универсальным двигателем гусениц .....	26
2 ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	28
2.1 Описание конструкции универсального двигателя .....	29
2.1.1 Дополнительные опорные катки .....	30
2.1.2 Звено гусеничной ленты.....	31
3 РАСЧЕТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ .....	32
3.1 Тяговый расчет трансмиссии .....	32
3.1.1 Исходные данные .....	34
3.1.2 Расчет кинематических соотношений .....	35
3.1.3 Расчет силовых соотношений .....	36
3.1.4 Расчет критических значений .....	38
3.1.5 Построение тяговой характеристики .....	39
3.2 Проектировочный расчет дополнительных опорных катков .....	43
3.2.1 Исходные данные .....	43
3.2.2 Выбор диаметра обода.....	43
3.2.3 Расчет ширины обода .....	44
3.3 Проверочный расчет оси опорных катков.....	45
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	49
4.1 Введение.....	49
4.2 Описание детали и ее назначения .....	50
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	54

5.1 Организационный раздел .....	54
5.2 Экономический раздел .....	56
5.2.1 Сметы затрат выпускной квалификационной работы.....	56
5.2.2 Оценка коммерческой состоятельности ВКР.....	63
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	69
6.1 Анализ опасных и вредных факторов, возникающих на производстве .	69
6.1.1 Микроклимат производственных помещений .....	69
6.1.2 Производственная вибрация .....	72
6.1.3 Требования к производственному освещению .....	74
6.1.4 Уровень шума в производственных помещениях .....	75
6.1.5 Значения напряжений прикосновения и токов .....	77
6.2 Требования безопасности для слесаря-ремонтника .....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	85

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Графическая часть на 12 листах ф. А1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификации на 9 листах ф. А4

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России всё большую популярность набирают транспортные средства с комбинированным ходом, способные передвигаться как по автомобильным дорогам общего пользования, так и по железным дорогам. [1]

Летом 2017 года на предприятии «ДСТ-УРАЛ», согласно техническому заданию Министерства обороны РФ, начата разработка специального тягача с гусеничным двигателем (ТСК-1), основной задачей которого является перемещение портального путеукладчика по рельсам и грунту, а также обеспечение его электроэнергией.

ТСК-1 проектируется на базе промышленного трактора ТМ-10, в конструкции которого заложены принципы использования самых надежных, экономичных и ремонтпригодных агрегатов отечественного и зарубежного производства.

Ключевым элементом конструкции ТМ-10 является гидростатическая трансмиссия, которая позволяет с минимальными конструктивными изменениями обеспечить привод генератора, снабжающего электроэнергией путеукладчик. Также трактор укомплектован двигателем ЯМЗ-238, но отсек позволяет установить любой агрегат, подходящий по габаритам, а именно – ЯМЗ 536, требуемый техническим заданием Министерства обороны РФ. Вышеперечисленные конструктивные особенности обуславливают выбор ТМ-10 как базовой машины для проектирования ТСК-1.

Наиболее важная задача проектирования ТСК-1 – обеспечение комбинированного хода. Возможность движения гусеничной машины по рельсам, в основном, обеспечивается одним из двух способов. Первый способ подразумевает установку дополнительного рельсового движителя, а второй – модификацию существующего гусеничного движителя.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Назначение и характеристика ТСК-1

ТСК-1 – это тягач специальный на комбинированном ходу. (рисунок 1.1), используется в составе путеукладчика порталного ПБ-4. Предназначен для передвижения путеукладчика по грунту и железным дорогам с шириной колеи 1520 и 1435 мм, а также питания приводов механизмов путеукладчика электроэнергией. Разрабатывается на основе промышленного гусеничного трактора ТМ-10. Техническая характеристика ТСК-1 приведена в таблице 1.1.



Рисунок 1.1 – ТСК-1

Таблица 1.1 – Техническая характеристика ТСК-1

Тяговый класс	12
Масса трактора, кг	17000
Двигатель:	
Модель	ЯМЗ-536
Номинальная мощность, кВт (л.с.)	176 (240)
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	2300
Трансмиссия:	
Тип	гидростатическая
Объем гидронасоса, см <sup>3</sup>	110
Объем гидромотора, см <sup>3</sup>	160
Максимальное давление, МПа	43
Давление подпитки, МПа	30
Бортовые редуктора:	
Модель	РМР 6000
Максимальное окружное тяговое усилие, кН	240
Максимальная скорость движения, км/ч	10
Кабина:	
Тип	шестигранная
Вместимость	одноместная
Ходовая система:	
Остов	рамный, сварной
Движитель	гусеничный

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

12

Продолжение таблицы 1.1

Подвеска	полужесткая
Гидравлическая система:	
Номинальное давление в системе, МПа	250
Объем масла в системе, л	135

1.2 Характеристика условий эксплуатации ТСК-1

Техническим заданием определены, климатическое исполнение – У (макроклиматический район с умеренным климатом), категория размещения I по ГОСТ 15150 [2].

К макроклиматическому району с умеренным климатом относятся районы, где средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха равна или ниже 40 °С, а средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха равна или выше минус 45 °С.

Изделия в исполнение У могут эксплуатироваться в теплом влажном, жарком сухом и очень жарком сухом климатических районах по ГОСТ 16350-80, в которых средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха выше 40 °С и (или) сочетание температуры, равной или выше 20 °С, и относительной влажности, равной или выше 80 %, наблюдается более 12 ч в сутки за непрерывный период более двух месяцев в году. [2]

Согласно категории размещения I изделие изготавливается для эксплуатации на открытом воздухе, где на него воздействует совокупность климатических факторов, характерных для макроклиматического района с умеренным климатом.

### 1.3 Анализ трансмиссии

Трансмиссия служит для передачи крутящего момента от двигателя к движителю транспортного средства и к зависимым валам отбора мощности, его изменения, изменения направления и частоты вращения ведущих колес [3].

Современные трансмиссии по способу изменения передаточных чисел классифицируют на бесступенчатые, ступенчатые и комбинированные.

Бесступенчатые трансмиссии могут обеспечить любое значение передаточного числа в заданном интервале передаточных чисел, что позволяет обеспечить любой необходимый режим работы транспортного средства.

Ступенчатые трансмиссии имеют определенные интервалы (ступени) передаточных чисел, каждый из которых соответственно обеспечивает свой режим работы транспортного средства.

Комбинированные трансмиссии отличаются сочетанием интервалов передач, в которых возможно бесступенчатое изменение передаточных чисел.

По способу преобразования крутящего момента трансмиссии классифицируют на механические, гидравлические, электрические и комбинированные.

#### 1.3.1 Механическая трансмиссия

Механическая трансмиссия может быть бесступенчатой (клиноременные, фрикционно-тороидные и импульсные – инерционные) и ступенчатой (преобразование крутящего момента происходит в коробке передач, путем изменения возможных сочетаний зубчатых пар).

На большинстве сельскохозяйственных и значительной части промышленных тракторов и автомобилей применяют ступенчатые трансмиссии, как наиболее конструктивно отработанные, относительно простые, надежные и удобные в работе, имеющие высокий КПД и низкую стоимость.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Основным недостатком таких трансмиссий является ступенчатое регулирование крутящих моментов, что довольно часто приводит к неэффективному использованию мощности двигателя.

### 1.3.2 Гидравлическая трансмиссия

Гидравлическая трансмиссия делится на гидростатическую и гидрообъемную.

Гидростатическая состоит из гидротрансформатора, который обладает свойством автоматического бесступенчатого изменения кинематического и силового передаточных чисел в зависимости от величины момента сопротивления на турбинном колесе.

На тракторах гидростатическая трансмиссия самостоятельно не применяется, так как диапазон силового регулирования гидротрансформатора относительно мал (2,5...4).

Гидрообъемные передачи (ГОП) основаны на принципе передачи энергии давлением жидкости. При этом крутящий момент практически не зависит от скорости движения рабочей жидкости.

В ГОП как минимум должны быть две основные гидравлические машины, соединенные между собой трубопроводами: объемный гидронасос, преобразующий крутящий момент в поступательный силовой гидравлический поток энергии, и гидромотор, преобразующий гидравлический поток энергии обратно в крутящий момент.

Основными достоинствами гидрообъемных трансмиссий являются:

- бесступенчатое регулирование крутящего момента в широком диапазоне и плавная передача его к движителю;
- большая свобода компоновки трансмиссии и сравнительная простота подвода мощности к движителю;

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

– возможность реверсирования хода и регулируемого торможения движителя без дополнительных устройств;

– предохранение двигателя и трансмиссии от перегрузок;

– легкость и простота управления.

Основные недостатки гидрообъемных трансмиссий:

– меньше КПД, чем у механических трансмиссий;

– большие габариты при малых давлениях (10...15 МПа) рабочей жидкости и трудность уплотнения при больших давлениях (28...35 МПа);

– высокая стоимость и сложность изготовления.

### 1.3.3 Электрическая трансмиссия

Электрическая трансмиссия является бесступенчатой, в которой крутящий момент двигателя передается к движителю с помощью электрической энергии. По характеру работы она во многом схожа с гидрообъемной трансмиссией, так как в ней сначала происходит преобразование механической энергии двигателя в электрическую, а затем ее обратное преобразование в механическую – подводимую к движителю. Источником электрической энергии, как правило, является электрогенератор постоянного тока, приводимый в действие ДВС. Обратным преобразователем тока в механическую энергию в большинстве случаев является тяговый электродвигатель с последовательным возбуждением, имеющий большой пусковой крутящий момент. Следует отметить, что в процессе работы под нагрузкой такие электродвигатели обладают хорошей способностью к саморегулированию – с повышением нагрузки его крутящий момент увеличивается, а с понижением – уменьшается. Это способность электродвигателя позволяет электрической трансмиссии быть бесступенчатой.

Преимуществами электрической трансмиссии являются:

– бесступенчатое регулирование крутящего момента в широком диапазоне и плавная передача его к движителю;

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

– большая свобода компоновки трансмиссии и сравнительная простота подвода мощности к движителю;

– возможность реализации одним мотор-колесом большой мощности.

Основные недостатки электрической трансмиссии:

– сравнительно низкий КПД;

– необходимость применения цветных металлов и других дорогостоящих материалов;

– сравнительно высокая общая стоимость и большая масса агрегатов трансмиссии.

### 1.3.4 Гидромеханическая трансмиссия

Для увеличения диапазонов бесступенчатого регулирования передаточных чисел трансмиссии часто сочетают гидродинамические и ступенчатые механические передачи. Такие передачи носят название гидромеханических трансмиссий (ГМТ). [4]

В ГМТ коробка передач обеспечивает получение диапазонов для бесступенчатого изменения передаточных чисел и получение заднего хода. Гидротрансформатор – получение бесступенчатого ряда передаточных чисел внутри заданного диапазона.

Основные преимущества ГМТ:

– бесступенчатое автоматическое изменение крутящего момента на движителе трактора в зависимости от сопротивления его движению;

– значительное снижение уровня динамических нагрузок, вследствие их демпфирования промежуточной гидравлической средой;

– высокая энергоемкость, простота конструкции и долговечность гидротрансформатора;

– предотвращение возможности остановки двигателя при перегрузках.

					23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

К недостаткам ГМТ относятся:

- более низкий КПД по сравнению с механической трансмиссией, что приводит к увеличению расхода топлива;
- невозможность обеспечения стабильной технологической скорости;
- невозможность пуска двигателя буксировкой.

#### 1.4 Анализ ходовой системы

Ходовая система служит для преобразования вращательного движения ведущих колес в поступательное движение машины и для передачи веса машины на опорную поверхность. Она состоит из движителя (колесного или гусеничного), подвески и остова.

##### 1.4.1 Остов

Остов является несущей частью трактора и автомобиля, их основанием. Он нагружен силой тяжести размещенных на нем агрегатов и воспринимает динамические нагрузки при трогании машины с места, разгоне, преодолении неровностей пути, на поворотах. Он должен иметь высокую жесткость и прочность, работать без замены весь срок службы машины. [5]

Различают три типа остова трактора: рамный, полурамный, безрамный.

##### 1.4.1.1 Рамный остов

Рамный остов образуют основные продольные балки (лонжероны), которые связываются поперечинами, выполняющими роль опор для отдельных агрегатов. Такой остов имеет хорошую жесткость и прочность, облегчает доступ к отдельным механизмам и их замену, но имеет большую массу чем полурамный.

					23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Рамный остов применяют на гусеничных тракторах отечественного и зарубежного производства и на колесных тракторах с шарнирно сочлененной рамой.

Для установки агрегатов трактора на раме предусматриваются специальные кронштейны и обработанные площадки.

#### 1.4.1.2 Полурамный остов

Полурамный остов образуют корпуса силовой передачи трактора, соединенные с лонжеронами полурамы, на которую устанавливают двигатель. Такой остов удобен для навески машин, для установки и снятия двигателя без разборки остова, легче рамного, но доступ к отдельным механизмам при таком остове затруднен.

Полурамный остов получил широкое распространение на сельскохозяйственных универсально-пропашных, универсальных, промышленных тракторах общего назначения, а также специализированных тракторах отечественного и зарубежного производства.

#### 1.4.1.3 Безрамный остов

Безрамный остов образуют жестко соединенные друг с другом картеры силовой передачи и двигателя. Преимущества такого остова – высокая жесткость и компактность. Недостаток – труднодоступность отдельных механизмов, связанная с отсоединением соответствующих картеров, худшие условия для навески машин, чем у полурамного и рамного остовов.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

## 1.4.2 Гусеничный движитель

Гусеничный движитель служит для преобразования крутящего момента, подводимого от двигателя к ведущим колесам, в касательную силу тяги, обеспечивающую движение трактора.

Основные элементы гусеничного движителя показаны на рисунке 1.2.

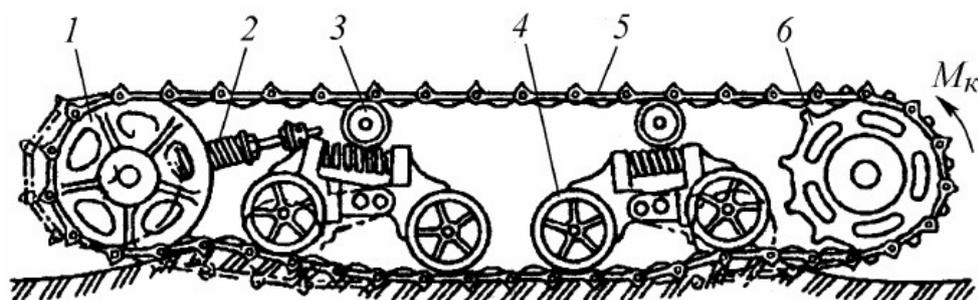


Рисунок 1.2 – Гусеничный движитель

1 – направляющее колесо; 2 – натяжное и амортизирующее устройства; 3 – поддерживающий каток; 4 – опорный каток; 5 – гусеничная цепь (гусеница); 6 – ведущее колесо

Гусеничный движитель в отличие от колесного обеспечивает передвижение трактора не непосредственно по грунту, а по промежуточной замкнутой гусеничной ленте – гусеничной цепи. Гусеница имеет значительно большую опорную поверхность чем площадь контакта пневматической шины, что обеспечивает небольшое давление трактора на грунт. Внутренняя поверхность гусеницы представляет собой достаточно твердый гладкий путь, по которому опорные катки движителя катятся с меньшим сопротивлением, чем колеса по грунту. Все это обеспечивает гусеничному трактору высокие тяговые качества при значительно меньшем буксовании его движителей, проходимость по мягким и влажным грунтам, меньшие потери мощности на самопередвижение, а, следовательно, большую экономичность его работы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

20

### 1.4.3 Подвеска

Подвеска предназначена для обеспечения необходимой плавности хода машины. Подвеской принято называть группу узлов и деталей ходовой части, соединяющих остов машины с осями колес у колесного трактора и автомобиля или осями опорных катков у гусеничного трактора.

В эту группу входят упругие элементы, амортизаторы и направляющее устройство. В некоторых подвесках амортизаторы могут отсутствовать.

Упругие элементы предназначены для смягчения толчков и ударов, передаваемых на остов при движении машины по неровностям пути.

Амортизаторы применяют с целью гашения колебаний подрессоренной части остова машины.

Направляющее устройство обеспечивает передачу всех сил и моментов, действующих между двигателем и остовом машины, необходимую траекторию перемещения опорных катков при движении по неровностям пути и разгружает полностью или частично упругие элементы от продольных и боковых сил.

Подвески гусеничных тракторов подразделяют на жесткие, полужесткие, упругие и смешанные.

#### 1.4.3.1 Жесткая подвеска

В жесткой подвеске оси опорных катков обычно жестко прикреплены к остову трактора. Такая подвеска на мягком грунте позволяет получить наиболее равномерное распределение давления опорных катков на гусеницу, что повышает ее тягово-сцепные качества. Но движение по плотным и неровным грунтам сопровождается большими динамическими нагрузками, которые вредно действуют как на тракториста, так и на все системы и механизмы трактора.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

Поэтому такая подвеска применяется только на специальных промышленных тракторах, для которых характерен режим работы с малыми скоростями и при этом крайне желательно отсутствие колебаний остова и орудий относительно опорного основания – трубоукладчиках, роторных канавокопателях и т.п.

#### 1.4.3.2 Полужесткая подвеска

В полужесткой подвеске тележки гусениц с опорными катками соединены с остовом трактора сзади посредством оси качания тележки, а спереди упругим элементом. При этом ось качания тележки может совпадать с осью ведущего колеса или не совпадать с ней. Во втором случае, когда ось качания тележки смещена вперед происходит дополнительное натяжение гусеницы, что нежелательно из-за увеличения износа шарниров ее траков. Положительным моментом такого крепления является простота конструкции опоры оси качания тележки.

С целью снижения жесткости этих подвесок иногда применяют заднее поддрессирование шарнира крепления тележки гусениц. Для этого чаще всего применяют короткие торсионные валы, внутренним концом жестко закрепленные в средней части остова, и рычаги. При качании тележки происходит закручивание торсионов, которое обычно ограничено регулируемым упором.

Упругая связь остова трактора с передними частями рам тележек гусениц показана на рисунке 1.3.

					23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

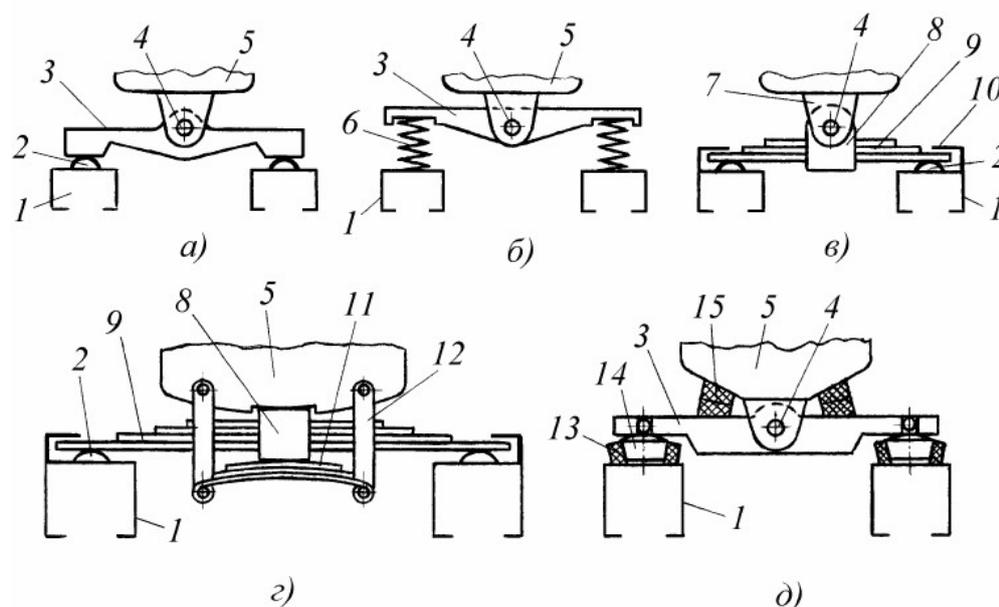


Рисунок 1.3 – схемы упругой связи остова трактора с передними частями рам тележек гусениц

1 – рама тележек гусениц; 2 – жесткий сферический упор; 3 – равноплечий балансир; 4 – шарнир; 5 – остов; 6 – упругие опоры; 7 – кронштейн; 8 – закрепительная коробка; 9, 11 – листовые рессоры; 10 – кронштейны-ограничители; 12 – стойка; 13, 15 – резиновые упругие элементы; 14 – плунжер

Полужесткая подвеска имеет ряд положительных качеств:

- равномерное распределение давления на грунт, повышающее тягово-сцепные качества движителя;
- увеличение срока службы трактора вследствие поглощения упругим элементом большей части толчков и ударов, передаваемых на остов;
- комфортность работы тракториста при относительно небольших скоростях движения.

Определенными недостатками полужесткой подвески являются повышенная материалоемкость и большая масса неподрессоренных частей остова трактора, ограничивающие повышение его рабочих и транспортных скоростей.

Такой тип подвески имеет широкое применение на сельскохозяйственных и промышленных тракторах отечественного и зарубежного производства.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

23

### 1.4.3.3 Упругая подвеска

В упругой подвеске опорные катки соединены с остом трактора системами, позволяющими каткам перемещаться в вертикальной плоскости относительно остова и между собой. Разнообразие этих систем можно разделить на две группы: балансирные и индивидуальные подвески.

В балансирных подвесках оси опорных катков соединительными рычагами (балансирами) объединены в отдельные каретки, шарнирно крепящиеся к остову трактора. Упругие элементы устанавливаются в каретки или в систему их крепления к остову, или в обе системы одновременно.

Балансирные двухкатковые каретки широко используются на отечественных сельскохозяйственных и специальных тракторах.

В индивидуальных подвесках каждый опорный каток в отдельности упруго соединен с остовом трактора.

Индивидуальные подвески обеспечивают более плавное движение трактора на повышенных скоростях, создают лучшую приспособляемость гусенице к рельефу пути, что в целом способствует повышению ее тягово-сцепных качеств и более высокой производительности. Недостаток такой же, как у балансирных подвесок – повышенное давление на грунт под опорными катками.

### 1.4.3.4 Смешанные подвески

Сочетание полужесткой подвески остова трактора с индивидуальной подвеской катков тележки гусениц является смешанной подвеской. В последнее время они появляются на промышленных тракторах, когда на тележках гусениц полужесткой подвески устанавливают индивидуально подрессоренные опорные катки. Такие подвески удачно сочетают преимущества обеих рассмотренных систем подрессоривания трактора.

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

## 1.5 Обзор гусеничной техники на комбинированном ходу

В настоящее время в РФ, так и не выработано общепринятого названия техники, которая способна двигаться, как по дорогам общего пользования, так и по железнодорожным рельсам. За рубежом, в соответствии с принятым в 2010 г. европейским стандартом EN 15746 [6], такие транспортные средства называются «Road-Rail Vehicles». [1]

Гусеничная техника по типу комбинированного хода делится на две категории:

- гусеничная техника с приводными рельсовыми колёсами;
- гусеничная техника с универсальной тележкой гусениц.

### 1.5.1 Гусеничная техника с приводными рельсовыми колёсами

Приводные рельсовые колёса, взаимодействуя с рельсами, приводят транспортное средство в движение, при этом гусеничный движитель находится над рельсами [7]. Совместно с приводными, могут использоваться направляющие рельсовые колёса.

Такая конструкция требует отдельного привода и подвески для рельсовых колёс, что приводит к усложнению конструкции.

В РФ гусеничная техника с приводными рельсовыми колёсами не производится. За рубежом производят данную технику Caterpillar (США), Komatsu (Япония), Mecalac (Франция) и др. Существуют компании, которые занимаются установкой железнодорожного движителя на гусеничную технику других производителей, например Railmax.

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ					



Рисунок 1.4 –Экскаватор на комбинированном ходу Railmax RMT15F

### 1.5.2 Гусеничная техника с универсальным движителем гусениц

Гусеничная техника с универсальным движителем передвигается по железнодорожному пути взаимодействием гусеничной ленты и рельсов. Это обеспечивается изменением конструкции звена гусеничной и дополнительными опорными катками на тележке гусениц.

Достоинства данной конструкции движителя, относительно комбинации гусеничного и рельсового движителя с приводными рельсовыми колёсами:

- простота конструкции, не требуется дополнительного привода и подвески;
- отсутствует время перехода между движением по рельсам и дорогам.

Недостатки:

- низкий КПД;
- большой износ гусениц.

Гусеничная техника с универсальным движителем гусениц производится в РФ, используется в основном Железнодорожными войсками РФ. Например, тягач-дозировщик ТТД-2, тягач в составе путеукладчика ПБ-3М.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

26



Рисунок 1.5 – путеукладчик ПБ-3М

Выводы по разделу один

В аналитической части выпускной квалификационной работе проведен анализ трансмиссии, ходовой системы, а также систем комбинированного хода гусеничной техники. В ходе анализа рассмотрены используемые системы комбинированного хода гусеничной техники. Выявлено, что система комбинированного хода с приводными рельсовыми колёсами имеет ряд преимуществ, но не распространена в РФ, ввиду своей конструкционной сложности. А система с универсальным гусеничным движителем, напротив, в связи с конструкционной простотой получила широкое распространение на территории РФ.

## 2 ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

На основании проведенного анализа ходовой системы гусеничной техники, предлагаю выбрать для проектируемого трактора-тягача ходовую систему с полужесткой подвеской с трехточечным соединением балансирной балки и полуосей и универсальным движителем с системой дополнительных опорных роликов и гусеничной лентой, способной к движению как по грунту, так и по рельсам, имеющей звенья с двумя креплениями под железные дороги с шириной колеи 1520 и 1435 мм.

Полужесткая подвеска обеспечит равномерное распределение давления на грунт, как следствие – повышенную проходимость, высокую надежность и комфортность работы тракториста. Выбранная подвеска не имеет конструктивных отличий от подвески базовой машины (ТМ-10).

Универсальный движитель обеспечит передвижение трактора как по грунту, так и по железным дорогам с шириной колеи 1520 и 1435 мм. При переходе как с грунта на рельсы, так и обратно, при таком типе комбинированного хода не требуется дополнительного времени на переоборудование или смену движителя. Выбранный движитель обладает простой конструкцией и обеспечивает выполнение задач, поставленных техническим заданием Министерства обороны РФ.

					23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

## 2.1 Описание конструкции универсального движителя

Элементы универсального гусеничного движителя, обеспечивающие движение по железной дороге, показаны на рисунке 2.1.

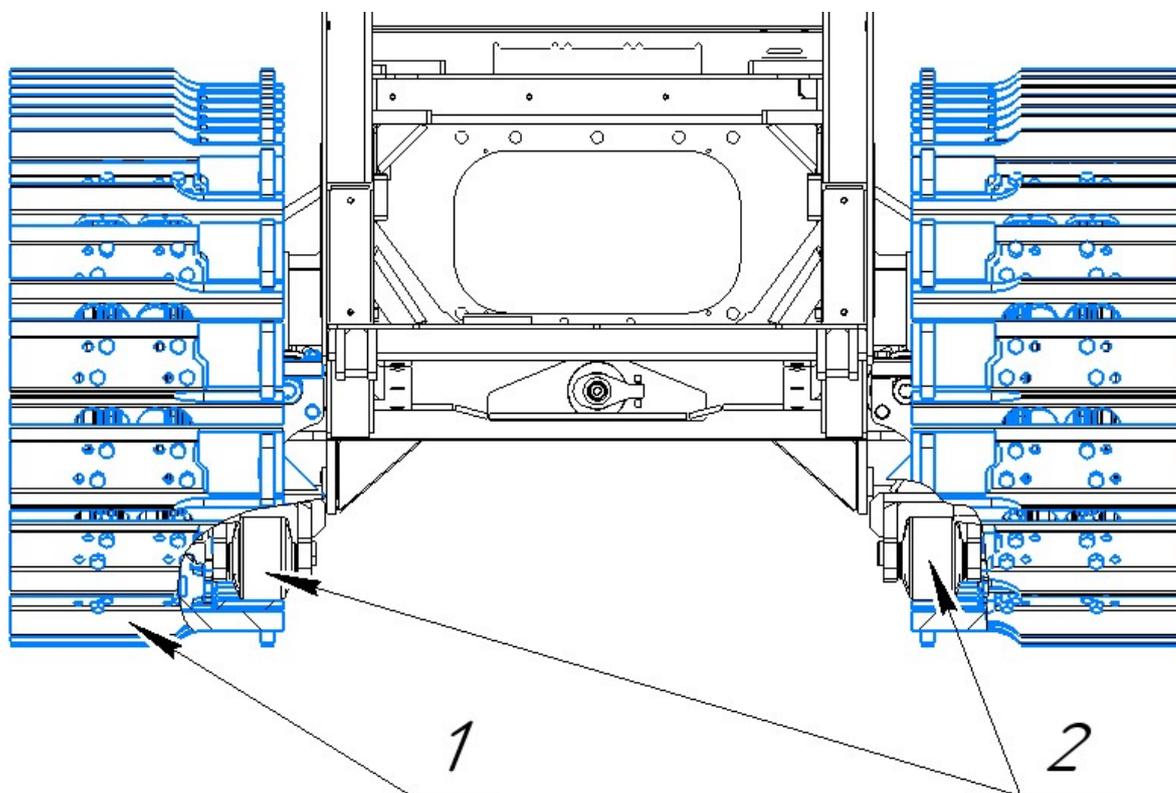


Рисунок 2.1 – Универсальный гусеничный движитель

1 – звено гусеничной цепи; 2 – дополнительные опорные катки

Основой универсального гусеничного движителя является стандартный гусеничный движитель. Для возможности движения по рельсам устанавливаются дополнительные опорные катки и изменяется конструкция звена гусеничной ленты.

В рамках задачи рассмотрены дополнительные опорные катки и звено гусеничной ленты.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

29

### 2.1.1 Дополнительные опорные катки

Дополнительные опорные катки устанавливаются на тележку гусениц. Они служат для восприятия вертикальной реакции со стороны опорной поверхности, при движении трактора по рельсам. Основные элементы дополнительного опорного катка представлены на рисунке 2.2.

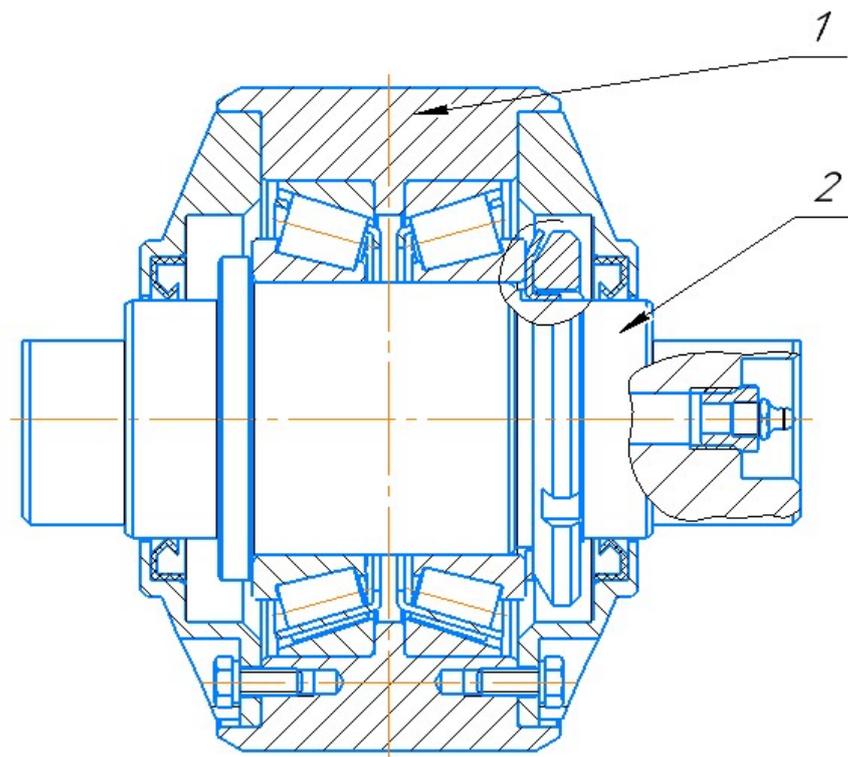


Рисунок 2.2 – Дополнительный опорный каток

1 – обод катка, совмещенный со ступицей; 2 – ось катка

В тележке гусениц ТСК-1 устанавливается пять дополнительных составных одноободьевых опорных катков на двухопорной неподвижной оси.

### 2.1.2 Звено гусеничной ленты

Звено гусеничной ленты изменяется для возможности движения по железной дороге. В зоне взаимодействия трака с рельсами вырезается грунтозацеп и наваривается опора с ребордой, которая служит промежуточным элементом для восприятия вертикальной реакции с рельсов дополнительным катком. Для возможности движения по железным дорогам с разной шириной колеи обеспечивается два положения для закрепления башмака на гусеничной ленте. Звено гусеничной ленты универсального гусеничного движителя представлено на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Звено гусеничной ленты

#### Выводы по разделу два

На основании проведенного анализа ходовой системы гусеничной техники, выбрана ходовая система с полужесткой подвеской с трехточечным соединением балансирной балки и полуосей и универсальным движителем. Применение данной конструкции обуславливается минимальными конструктивными изменениями от базовой машины (ТМ-10) и отвечает всем требованиям технического задания Министерства обороны РФ.

### 3 РАСЧЕТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

#### 3.1 Тяговый расчет трансмиссии

На проектируемой машине применяется гидростатический тип трансмиссии.

В объемном гидроприводе энергия передается за счет статического давления рабочей жидкости. Элементами гидростатического привода являются: гидронасос; гидродвигатель; органы распределения и регулирования гидравлической энергии; органы защиты – предохранительные клапаны; вспомогательная аппаратура. Схема трансмиссии приведена на рисунке 3.1.

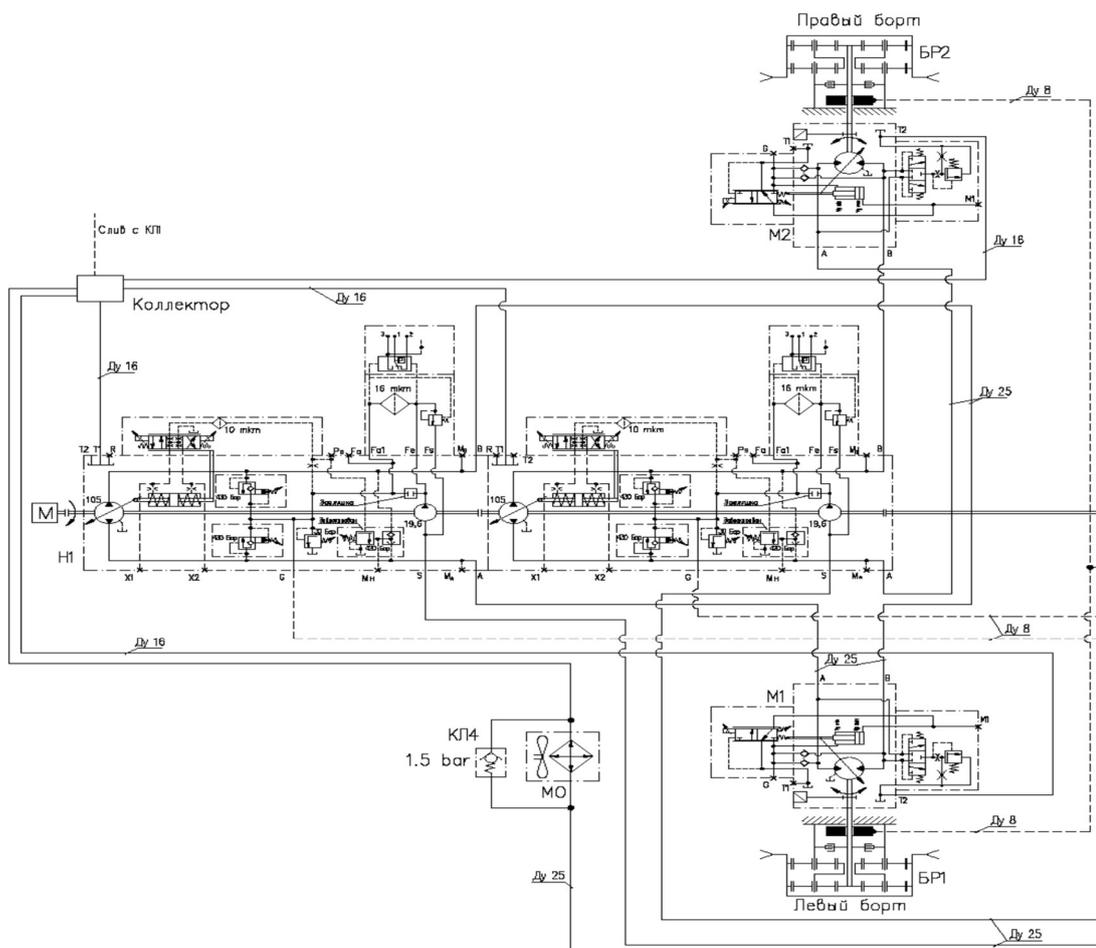


Рисунок 3.1 – Гидравлическая схема трансмиссии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

32

Схема представляет собой сложную сеть из множества элементов, связанных между собой. Для облегчения восприятия на рисунке 3.2 приведена упрощенная схема, содержащая те элементы, которые непосредственно влияют на тяговое усилие.

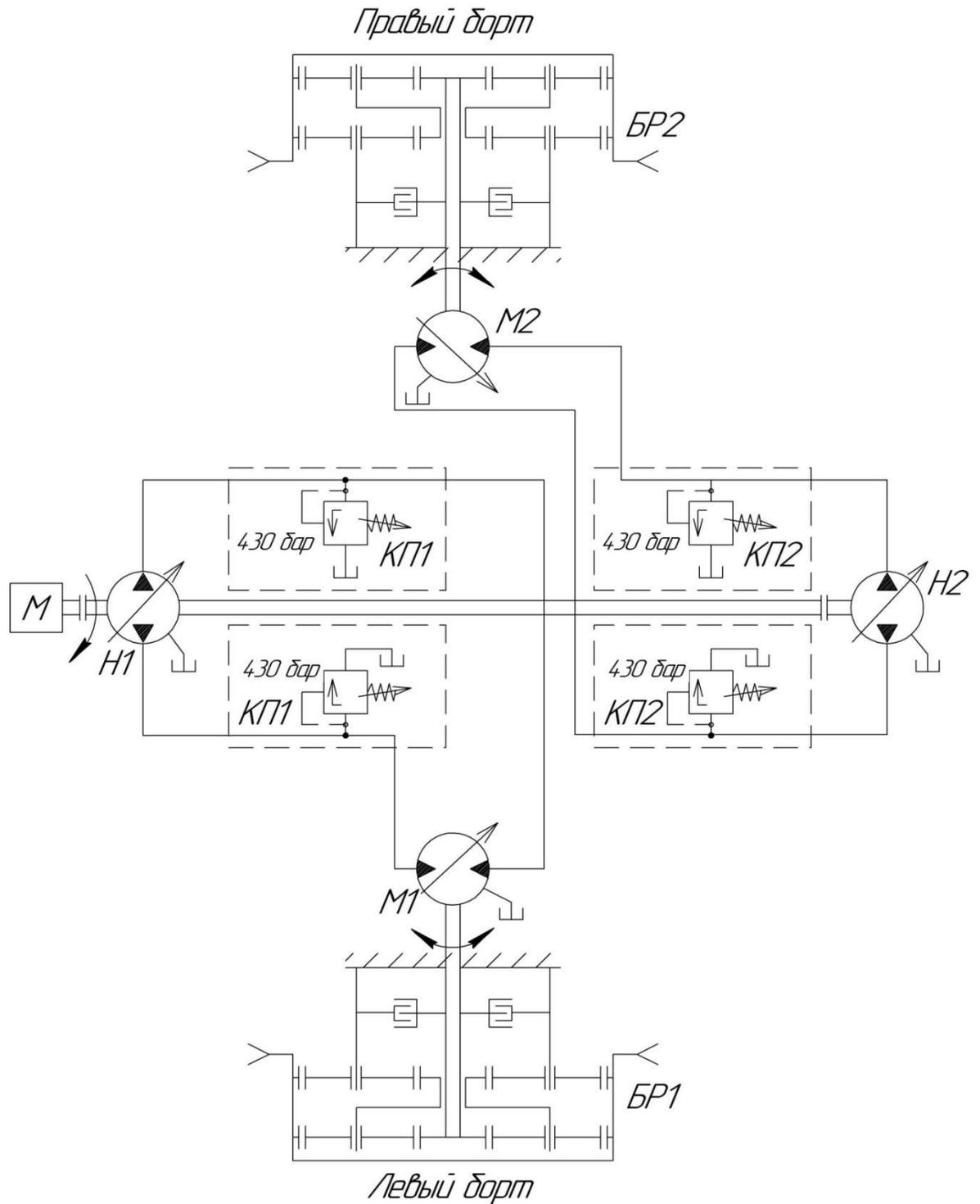


Рисунок 3.2 – Упрощенная схема трансмиссии

Трансмиссия состоит из двух регулируемых насосов (Н1 и Н2) и двух регулируемых моторов (М1 и М2), соединенными с бортовыми двурядными редукторами (БР1 и БР2).

Система рассчитана на максимальное допустимое давление 430 бар. В том случае, когда давление превышает это значение, срабатывает предохранительный клапан (КП) и снижает его.

### 3.1.1 Исходные данные

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Исходные данные для тягового расчета ТСК-1

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.)	$N_{ДВС}$	176,5 (240)
Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	$n_{НОМ}$	2300
Радиус ведущей звездочки, м	$r_{ВЗ}$	0,44
Число гидронасосов	$Z_{Г.Н.}$	2
Число гидромоторов	$Z_{Г.М.}$	2
Объемная постоянная гидронасоса, см <sup>3</sup>	$q_{ГН}$	110
Объемная постоянная гидромотора, см <sup>3</sup>	$q_{ГМ}$	170
Максимальное давление в гидросистеме, МПа (бар)	$P_{max}$	43 (430)
Максимальная частота вращения гидромотора, об/мин (рад/с)	$n_{ГМmax}$	4000 (418,9)
Передаточное число редуктора	$i_p$	60,3
КПД редуктора	$\eta_p$	0,95
Объемный КПД гидронасоса	$\eta_0$	0,95
Механический КПД гидромотора	$\eta_{ММ}$	0,9

### 3.1.2 Расчет кинематических соотношений

Для аксиально поршневого типа насоса формула определения подачи  $Q_H$  выглядит следующим образом:

$$Q_H = \omega_H q_{ГН} U'_H, \quad (3.1)$$

где  $\omega_H$  – угловая частота вращения гидронасоса, которая численно равна угловой частоте вращения двигателя, рад/с;

$U'_H$  – относительный угол  $\alpha$  поворота шайбы гидронасоса в долях, определяется отношением  $\alpha$  к  $\alpha_{\max}$  и находится в пределах от 0,01 до 1.

$$\omega_H = \omega_{ДВС} = 0,105 n_{НОМ} \quad (3.2)$$

Расход рабочей жидкости через гидромотор  $Q_M$  определяется следующим образом:

$$Q_M = \omega_M q_{ГМ} U'_M, \quad (3.3)$$

где  $\omega_M$  – угловая частота вращения гидромотора;

$U'_M$  – относительный угол  $\alpha$  поворота шайбы гидромотора в долях, определяется отношением  $\alpha$  к  $\alpha_{\max}$  и находится в пределах от 0,01 до 1.

Подача рабочей жидкости гидронасосом и ее расход гидромотором определяется соотношением:

$$Q_M = Q_H \eta_o \quad (3.4)$$

Учитывая, что двигатель работает в номинальном режиме, угловая частота вращения мотора  $\omega_M$  определяется следующим образом:

$$\omega_M = \frac{\omega_H U_H' \eta_O}{i_\Gamma U_M'} \quad (3.5)$$

где  $i_\Gamma$  – передаточное число гидрообъемной передачи.

$$i_\Gamma = \frac{q_{\Gamma M}}{q_{\Gamma H}} \quad (3.6)$$

Для расчета скорости передвижения транспортного средства используется зависимость, представленная в следующей формуле:

$$v = \frac{\omega_M r_{3\phi}}{i_p} 3,6 \quad (3.7)$$

Используя формулы (3.2), (3.5) и (3.6) преобразована формула (3.7):

$$v = \frac{0,378 n_{НОМ} U_H' \eta_O r_{3\phi}}{i_\Gamma U_M' i_p} \quad (3.8)$$

### 3.1.3 Расчет силовых соотношений

Момент развиваемый гидронасосом  $M_H$  определяется следующей формулой:

$$M_H = 0,159 P_{ГОП} q_{\Gamma H} U_H' \quad (3.9)$$

где  $P_{ГОП}$  - давление жидкости в гидрообъемной передаче.

Момент развиваемый гидромотором  $M_M$  определяется следующей формулой:

$$M_M = 0,159 P_{ГОП} \eta_{ММ} q_{ГМ} U_M' \quad (3.10)$$

Сопоставив вышеуказанные зависимости, выведена формула для определения крутящего момента, развиваемого гидромотором:

$$M_M = \frac{M_H i_{Г} U_M' \eta_{ММ}}{U_H'} \quad (3.11)$$

Трансмиссия ТСК-1 состоит из двух аксиально-поршневых насосов, следовательно, момент от двигателя при прямолинейном движении распределяется между ними.

$$M_H = \frac{M_{ДВС}}{z_{ГН}}, \quad (3.12)$$

где  $M_{ДВС}$  - полезный крутящий момент двигателя.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$M_{ДВС} = 9550 \frac{N_{ДВС} \eta_{Д}}{n_{H}} \quad (3.13)$$

Тяговое усилие на крюке определяется следующей формулой:

$$T_{КР} = \frac{z_{ГМ} M_{M} i_p \eta_p}{r_{36}} \quad (3.14)$$

Используя формулы (3.11), (3.12), (3.13) преобразована формула (3.14):

$$T_{КР} = \frac{9550 z_{ГМ} N_{ДВС} \eta_{Д} i_{Г} U_{M}^l \eta_{ММ} i_p \eta_p}{n_{НОМ} z_{ГН} U_{H}^l r_{36}} \quad (3.15)$$

### 3.1.4 Расчет критических значений

Максимальный момент, развиваемый гидромотором, обусловлен ограничением по давлению в гидрообъемной передаче  $P_{ГОП \max}$ , которое должно быть меньше 430 бар, что равняется 43 МПа. При достижении этого значения срабатывает предохранительный клапан. Зная это, можно вычислить максимальный момент на гидромоторе, подставив  $P_{ГОП \max}$  в формулу (3.9):

$$M_{M \max} = 0,159 \cdot 43 \cdot 0,95 \cdot 170 \cdot 1 = 1105,3 \text{ Нм}.$$

По формуле (3.15) рассчитано максимальное тяговое усилие на крюке:

$$T_{KP\max} = \frac{2 \cdot 1105,3 \cdot 60,3 \cdot 0,95}{0,44} = 287792,4 \text{ Н.}$$

Именно это значение тягового усилия определяет верхнюю границу тяговой характеристики данной трансмиссии.

Гидростатическая трансмиссия имеет ограничение по максимально допустимой угловой скорости вращения мотора  $\omega_{M\max}$ , которая ограничивает максимальную скорость передвижения  $v_{\max}$  транспортного средства. Подставив  $\omega_{M\max}$  в формулу (3.7), найдено значение  $v_{\max}$ .

$$v_{\max} = \frac{418,9 \cdot 0,44}{60,3} 3,6 = 11 \text{ км/ч.}$$

### 3.1.5 Построение тяговой характеристики

При начале движения рабочий объем мотора максимальный, то есть  $U'_M = 1$ , а рабочий объем насоса минимальный –  $U'_H = 0,01$ , таким образом трансмиссия не нагружает двигатель. Сперва скорость трактора увеличивается за счет изменения рабочего объема насосов, при постоянном объеме моторов. Затем, при достижении максимального рабочего объема насосов, начинают плавно снижаться рабочие объемы моторов. В результате получается плавное изменение выходной характеристики гидрообъемной передачи.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Используя формулы (3.8) и (3.15), с учётом введенных ограничений, рассчитано тяговое усилие и скорость трактора. Расчет проведен с использованием прикладного пакета Microsoft Excel. Результаты расчета сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты тягового расчёта

Относительный угол поворота шайбы насоса $U'_H$	Относительный угол поворота шайбы мотора $U'_M$	Тяговое усилие на крюке $T_{KP}$ , Н	Скорость движения $v$ , км/ч
0,01	1	287792	0,0039
0,05	1	287792	0,1945
0,1	1	287792	0,3889
0,15	1	287792	0,5834
0,2	1	287792	0,7778
0,25	1	287792	0,9723
0,3	1	287792	1,1668
0,35	1	247630	1,3612
0,4	1	216676	1,5557
0,45	1	192601	1,7501
0,5	1	173341	1,9446
0,55	1	157583	2,1391
0,6	1	144451	2,3335
0,65	1	133339	2,528
0,7	1	123815	2,7224
0,75	1	115561	2,9169
0,8	1	108338	3,1114

Продолжение таблицы 3.2

0,85	1	101965	3,3058
0,9	1	96301	3,5003
0,95	1	91232	3,6948
1	1	86670	3,8892
1	0,95	82337	4,0939
1	0,9	78003	4,3213
1	0,85	73670	4,5755
1	0,8	69336	4,8615
1	0,75	65003	5,1856
1	0,7	60669	5,556
1	0,65	56336	5,9834
1	0,6	52002	6,482
1	0,55	47669	7,0713
1	0,5	43335	7,7784
1	0,45	39002	8,6427
1	0,4	34668	9,723
1	0,35	30335	11,003

Отличительной особенностью данного типа трансмиссии является бесступенчатое изменение тягового усилия. Рабочий объем насоса не достигает своего минимума, ограничивая максимальную скорость. На рисунке 3.3 изображена тяговая характеристика ТСК-1.

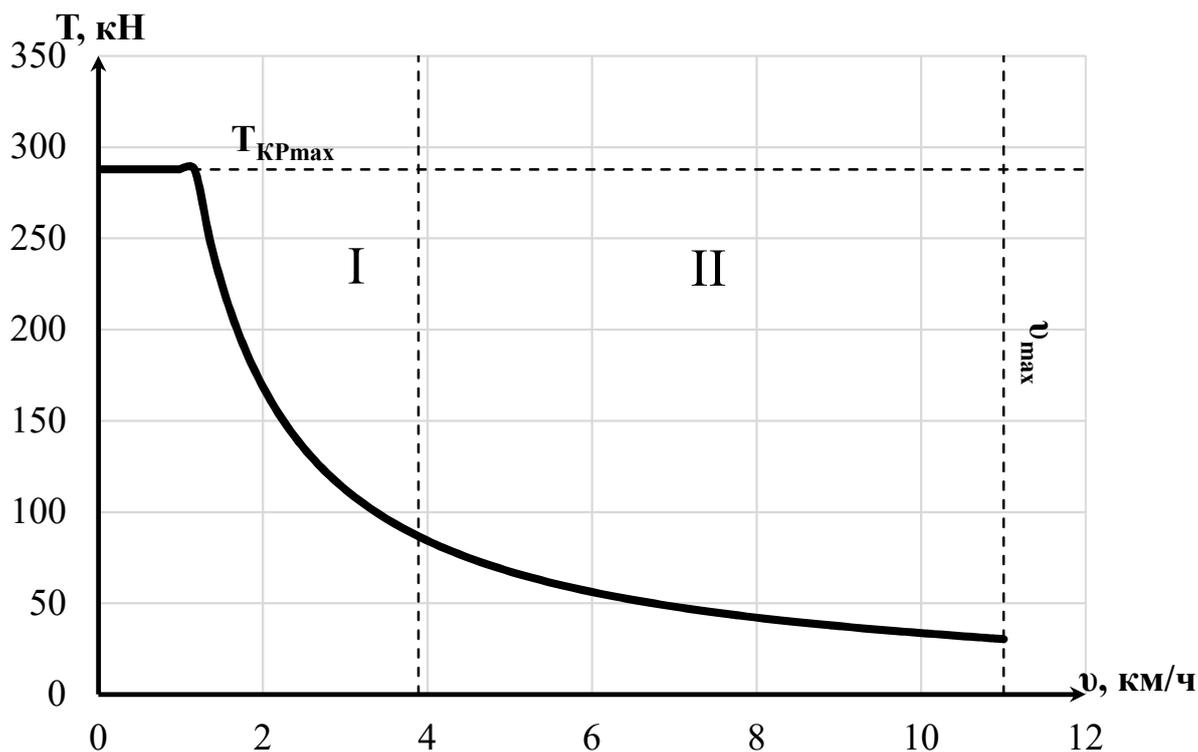


Рисунок 3.3 – Тяговая характеристика ТСК-1

В области построения I тяговое усилие регулируется гидронасосом, а именно увеличением его рабочего объема, путем поворота наклонной шайбы. При достижении максимального рабочего объема, соответствующего углу наклона шайбы в 18 градусов, гидромотор начинает плавно снижать рабочий объем, путем наклона поворотной шайбы. Область II ограничивает область регулирования тягового усилия гидромотором. Вспомогательные линии наглядно отражают вычисленные значения максимального тягового усилия  $T_{KPmax}$  и максимальной скорости  $v_{max}$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

42

### 3.2 Проектировочный расчет дополнительных опорных катков

Проектировочный расчет дополнительных опорных катков проводится с целью определить основные размеры детали, при выбранном материале. Основными размерами дополнительного опорного катка являются диаметр и ширина обода.

#### 3.2.1 Исходные данные

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные проектировочного расчета

Параметр	Обозначение	Значение
Вес трактора, Н	G	170000
Число ободов опорного катка	m	1
Длина шага звеньев гусеничной цепи	$t_r$	203
Коэффициент, учитывающий распределение нагрузки	$k_{дон}$	0,75
Коэффициент запаса	n	1,11
Материал	–	Ст 45 [8]

#### 3.2.2 Выбор диаметра обода

При выборе диаметра обода опорного катка для промышленных тракторов принимают:

$$d = (0,9...1,25)t_r \quad (3.16)$$

$$d = 0,96 \cdot 203 = 195 \text{ мм.}$$

### 3.2.3 Расчет ширины обода

При проектировочном расчете опорных катков принимают, что на них действует вертикальная реакция  $G_K$  со стороны опорной поверхности, которая определяется для условия переезда трактора через поперечное препятствие. В этом случае вес трактора с комбинированной ходовой системой передается через четыре опорных катка, два из которых дополнительные.

Вертикальная реакция на дополнительный опорный каток определяется по формуле:

$$G_K = 0,5k_{дон} G \quad (3.17)$$

$$G_K = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 170000 = 63750 \text{ Н.}$$

Ширина обода  $\tau$  опорного катка находится из его расчета на контактные напряжения по формуле Герца-Беляева:

$$0,418 \sqrt{\frac{G_K E}{mbr}} \leq \frac{\tau_{см}}{n}, \quad (3.18)$$

где  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль упругости;

$\tau_{см} = 588$  МПа – допускаемое напряжение смятия;

$G_K$  – вертикальная реакция на дополнительный каток, Н;

$m$  – количество ободов опорного катка;

$b$  – ширина обода опорного катка, мм;

$r$  – радиус опорного катка, мм;

$n$  – коэффициент запаса.

Определим значение ширины обода опорного катка:

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$b \geq \frac{0,418^2 n^2 G_k E}{\tau_{cm}^2 mr}, \quad (3.19)$$

$$b \geq \frac{0,418^2 1,1^2 63750 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{588^2 1 \cdot 97,5} = 85,49 \text{ мм.}$$

$$b = 86 \text{ мм.}$$

### 3.3 Проверочный расчет оси опорных катков

Ось опорного катка воспринимает всё нагрузку, действующую на каток, согласно предыдущему расчёту, максимальная нагрузка на ось будет действовать при переезде трактора через поперечное концентрированное препятствия. Она составляет 63750 Н.

В программном комплексе SolidWorks выполнено построение расчётной модели оси дополнительного опорного катка, изображенной на рисунке 3.4.

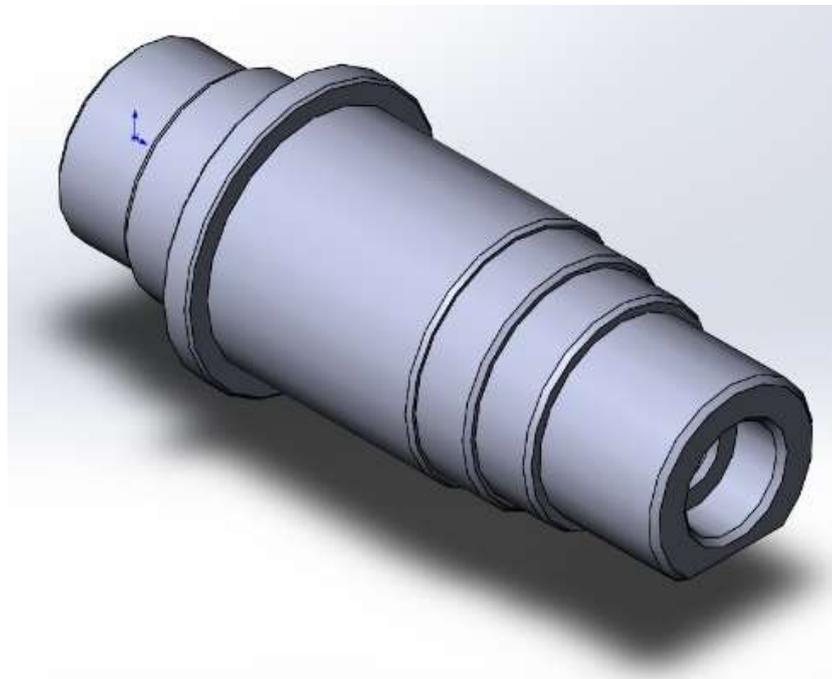


Рисунок 3.4 – Расчётная модель оси дополнительного опорного катка

На основе модели построена сетка конечных элементов, изображенная на рисунке 3.5. Затем заданы места закрепления, а также силы, действующие на ось.

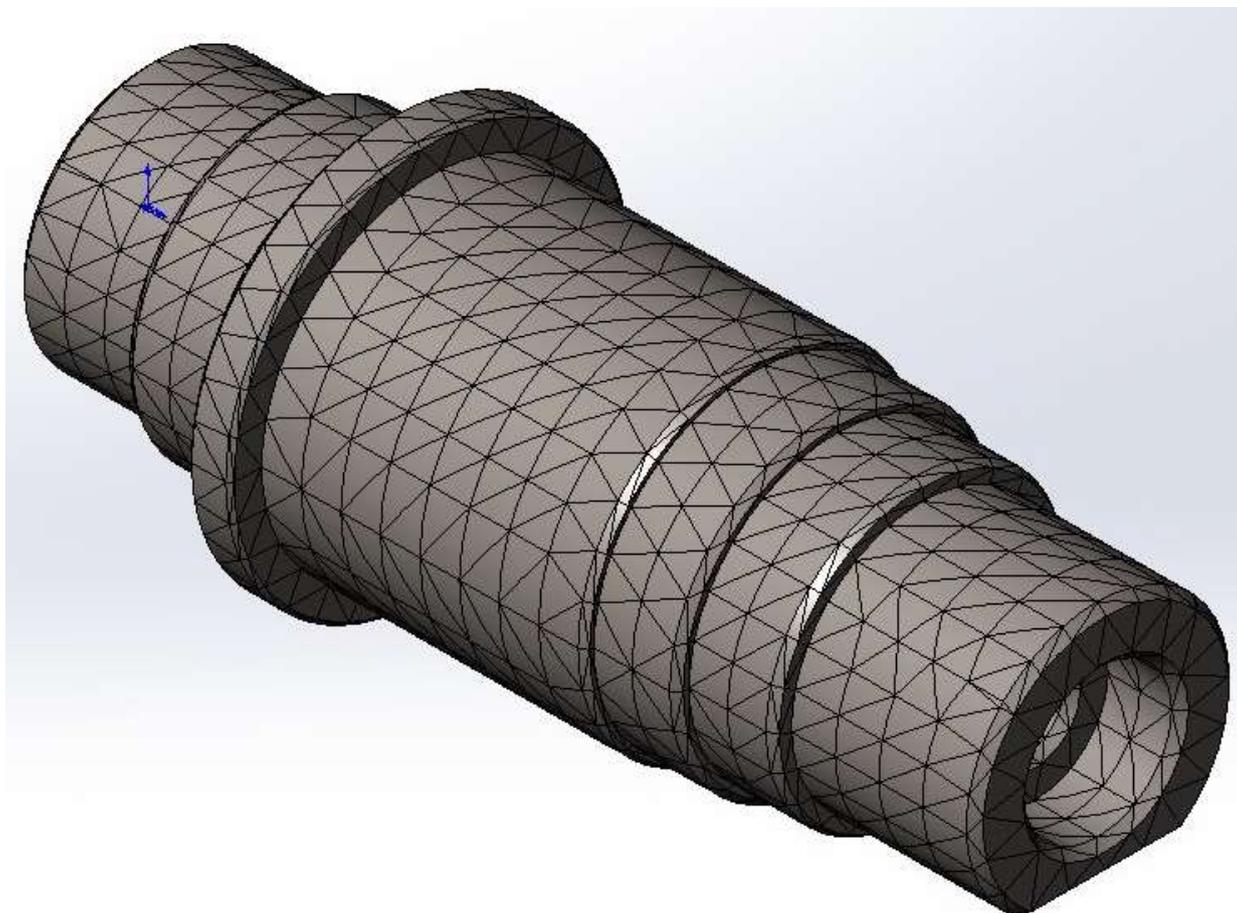


Рисунок 3.5 – Сетка конечных элементов

Проведен расчёт, в результате которого получена эпюра напряжений, изображенная на рисунке 3.6 и эпюра запаса прочности, изображенная на рисунке 3.7. В результате расчёта доказана работоспособность конструкции детали, при заданных нагрузках.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

46

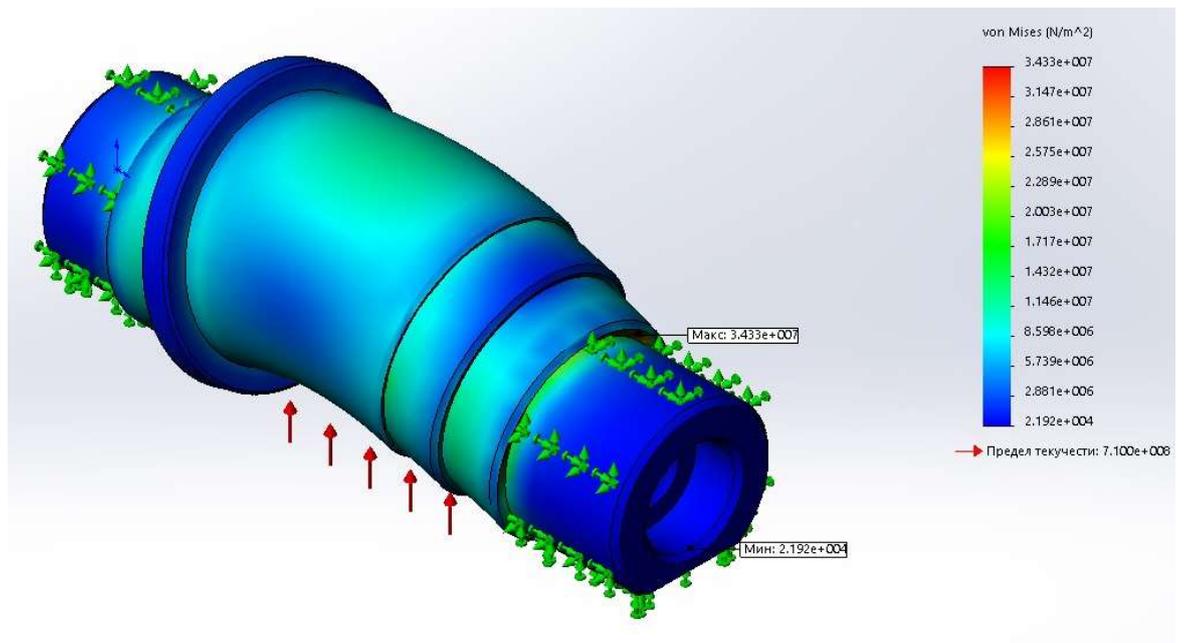


Рисунок 3.6 – Эпюра напряжений

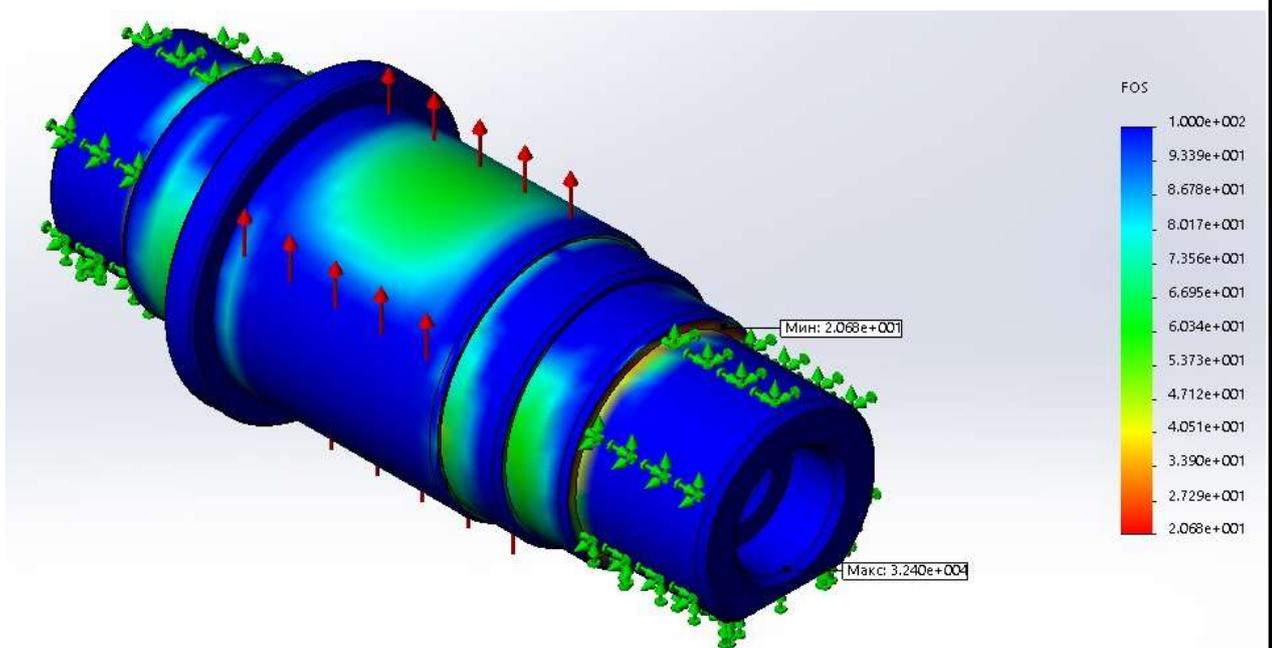


Рисунок 3.7 – Эпюра запаса прочности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

47

### Выводы по разделу три

В данном разделе выпускной квалификационной работы произведен тяговый расчет ТСК-1, в результате которого получена тяговая характеристика трактора. Произведен проектировочный расчет дополнительного опорного катка, с помощью которого определены геометрические размеры катка. Методом конечных элементов произведен расчёт оси дополнительного опорного катка, показавший ее надежность.

					23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Введение

В машиностроении стадия технологической обработки, наряду с разработкой конструкторской документации являются наиболее важными составляющими производства. К современным технологиям предъявляют всё более и более жёсткие требования как в сфере повышения качества и сокращения времени обработки, так и в сфере наиболее экономичного расходования материалов. Сочетание всех этих требований является залогом того, что изделие полностью воплотит в себе те параметры, которые заложил в неё конструктор [9].

Тенденции развития машиностроения в последние десятилетия приводят к созданию автоматизированных линий и цехов, внедрение высокоточного оборудования с программным управлением. Повышаются также требования к квалификации персонала.

Одной из основных задач технологии является экономное расходование материалов, а одним из основных направлений для достижения этой цели можно считать правильный выбор вида заготовительной операции с наименьшими затратами на её дальнейшую обработку.

Правильный выбор технологического процесса также является важным фактором на пути создания детали, отвечающей всем требованиям конструкторской документации, с наименьшим количеством технологических переходов, времени и затрат энергии, затрачиваемых на её изготовление [10].

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

## 4.2 Описание детали и ее назначения

Деталь изображена на рисунке 4.1.

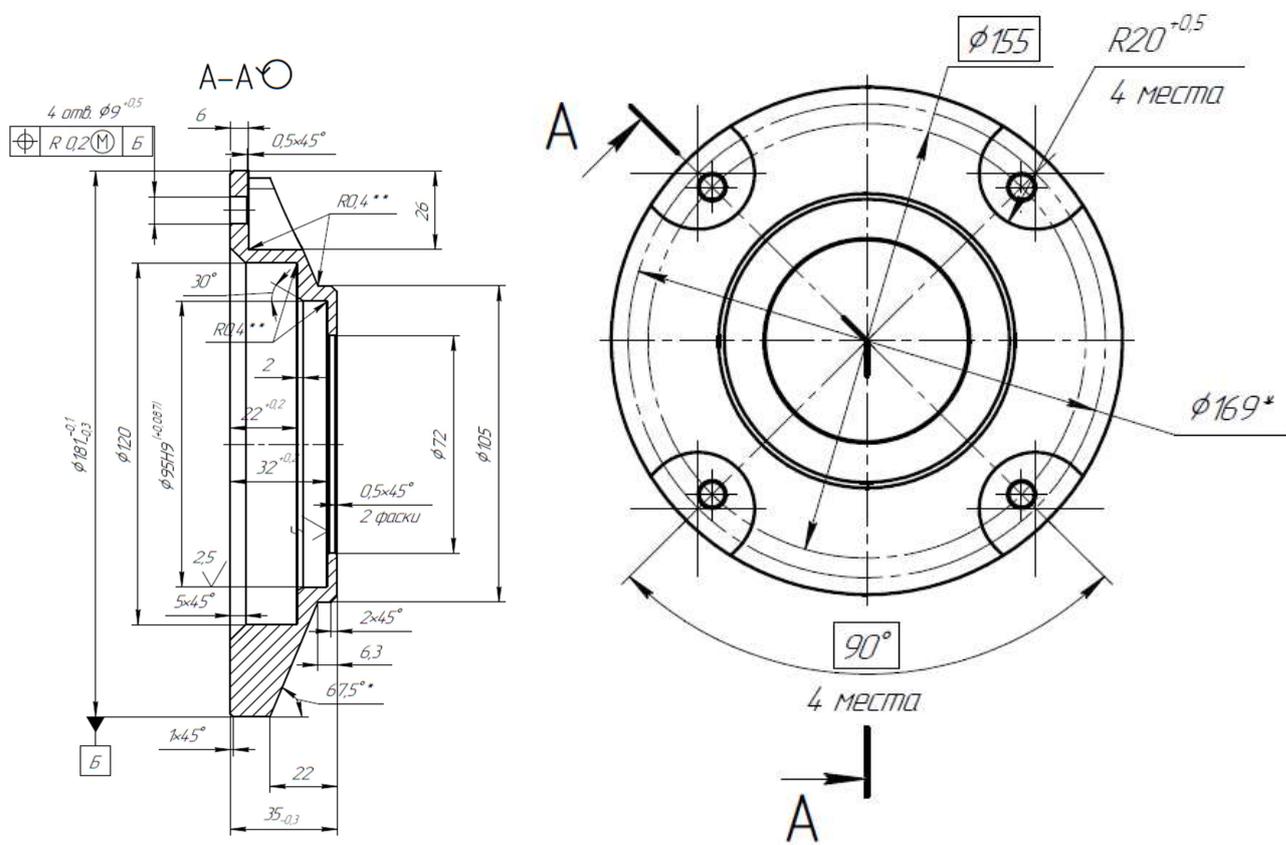


Рисунок 4.1 – Крышка дополнительного опорного катка

Формообразование детали целесообразно перенести на заготовительную стадию, тем самым это позволит снизить расход металла и уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали. Предпочтительным видом получения заготовки для данной детали является литьё.

Конфигурация детали диктует следующий порядок обработки заготовки:

- 000 – заготовительная;
- 005 – токарная с ЧПУ;
- 010 – токарная с ЧПУ;
- 015 – фрезерная с ЧПУ;
- 020 – технический контроль.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

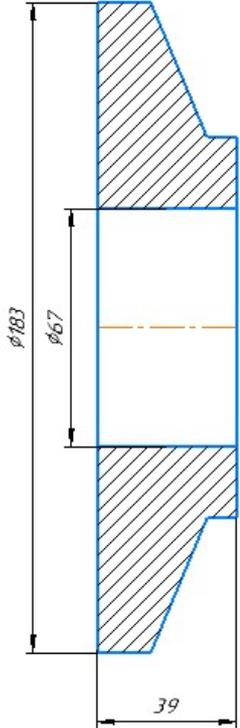
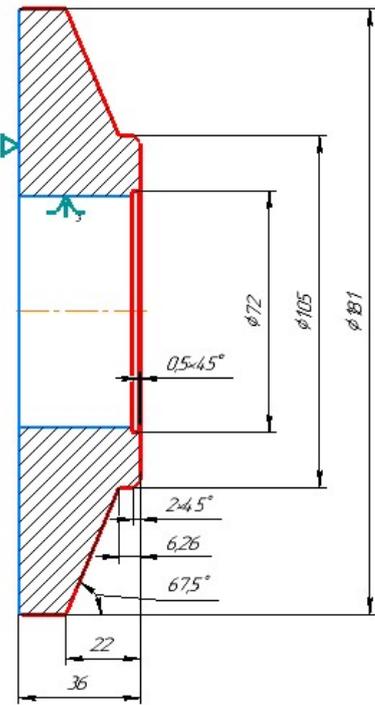
23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

50

В таблице 4.1 представлен технологический процесс изготовления детали «Шестерня полуоси дифференциала».

Таблица 4.1 – Технологический процесс изготовления детали «Крышка дополнительного опорного катка»

Операция	Эскиз обработки детали	Инструмент
000 – заготовительная (литьё)		
005 – токарная с ЧПУ		Токарный станок с ЧПУ Doosan 240 MB [11]

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

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

51

Продолжение таблицы 4.1

<p>010 – токарная с ЧПУ</p>		<p>Токарный станок с ЧПУ Doosan 240 MB [11]</p>
<p>015 – фрезерная с ЧПУ</p>		<p>Фрезерный станок Hartford PRO1000 [12]</p>
<p>020 – технический контроль</p>		<p>Стол ОТК Профилограф-профилометр HOMMEL TESTER T1000 [13]</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

52

## Выводы по разделу четыре

В данном разделе выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс изготовления крышки дополнительного опорного катка. Выбран вид заготовительной стадии - литьё, что обеспечивает снижение отхода металла в процессе технологической обработки. Обеспечено наименьшее количество технологических переходов.

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Организационный раздел

Планирование и управление различными комплексами работ предполагают использование моделей (графиков) проектов или разработок, достаточно полно отражающих в той или иной форме взаимосвязи и характеристики работ, которые предстоит выполнить. Традиционные методы планирования предполагают использование простейших моделей типа ленточных план-графиков Ганнта, которые позволяют отразить календарные сроки начала и окончания каждого вида работы, и длительность цикла выполнения всего комплекса работ.

Ленточные графики составляют в пределах заданного, а не расчетного срока выполнения всего комплекса работ. На основании ленточного графика бюро планирования составляет рабочие планы-графики работы подразделений предприятия. Руководители подразделений составляют задания исполнителям с указанием сроков начала и окончания работ. Этот план-график мы и будем использовать в качестве плана, чтобы обеспечить организованное и своевременное выполнение выпускной квалификационной работы (ВКР). [14]

На план-графике отрезками изображается весь цикл работ по выполнению ВКР. Работы могут выполняться параллельно и последовательно.

Полученные в результате построения план-графика Ганнта данные (ожидаемая продолжительность работ, категории количество исполнителей) будут использоваться в экономическом этапе для расчета капитальных затрат.

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ					

№	Этап работ	Исполнители		Продолжительность, раб. дни	Рабочие дни			
		категория	кол-во		1-9	10-18	19-27	28-36
1	Введение	Инженер	1	2				
2	Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	Инженер	1	5				
3	Описание и обоснование выбранной конструкции	Руководитель темы Инженер	1 1	10				
4	Расчеты подтверждающие работоспособность и надежность конструкции	Руководитель темы Инженер	1 1	10				
5	Организационно-экономический раздел	Консультант по эконом. части Инженер	1 1	4				
6	Раздел БЖД	Консультант БЖД Инженер	1 1	4				
7	Разработка конструкторской документации	Руководитель темы Инженер	1 1	10				

Рисунок 5.1 – План-график Гантта (ленточный) выполнения работ ВКР

## 5.2 Экономический раздел

### 5.2.1 Сметы затрат выпускной квалификационной работы

Для составления сметы затрат необходимо рассчитать укрупненную смету затрат на выполнение проекта (сметную себестоимость)  $C_{см}$ , которую можно представить как сумму следующих типовых статей затрат:

$$C_{см} = C_{м} + C_{з.п.осн.} + C_{з.п.доп.} + C_{в.н.} + C_{накл.}, \quad (5.1)$$

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 5.1.

Таблица 5.1 – Затраты на материалы

Наименование	Стоимость, руб.
Персональные компьютер	20000
Лицензия КОМПАС 3D	127000
Лицензия Microsoft Office	3000
Услуги печати	1000

Величина затрат  $C_M$  рассчитывается по формуле:

$$C_M = k_T \sum_1^m C_i N_{\text{расх}}, \quad (5.2)$$

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.

$$C_M = 1,2(20000 + 127000 + 3000 + 1000) = 181200 \text{ руб.}$$

Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта  $C_{з.п.осн.}$  планируем с учетом продолжительности выполнения проекта и его отдельных этапов, степени занятости исполнителей (для некоторых категорий - трудоемкости работ), с использованием данных о нормах оплаты их труда. Расчет основной заработной платы проведем по отдельным работам (исполнителям).

К основной заработной плате  $C_{з.п.осн.}$  относится оплата труда всего научно-производственного персонала, непосредственно принимавшего участие разработке темы. Для определения затрат по основной заработной плате используем данные по трудоемкости отдельных этапов. Для расчета основной заработной платы научных работников, ИТР и служащих предварительно определяем их среднедневной заработок:

$$L_{\text{ср.д.}} = \frac{L_0}{F}, \quad (5.3)$$

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

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

Определим средневзвешенный заработок консультанта:

$$L_{\text{ср.д.}} = \frac{30000}{21,8} = 1376 \text{ руб.}$$

Определим средневзвешенный заработок инженера:

$$L_{\text{ср.д.}} = \frac{25000}{21,8} = 1147 \text{ руб.}$$

Определим средневзвешенный заработок руководителя дипломного проекта:

$$L_{\text{ср.д.}} = \frac{30000}{21,8} = 1376 \text{ руб.}$$

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

$$L = L_{\text{ср.д.}} \cdot t, \quad (5.4)$$

где  $L$  - заработная плата за выполнение определенного этапа НИОКР;

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

$t$  – трудоемкость работы, чел.-дни.

Определим заработную плату консультанта:

$$L = 1376 \cdot 4 = 5504 \text{ руб.}$$

Определим заработок инженера:

$$L = 1147 \cdot 45 = 51615 \text{ руб.}$$

Определим заработок руководителя проекта:

$$L = 1376 \cdot 30 = 41280 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы рабочих производим на основе тарифной системы. Сперва устанавливаем общий объем работы по видам: сборка, монтаж, наладка и т.д., нормо-час. Затем по каждому виду работ определяем средний разряд и на его основе – среднюю стоимость одного нормо-часа. Суммарную заработную плату рабочих по видам работ определяем по формуле:

$$L = \sum_1^n l_{\text{ср.}i} t_i, \quad (5.5)$$

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

$n$  — количество видов работы;

$l_{\text{ср.}i}$  — 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 5.2.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Таблица 5.2 – 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	1167	2334
2	Инженер	1	5	1167	5835
3	Руководитель	1	10	1376	13760
	Инженер	1	10	1167	11670
4	Руководитель	1	10	1376	13760
	Инженер	1	10	1167	11670
5	Консультант по экономической части	1	4	1376	5504
	Инженер	1	4	1167	4668
6	Консультант БЖД	1	4	1376	5504
	Инженер	1	4	1167	4668
7	Руководитель	1	10	1376	13760
	Инженер	1	10	1176	11760
Итого: 104893 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:

$$C_{з.п.доп} = C_{з.п.оос} \alpha \quad (5.6)$$

$$C_{з.п.доп} = 104893 \cdot 0,13 = 13636.$$

Отчисления по единому социальному налогу  $C_{Е.Н.}$  учитывают взносы организации в государственные внебюджетные фонды (Пенсионный фонд РФ, Фонд социального страхования РФ, Фонд обязательного медицинского страхования РФ). Ставки взносов устанавливаются Налоговым кодексом РФ, их величина дифференцирована в зависимости от зарплаты персонала организации. При обосновании сметной себестоимости темы ДП величину  $C_{Е.Н.}$  определяем по формуле:

$$C_{Е.Н.} = (C_{з.п.оос} + C_{з.п.доп}) k_c, \quad (5.7)$$

где  $k_c$  – коэффициент, соответствующий ставке единого социального налога.

$$C_{Е.Н.} = (104893 + 13636) \cdot 0,30 = 35559 \text{ руб.}$$

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

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

$$C_{\text{накл.}} = C_{\text{з.п.оос.}} \cdot k_{\text{н}}, \quad (5.8)$$

где  $k_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$C_{\text{накл.}} = 104893 \cdot 0,5 = 52447 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{см}} = 181200 + 104893 + 52447 + 35559 + 13636 = 387735 \text{ руб.}$$

Все полученные данные расчетов сведем в ведомость затрат этапов дипломного проекта, таблица 5.3.

Таблица 5.3 – Ведомость затрат этапов выполнения ВКР

Статьи затрат	Базовая сметная стоимость, руб.	Удельный вес элементов затрат в сметной стоимости, %	Плановая сметная стоимость, руб.
Материалы	181000	46,7	181200
Основная заработная плата	104000	27,1	104893
Дополнительная заработная плата	13000	3,5	13636
Социальные отчисления	35000	9,2	35559
Прочие накладные расходы	52000	13,5	52447
Всего по теме	385000	100	387735

## 5.2.2 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:

$$K_{\text{СУМ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{сопр}} + K_{\text{НИОКР}}, \quad (5.9)$$

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 ВКР учитываются только прямые капитальные вложения:

$$K_{\text{пр}} = (0,5 \dots 0,9) C_{\text{пол}} \cdot A_{\Gamma}, \quad (5.10)$$

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

$A_{\Gamma}$  – программа выпуска продукции, которая равна 10 шт.

Найдем полную себестоимость трактора  $C_{\text{пол}}$ , методом удельных показателей:

$$C_{\text{пол}} = (0,27 + \frac{0,67}{\sqrt{A_{\Gamma}}}) G, \quad (5.11)$$

где  $G$  – масса трактора.

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

$$C_{пол} = \left(0,27 + \frac{0,67}{\sqrt{10}}\right) \cdot 17000000 = 8191834 \text{ руб.}$$

Найдем прямые капитальные вложения по формуле (5.10):

$$K_{пр} = 0,6 \cdot 8191834 \cdot 10 = 49151004 \text{ руб.}$$

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.

$$T_{ок} = \frac{K_{сум}}{\Pi_p}, \quad (5.12)$$

где  $T_{ок}$  – период окупаемости;

$K_{сум}$  – ежегодные капитальные вложения;

$\Pi_p$  – проектная прибыль.

$$\Pi_p = \Pi_б k_{н.п.}, \quad (5.13)$$

где  $\Pi_б$  – балансовая (общая) прибыль;

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

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

$$\Pi_6 = (\Pi_{отп} - C_{пол}) A_T \quad (5.14)$$

$$\Pi_6 = (9420609 - 8191834) \cdot 10 = 12287750 \text{ руб.}$$

$$\Pi_p = 12287750 \cdot 0,76 = 9338690 \text{ руб.}$$

$$T_{ок} = \frac{49151004}{9338690} = 5,3 \text{ г.}$$

Графической иллюстрацией срока окупаемости проекта является график денежных потоков рисунок 5.2.

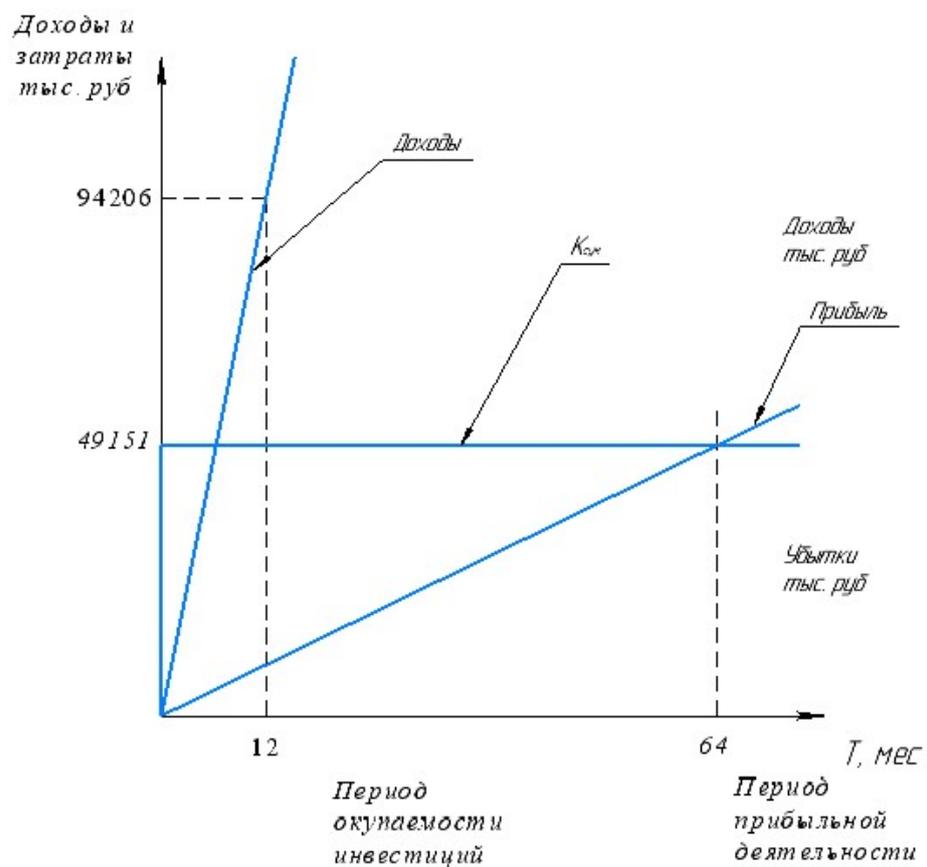


Рисунок 5.2 – график денежных потоков

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

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

65

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:

$$A_{кр} = \frac{B}{C_{отп.} - a}, \quad (5.15)$$

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.

$$A_{кр} = \frac{57342838}{9420609 - 2457550} = 8 \text{ шт/год.}$$

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

$$V_p = C_{отп} A_r \quad (5.16)$$

$$C = a A_r + B \quad (5.17)$$

$$V_p = 9420609 \cdot 10 = 94206090 \text{ руб/год.}$$

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ					

$$C = 2457550 \cdot 10 + 57342838 = 81918338 \text{ руб/год.}$$

Графической иллюстрацией определения точки безубыточности служит рисунок 5.3.

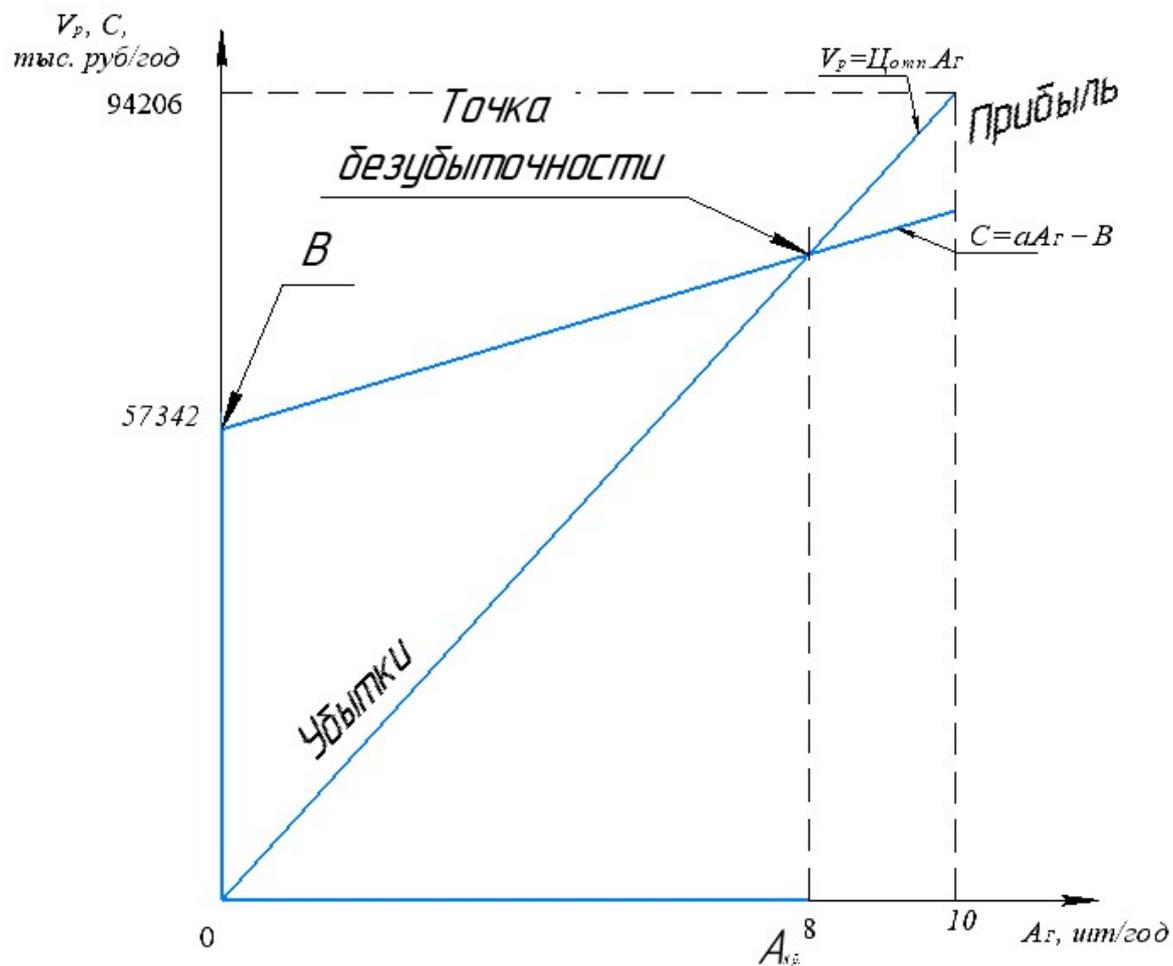


Рисунок 5.3 – график точки безубыточности

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

23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ

Лист

67

Таблица 5.4 – Техничко-экономические показатели инвестиционного проекта

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Годовая программа	шт.	10
Полная себестоимость	тыс. руб.	8192
Оптовая цена	тыс. руб.	9420
Прибыль	тыс. руб./год	9339
Инвестиции	тыс. руб.	49151
Срок окупаемости	год	5,3
Точка безубыточности	шт.	8

Выводы по разделу пять

В организационно-экономическом разделе выпускной квалификационной работы представлена оценка рынка сбыта данного изделия. Рассчитана себестоимость изделия. Дана оценка коммерческой состоятельности и эффективности инвестиций. Построены графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков. Экономический расчет показал, что производство трактора, массой 17 тонн с наценкой 15% от себестоимости, партией 10 штук в год, окупится через 64 месяца.

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности представляет собой область научных знаний, которая охватывает теорию и практику защиты человека от вредных и опасных факторов во всех сферах человеческой деятельности.

Задачей раздела БЖД является выявление всех вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникнуть при производстве и ремонте тракторной техники.

### 6.1 Анализ опасных и вредных факторов, возникающих на производстве

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [15], на рабочем месте слесаря-ремонтника в процессе производства могут возникнуть следующие опасные и вредные производственные факторы:

- нарушение микроклимата;
- повышенный уровень вибрации;
- нарушение условий освещенности;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень напряжений прикосновения и токов.

#### 6.1.1 Микроклимат производственных помещений

Под микроклиматом производственных помещений понимают метеорологические условия внутренней среды этих помещений.

Параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- подвижность воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

Параметры микроклимата зависят от особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий вентиляции и отопления.

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 2.2.4.3359-16 [16].

Важное значение в нормах имеет отдельное нормирование каждого компонента микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха. В рабочей зоне должны обеспечиваться параметры микроклимата, соответствующие оптимальным и допустимым значениям. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 6.1.

Для поддержания температуры воздуха в указанных пределах используют системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к этим системам устанавливают СНиП 41-01-2003 [17].

Контроль состояния микроклимата в производственной зоне осуществляется при помощи термометров и измерителей влажности.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

Таблица 6.1 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозагр., Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже опт. величин	Диапазон выше опт. величин			Для температур ниже опт. величин	Для температур выше опт. величин
Холодный	IIa (175-232)	17-18,9	21,1-23	16-24	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15-16,9	19,1-22	14-23		0,2	0,4
теплый	IIa (175-232)	18-19,9	22,1-27	17-28		0,1	0,4
	IIб (233-290)	16-18,9	21,1-27	15-28		0,2	0,5

## 6.1.2 Производственная вибрация

Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) условно подразделяют на: местную (локальную), передающуюся на руки работающего, и общую, передающуюся через опорные поверхности на тело человека в положении сидя (ягодицы) или стоя (подошвы ног). Общая вибрация в практике гигиенического нормирования обозначается как вибрация рабочих мест. В производственных условиях нередко имеет место сочетанное действие местной и общей вибрации.

Нормы, определяющие допустимые вибрации при работе с механизмами и оборудованием и на рабочем месте, приведены в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Нормы вибрации

Частота, Гц	Виброинструмент		Рабочее место	
	Уровень колебательной скорости, дБ	Колебательная скорость, см/с	Уровень колебательной скорости, дБ	Колебательная скорость, см/с
16	120	5,0	97	0,35
32	117	3,5	93	0,22
63	114	2,5	95	0,27
125	111	1,8	97	0,35
500	105	0,9	—	—
1000	102	0,63	—	—
2000	99	0,45	—	—

Параметры производственной вибрации регламентируются СанПиН 2.2.4.3359-16 [16].

Производственная вибрация по физическим характеристикам имеет довольно сложную классификацию.



### 6.1.3 Требования к производственному освещению

Свет представляет собой видимые глазом электромагнитные волны оптического диапазона (380-760 нм), воспринимаемые сетчаткой глаза.

Освещение производственных помещений регламентируется СП 52.13330.2016 [18].

Организация рационального освещения рабочих мест является одним из основных вопросов охраны труда. Нормы освещенности определяются исходя из характеристики зрительной работы, которая зависит от наименьшего размера объекта различения работником.

Искусственное освещение должно быть комбинированным: общее верхнее освещение и местное, состоящее из электрических светильников и переносных ламп. Также допускается совмещенное освещение, когда наряду с искусственным используется естественное освещение. Нормы по показателям искусственной освещенности на рабочем месте слесаря-ремонтника представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Нормы по показателям искусственной освещенности

Норма искусственной освещенности, лк	Норма коэффициента пульсации, %	Норма естественной освещенности, КЕО, %
200	20	>0,5

К гигиеническим требованиям, отражающим качество освещения на производстве, относят:

- равномерное освещенность;
- ограничение прямой и отраженной блескости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

Степень неравномерности освещенности определяется коэффициентом неравномерности – отношением максимальной освещенности к минимальной.

Блесткость – свойство светящихся поверхностей с повышенной яркостью нарушать условия комфортного зрения, ухудшать контрастную чувствительность или оказывать одновременно оба эти действия.

#### 6.1.4 Уровень шума в производственных помещениях

В производственных условиях источниками шума являются работающие механизмы, ручные инструменты, электрические машины, кузнечнопрессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование и т.д.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются СанПиН 2.2.4.3359-16 [16] и СП 51.13330.2011 [19].

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 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.

Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах представлены в таблице 6.4.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

Таблица 6.4 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления

Назначение трудовой деятельности	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами	-	107	95	87	80	78	75	73	71	69	80
		103	91	83	77	73	70	68	66	64	
Работа требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами											75

### 6.1.5 Значения напряжений прикосновения и токов

Согласно ПУЭ [20] напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при неаварийном режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
Переменный, 50Гц	2	0.3
Переменный, 400Гц	3	0.4
Переменный, 400Гц	8	1.0

Оборудование, питающееся от сети напряжением 380 В, должно быть заземлено, электрические шкафы должны иметь блок предохранителя-выключателя электрического типа. В качестве индивидуального средства защиты от поражения электрическим током в помещении должны быть диэлектрические перчатки диэлектрические и резиновые коврики.

### 6.2 Требования безопасности для слесаря-ремонтника

Техника безопасности – комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда. Он включает в себя правила обращения с инструментами и механизмами.

Техника безопасности для слесаря при выполнении ремонтных работ включает в себя три основных этапа: до начала работ, во время проведения работ, после выполненных работ.

Требования безопасности перед началом работы:

1) Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть обшлага рукавов, заправить ее так, чтобы не было развевающихся концов. Не работать в легкой обуви (тапочках, сандалиях, босоножках). Проверить, достаточно ли освещено рабочее место.

2) Проверить, чтобы инструмент отвечал следующим требованиям: молотки должны быть насажены на рукоятки овального сечения, расклиненные металлическими завершенными клиньями и изготовленные из дерева твердых и вязких пород; гаечные ключи должны быть исправными и соответствовать размерам болтов и гаек, наращивать ключи другими предметами запрещается; молотки, зубила, бородки, обжимки, керны и т.д. не должны иметь сбитых и скошенных бойков, заусенцев; при обнаруженных неполадках сообщить механику и до их устранения к работе не приступать;

3) При необходимости работы с электроинструментом получить электроинструмент и убедиться в его исправности: изоляция шлангового провода не должна иметь повреждений; провод со штепсельной вилкой должен иметь специальный контакт провода заземления, присоединений к корпусу электроинструмента; клеммы подключения провода должны быть надежно укрыты; включая электроинструмент повернуть его рабочей частью от себя в безопасное место; проверить наличие диэлектрического (резинового) коврика на рабочем месте.

4) При использовании переносной электрической лампы проверить, есть ли на лампе защитная сетка, исправлен ли шнур и изоляционная резиновая трубка. Напряжение переносных ламп должно быть не выше 12В.

5) Не производить самостоятельно никаких подключений электроинструмента, вызвать для этой цели дежурного-электромонтера.

6) Получая для работы пневматический инструмент, убедиться в том, что воздушные резиновые шланги не имеют повреждений, надежно закреплены на штуцере, а также соединены между собой при помощи завершенных ниппелей и

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ					



12) Приступая к работе на разрешенном руководителем работ оборудовании (сверлильном станке и т.д.) проверить: исправность его частей и механизмов (внешний осмотр); действие органов управления (кнопок, педалей, рычагов и т.д.); наличие смазки трущихся частей оборудования; работу оборудования на холостом ходу.

13) При обнаружении неисправностей оборудования, инструмента или приспособления как перед началом работы, так и во время работы сообщить руководителю работ и до устранения неполадок к работе не приступать. Работать на неисправном оборудовании, пользоваться неисправными инструментами, а также разбирать и ремонтировать электрический инструмент слесарю запрещается.

Требования безопасности во время работы:

1) Не наращивать ключи трубами во избежание срыва нарезки, а при рубке зубилом с помощью кувалды держать зубило специальной державкой.

2) Все снятые при ремонте части технологического оборудования размещать на заранее выбранных местах, прочно укладывать с применением прокладок, круглые детали укладывать с применением упоров.

3) Ставить снятые части у работающего оборудования не разрешается. Между снятыми частями и около ремонтируемого оборудования оставлять свободные проходы и рабочие площади, необходимые для выполнения ремонтных работ.

4) Промывку деталей в керосине производить на специально отведенных местах под местной вытяжной вентиляцией и соблюдением правил пожарной безопасности.

5) При перемещении тяжелых грузов, если нет грузоподъемной машины, пользоваться исправными такелажными листами или катками одинакового диаметра.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ				

6) При подведении катков под груз пользоваться надежными приспособлениями. Не применять катки, если они не обладают необходимой прочностью.

7) Надеть брезентовые рукавицы, специальные защитные очки при работах, образующих окалину, пыль и мелкую стружку.

8) Бережно обращаться с пневматическим и электрическим инструментом, не бросать и не допускать его падения, класть осторожно на сухое и чистое место на виду, не оставлять без присмотра.

9) Прокладывать воздушные шланги, электропровод и кабель так, чтобы на них не наезжал транспорт, и не наступали люди, не допускать их переломов, запутывания пересечений с тросами, ацетиленовыми, пропановыми и кислородными шлангами.

10) При переноске пневматического инструмента держать его за рукоятку корпуса, а воздушный шланг, электропровод или кабель свернутыми в кольцо. Запрещается переносить инструмент, удерживая его за шланг, электропровод, кабель или за режущую часть. При переходе с одного рабочего места на другое пневматический или электрический инструмент должен быть отключен от сети питания.

11) Не пользоваться сверлами со сбитыми или свернутыми конусами.

12) Смену вставного инструмента производить при выключенной штепсельной вилке электроинструмента, а пневматического инструмента при закрытом вентиле на воздушной магистрали.

13) Обработывая детали пневматическим или электрическим инструментом, убедиться в том, что деталь надежно закреплена и не может провернуться во время обработки.

14) При работе пневматическим или электрическим инструментом вращательного действия не держать руки вблизи вращающегося режущего инструмента, остерегаться захвата инструментом спецодежды.

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ					

15) При прекращении подачи электроэнергии, при перерыве в работе электроинструмент отсоединить от сети.

16) Работать пневматическим инструментом с приставных переносных лестниц и стремянок запрещается.

17) При работе на гидравлических прессах устанавливать запрессовываемые детали строго вертикально без перекосов, так как они могут отлететь и нанести травму.

18) При распрессовке деталей на гидравлических прессах и приспособлениях съем и укладку деталей производить только при полной неподвижности штока находящегося в верхнем положении.

19) Гидравлические скобы при запрессовке подшипников держать только за ручки.

20) Обрабатываемые детали, тиски и приспособления прочно и надежно закрепить на столе или плите. Крепление специальными крепежными деталями: болтами, пружинными планками, упорами и т.д.

21) При работе на абразивных кругах заточного станка установить защитные экраны. При отсутствии экранов работать в защитных очках. Следить за правильностью установки подручников; подручник должен быть установлен так, чтобы прикосновение изделия к кругу происходило по горизонтальной плоскости, проходящей через центр или несколько (до 10мм) выше его, зазор между краем подручника и рабочей поверхностью круга должен быть не более 3 мм, причем края подручников не должны иметь выбоин. Не затачивать инструмент на торцовых поверхностях круга.

22) При слесарной обработке деталей прочно закреплять обрабатываемую деталь в тиски.

23) Тиски содержать в полной исправности.

24) Необходимый инструмент разложить на верстаке так, чтобы было удобно им пользоваться во время работы.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

25) Поверхность верстака должна быть гладкой без выбоин и заусенцев, содержаться в чистоте и порядке.

26) Детали, поступающие в обработку, укладывать в установленном порядке, не загромождая рабочего места и проходов.

27) Пол у верстака должен быть ровным и сухим, а перед верстаком уложена исправная деревянная решетка или подставка.

Требования безопасности по окончании работ:

1) Привести в порядок рабочее место и произвести уборку у станка, на котором выполнялась работа.

2) Проверить наличие инструмента, не оставлять его на месте работы, убрать в шкаф.

3) Электро- и пневмоинструмент сдать руководителю работ.

4) Убрать с верстака все детали и уложить их устойчиво в установленное для этого место.

5) Сдать рабочее место и оборудование сменщику или руководителю работ, сообщить о всех замечаниях, неисправностях, неполадках: в работе оборудования, инструмента и приспособлений.

Выводы по разделу шесть

Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, в результате которого определены предельно-допустимые нормы по микроклимату, вибрации, освещенности, шуму и напряжениям касания для слесаря-ремонтника тракторной техники. Наибольшую опасность для слесаря при ремонте представляет неосторожное обращение с инструментами и вспомогательными механизмами. Для предотвращения этого составлены требования безопасности на всех этапах работ.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе, на основе анализа существующих конструкций, выбрана и спроектирована ходовая система промышленного трактора-путьекладчика ТМ-10 с комбинированным ходом.

Спроектированная система комбинированного хода – с универсальным гусеничным движителем позволяет транспортировать путьекладчик трактором как по грунту, так и по железным дорогам, без задержки на смену хода. Обеспечивает возможность двигаться по железным дорогам с шириной колеи 1520 и 1435 мм, путём поперечного сдвига всех башмаков гусеницы, что обеспечивает двухпозиционное болтовое крепление. Что полностью отвечает требованиям технического задания Министерства Обороны Российской Федерации.

В процессе работы был проведен проектировочный расчёт дополнительных катков, в результате которого сконструированы основные сборочные единицы и детали составных частей тележек гусениц, обеспечивающие движение трактора по рельсам.

В технологическом разделе разработан технологический процесс изготовления крышки дополнительного опорного катка.

В организационно-экономическом разделе рассчитана себестоимость изделия. Дана оценка коммерческой состоятельности и эффективности инвестиций. Построены графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков.

					<b>23.05.01.2018.881.00.00 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84



- 12 <http://www.hartford.com.tw/en/Product/Vertical-Machining-Center/PRO>.
- 13 [https://finval.ru/catalog/instrument/sredstva\\_izmereniya/mitutoyo](https://finval.ru/catalog/instrument/sredstva_izmereniya/mitutoyo).
- 14 Заслонов, В. Г. Организационно – экономическая часть дипломного проекта: учебное пособие / В. Г. Заслонов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 95 с.
- 15 ГОСТ 12.0.003–2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2016. – 10 с.
- 16 СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М.: Минздрав России, 2016 – 69 с.
- 17 СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004. – 45 с.
- 18 СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 2016. – 102 с.
- 19 СП 51.13330.2011. Защита от шума. – М.: Минстрой России, 2011. – 46 с.
- 20 ГОСТ 12.1.030–81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
- 21 СТО ЮУрГУ 04 – 2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
- 22 ГОСТ 6402–72. Шайбы пружинные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 20 с.
- 23 ГОСТ 7798–70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 11 с.
- 24 ГОСТ 27365–87. Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

- 25 ГОСТ 30893.2–2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.
- 26 ГОСТ 26.020-80. Шрифты для средств измерений и автоматизации. Начертания и основные размеры. – М.: Стандартиформ, 2008. – 31 с.
- 27 ГОСТ 8752-79. Манжеты резиновые армированные для валов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 65 с.
- 28 ГОСТ 19853-74. Пресс-масленки. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2005. – 6с.
- 29 ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М.: Стандартиформ, 2016. – 12с.
- 30 ГОСТ 14637-89. Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8с.
- 31 ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный. Сортамент. – М.: Стандартиформ, 2009. – 5 с.
- 32 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 39 с.
- 33 ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
- 34 ГОСТ 21150-87. Смазка Литол-24. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 5 с.
- 35 ГОСТ 6465-76. Эмали ПФ-115. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 14 с.
- 36 ГОСТ 23518-79. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ, 2011. – 27 с.