

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., профессор
_____/В.Н. Бондарь/
«__» _____ 2019 г.

Разработка составной гусеницы промышленного трактора для работы на
абразивных грунтах

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.03.02.2019.024.00.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы
к.т.н., доцент
_____/Ю.М. Землянский/
«__» _____ 2019 г.

Автор работы
студент группы П-405
_____/Р.Р. Сабитов/
«__» _____ 2019 г.

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

АННОТАЦИЯ

Сабитов Р.Р. Разработка составной гусеницы промышленного трактора для работы на абразивных грунтах – Челябинск: ЮУрГУ, АТ; 2019, 53 с., 23 ил., 8 табл., библиогр. список - 24 наим., 6,5 л. чертежей ф. А1, 1 лист карты техпроцесса

В выпускной квалификационной работе выполнен обзор конструкций и условий эксплуатации составной гусеницы рельсового типа. Дана оценка ресурса в зависимости от грунтовых условий эксплуатации и определены пути его повышения. Конструктивный анализ показал, что для работы на высокоабразивных грунтах перспективной является конструкция составной гусеницы с закрытым шарниром с жидкой смазкой и вращающейся втулкой (цевкой). Выполнены проверочные расчеты прочности пальца и втулки данной конструкции гусеницы. Разработаны чертежи уплотнительного устройства и деталей шарнира. Разработан технологический процесс изготовления пальца гусеницы. Проект выполнен на примере промышленных тракторов класса 10 ... 15 Тс.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ									
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>										
<i>Разраб.</i>		<i>Сабитов Р.Р.</i>			Разработка составной гусеницы промышленного трактора для работы на абразивных грунтах.									
<i>Проверил</i>		<i>Землянский Ю.М.</i>												
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дуюн В.И.</i>												
<i>Утверил.</i>		<i>Бондарь В.Н.</i>												
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Литера</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Лист</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Листов</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">53</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">ЮУрГУ Кафедра «КГМ»</td> </tr> </table>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		3	53	ЮУрГУ Кафедра «КГМ»		
<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>												
	3	53												
ЮУрГУ Кафедра «КГМ»														

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 КОНСТРУКЦИЯ, УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СОСТАВНОЙ ГУСЕНИЦЫ.....	6
1.1 Виды гусениц тракторов и их характеристики.....	6
1.2 Конструкционный анализ соединений и деталей составной гусеницы.....	11
1.2.1 Герметизация шарнира гусеницы.....	11
1.2.2 Особенности работы цевочного зацепления	20
1.2.3 Узел замыкания гусеницы.....	23
2 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПАЛЬЦА И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ВТУЛКА-ПАЛЕЦ ГУСЕНИЦЫ.....	26
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАЛЬЦА ГУСЕНИЦЫ.....	31
3.1 Анализ служебного назначения детали.....	31
3.2 Анализ технологичности детали.....	33
3.2.1 Определение технологичности детали.....	33
3.3 Анализ метода получения заготовки.....	37
3.4 Технологический процесс обработки детали.....	39
3.5 Контроль готовой детали.....	41
3.6 Возможный брак при изготовлении детали.....	42
3.7 Режимы резания и нормы времени.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение высокой износостойкости деталей является одним из обязательных условий надежной работы машин и получения максимального экономического эффекта от их применения. Это в первую очередь относится к ходовой части гусеничных промышленных тракторов, ресурс которой ниже ресурса остальных агрегатов и определяется главным образом износостойкостью. В наибольшей степени на износостойкости гусеничного движителя сказывается долговечность гусеничных цепей, металлоемкость которых составляет 16 ... 19% массы трактора, а ресурс в 2,5 ... 3 раза меньше ресурса остальных узлов трактора. Основной расход запасных частей как по массе (70 ... 75%), так и по стоимости (45 ... 50%) приходится на ходовую систему трактора и, в частности, на гусеницу. Расход запасных частей гусеницы от расхода запасных частей ходовой системы достигает: по массе 75 ... 90%; по стоимости 70 ... 83%.

Кроме того, изменение в результате износа геометрических параметров гусеничных цепей существенно влияет на интенсивность износа практически всех сопряженных деталей гусеничного движителя. Так увеличение шага цепи и наружный износ втулки приводят к нарушению правильности цевочного зацепления с ведущим колесом и, как следствие, ускоренному его износу.

Следовательно, повышение долговечности гусеничных цепей промышленных тракторов является актуальной задачей. Как показала практика проектирования и эксплуатации промышленных тракторов, одним из наиболее эффективных способов повышения ресурса гусениц является герметизация и смазка шарниров [1].

Целью данной выпускной квалификационной работы (ВКР) является повышение долговечности гусениц промышленных тракторов.

Задача ВКР – создание проекта гусеницы, предназначенной для эффективной работы на высоко абразивных грунтах.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 КОНСТРУКЦИЯ, УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СОСТАВНОЙ ГУСЕНИЦЫ

1.1 Виды гусениц тракторов и их характеристики.

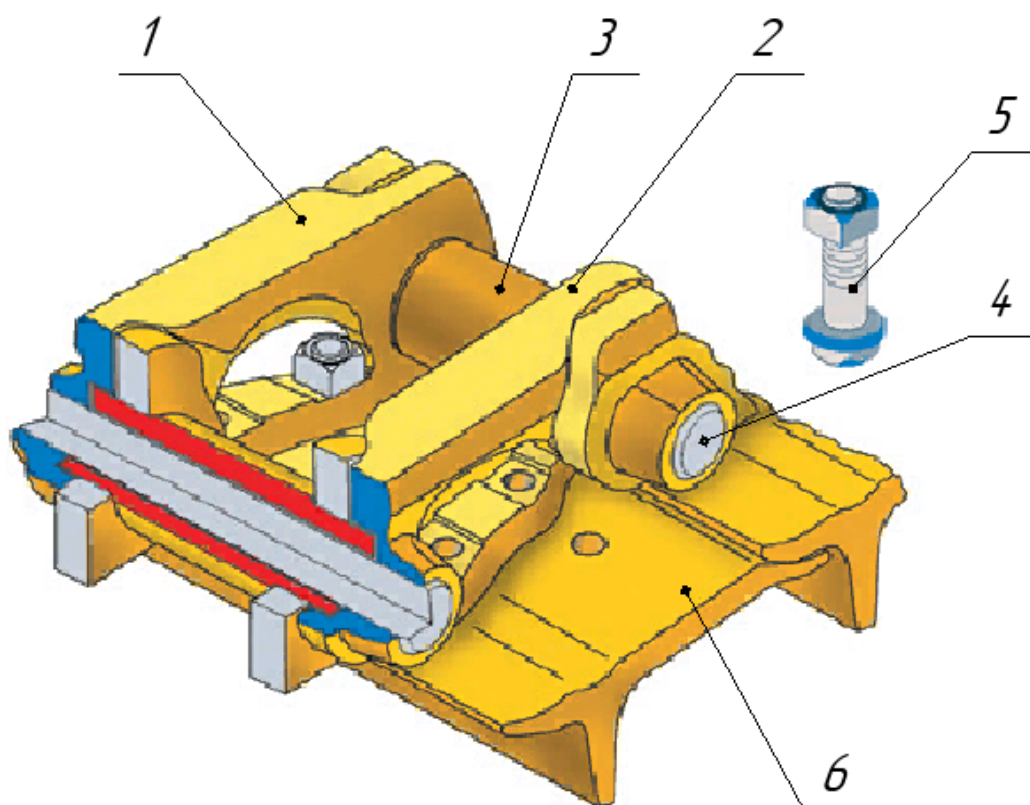
В зависимости от назначения тракторов применяют четыре типа гусениц : шарнирная с составными звеньями, шарнирная с литыми звеньями (траками), с резинометаллическими шарнирами и бесшарнирная ленточная. На тракторах промышленного назначения преобладающее распространение получили гусеницы с составными звеньями, обладающее более высокой прочностью и износостойкостью, чем гусеницы остальных типов.

Функционально гусеница выполняет роль металлической дорожки, по которой на катках движется остов трактора, обеспечивает сцепление с грунтом, распределяет вес трактора на большую опорную поверхность и реализует тяговое усилие, находясь в постоянном зацеплении с ведущим колесом трактора.

Гусеницы с составными звеньями выполняются сборными из отдельных штампованных и механически обработанных с жесткими допусками деталей (рисунок 1.1). Они содержат правое 1 и левое 2 звенья, в одну из проушин которых запрессовывается втулка 3. Запрессовка втулки в звено в большинстве конструкций гусениц осуществляется до выступания торца. В другие проушины следующих двух звеньев запрессовывается палец 4, вставленный во втулку предыдущих звеньев, а выступающая часть втулки размещается в расточке, выполненной соосно с отверстием под палец. Для обеспечения необходимой прочности прессовых соединений применяют высокие натяги (0,2 ... 0,4 мм.). Усилие запрессовки достигает 25 ... 40тс. К звеньям болтами 5 закрепляется башмак 6. Сопряжение втулки с пальцем образует шарнирное соединение гусеницы. Оно приподнято над грунтом и частично защищено от непосредственного контакта с ним плитой башмака. Подвижность шарнирных соединений обусловлена наличием зазора между втулками и пальцами и

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

соседними звеньями. Детали гусениц изготавливают из углеродистых качественных конструкционных сталей, легированных марганцем, хромом, бромом, молибденом. Термическая и химико-термическая обработки обеспечивают высокую твердость рабочих поверхностей деталей гусениц в сочетании со сравнительно мягкой и вязкой сердцевиной. Это дает повышенную износостойкость в абразивной среде и необходимую прочность при ударных нагрузках [2].



1,2– звенья, 3– втулка; 4– палец; 5– болт; 6– башмак

Рисунок 1.1 – Гусеницы с составными звеньями

Гусеницы трактора по характеру выполняемых функций непосредственно взаимодействует с грунтом, подвергаясь всестороннему воздействию абразивной среды и износу. Тракторы промышленного назначения работает почти на всех типах грунтов, начиная от бесвязных переувлажненных торфяников, песков и кончая вечномерзлыми грунтами или предельно твердой неразборной скалой, во всех климатических зонах, включая все природы года, с температурами окружающего воздуха от минуса 60 до 70 °С. Наибольшую

вероятность разработки имеет суглинистые и глинистые грунты - 0,411, песчаные и супесчаные - 0,215. Остальные типы грунтов имеют сравнительно небольшую вероятность разработки. Например, скальный скол - 0,07 торфяные и заболоченные - 0,074 и т.д. Обобщение опыта эксплуатации трактора в различных грунтовых условиях показывает, что долговечность гусеничных цепей зависят главным образом от типа грунта, с которым она взаимодействует (таблица 1)

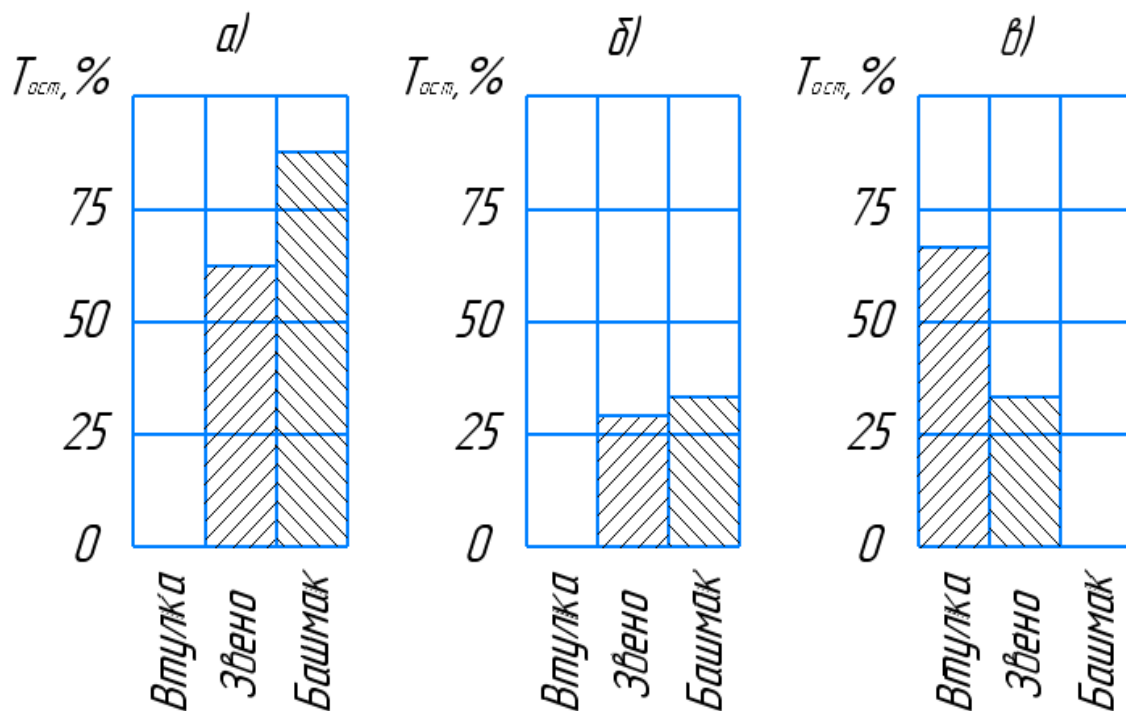
Таблица 1 – Ресурс гусениц с составными звеньями на различных грунтах

Тип грунта	Ресурс гусениц, моточас
Песчаный и супесчаный	1200-1500
Суглинистый и глинистый	1500-4000
Скальный	2000-3500

Сравнительно низкая долговечность гусеничных цепей на песчаный и супесчаных грунтах обусловлена большой изнашивающей способностью этих грунтов, которая зависит от содержания размеров абразивных частиц, как правило, кварцевых, плотности и влажности, причем количество песка и влаги играет решающую роль.

Результаты эксплуатации тракторов в различных отраслях народного хозяйства показывает, что долговечность гусеничных цепей определяется следующими предельными состояниями: на абразивных грунтах – предельными увеличением шага цепи и износа втулки; на скальном грунте – износом грунтозацепов башмака. Так как песчаные с супесчаные грунты имеют наибольшую вероятность разработки, то в большинстве случаев ресурс гусениц ограничивается долговечностью шарнирного соединения «втулка-палец». По достижению одного из указанных предельных состояний гусеничная цепь подлежит замене, хотя по прочности и запасу на износ других деталей она могла бы еще работать (рисунок 1.2).

Диаграммы остаточного ресурса $T_{ост}$ деталей гусеницы при эксплуатации на различных грунтах:



а)– на песчаном, супесчаном; б)– суглинистом, глинистом; в)– скальном

Рисунок 1.2 – Диаграмма остаточного ресурса $T_{ост}$ деталей гусеницы при эксплуатации на различных грунтах

Так, остаточным ресурсом при работе на абразивных грунтах обладают звено и башмак, а на скальном - втулка и звено. Остаточный ресурс звена гусеницы на любом типе грунта достаточно велик и составляет 33-63%. Ремонт гусениц, связанный с заменой деталей шарнира, в условиях эксплуатации сложен. Доставка гусениц на специализированные ремонтные заводы из удаленных и труднодоступных районов не всегда осуществима. Поэтому гусеницы с деталями, имеющими остаточный ресурс 30 ... 60%, снимаются с трактора, что влечет неоправданный расход средств и металла.

Ориентировочная стоимость комплекта гусениц с сухим шарниром на трактор Т-170 (38 звеньев) составляет от 248 до 285 тысяч рублей.

В России гусеницы для тракторов с сухим шарниром производятся в Техтроне, на Чебоксарском агрегатном заводе, Каток-ЧТЗ и ряде других более мелких предприятий. Гусеницы тракторов с сухим шарниром - это самый

востребованный вид гусениц в нашей стране. В первую очередь, конечно, это происходит из-за низкой цены продукта и оптимального сочетания «цена-качество».

Ориентировочная стоимость комплекта гусениц с закрытым шарниром с консистентной смазкой на трактор Т-170 (38 звеньев) составляет от 253 до 376 тысяч рублей. Производителями гусениц для тракторов с закрытым шарниром с консистентной смазкой в России являются Техтрон, Чебоксарский агрегатный завод и Каток-ЧТЗ.

Ориентировочная стоимость комплекта гусениц с закрытым шарниром с жидкой смазкой на трактор Т-170 (38 звеньев) составляет от 486 тысяч рублей. Гусеницы тракторов с закрытым шарниром с жидкой смазкой изготавливает в России только Чебоксарский агрегатный завод.

Изложенное выше, свидетельствует об актуальности работ по повышению долговечности и равностойкости составных гусеничных цепей промышленных тракторов.

Тенденции развития конструкций гусениц тракторов

Одним из направлений совершенствования составных гусениц является решение проблемы надежного шарнира, материала и формы его уплотнения. С целью повышения долговечности составных гусениц тракторов предполагается более широкое применение жидкостного смазывания шарниров. При этом шаг гусеничной цепи в ходе эксплуатации практически не изменяется. Это обеспечивает более длительный срок службы звездочки и меньший износ внешней стороны втулки. Гусеница трактора с закрытым шарниром и жидкой смазкой обеспечивает не только значительное уменьшение износа деталей ходовой части и более тихую работу, но и уменьшает расход топлива, так как сопротивление цепи движению очень мало!

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.2 Конструкционный анализ соединений и деталей составной гусеницы

Задача по повышению долговечности и равностойкости составных гусеничных цепей промышленных тракторов должна носить комплексный характер и решаться в двух направлениях:

- повышение ресурса шарнира гусениц на абразивных грунтах;
- повышение ресурса цевочного зацепления.

1.2.1 Герметизация шарнира гусеницы

Практикой установлено, что наиболее эффективным способом повышения ресурсов шарнира гусениц на абразивных грунтах является герметизация и смазка шарнира. Это подтверждается созданием фирмами «Катерпиллер» (США), «Комацу» (Япония), «Интертрактор» (ФРГ) в России Чебоксарский агрегатный завод др., гусениц тракторов с уплотнением и смазкой.

Уплотнительное устройство шарнира гусениц выполняет две функции: защищает полость шарнира от проникновения абразивных частиц грунта, влаги и предотвращает утечку смазки.

Уплотнительные устройства шарниров гусениц по принципу действия разделяются на два типа:

- бесконтактное, работающие при наличии зазоров в герметизирующей паре;
- контактные, осуществляющие герметизацию за счет плотного прилегания уплотняющих элементов к сопряженным поверхностям.

Наиболее простым бесконтактным уплотнительным устройством является лабиринт, образованный выступающей частью втулки и поверхности расточки звена. Лабиринт затрудняет доступ крупных абразивных частиц грунта в шарнир и позволяет несколько повысить его износостойкость. Однако лабиринт не исключает быстрого износа шарнира. Надежную герметизацию

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

могут обеспечить только контактные уплотнения. По конструктивному признаку они разделяются на следующие группы:

- металлические упорные и самоподжимные;
- металлические с эластомерным поджимным элементом;
- эластомерные в виде колец различного поперечного сечения;
- комбинированные.

Исследования различных конструкций уплотнений позволили установить, что создание надежных и долговечных уплотнений, относящихся к первым трем группам, из-за недостатков конструкции затруднительно или практически невозможно. Недостатками являются: низкая износостойкость, повышенное осевое усилие, быстрая потеря первоначальных упругих свойств эластомерными элементами и их низкая механическая прочность. В среднем долговечность указанных уплотнений на абразивных грунтах составляет около 600 моточас у самоподжимных металлических и около 1000 моточас у остальных. Эти уплотнения повышают износостойкость шарниров до 30%.

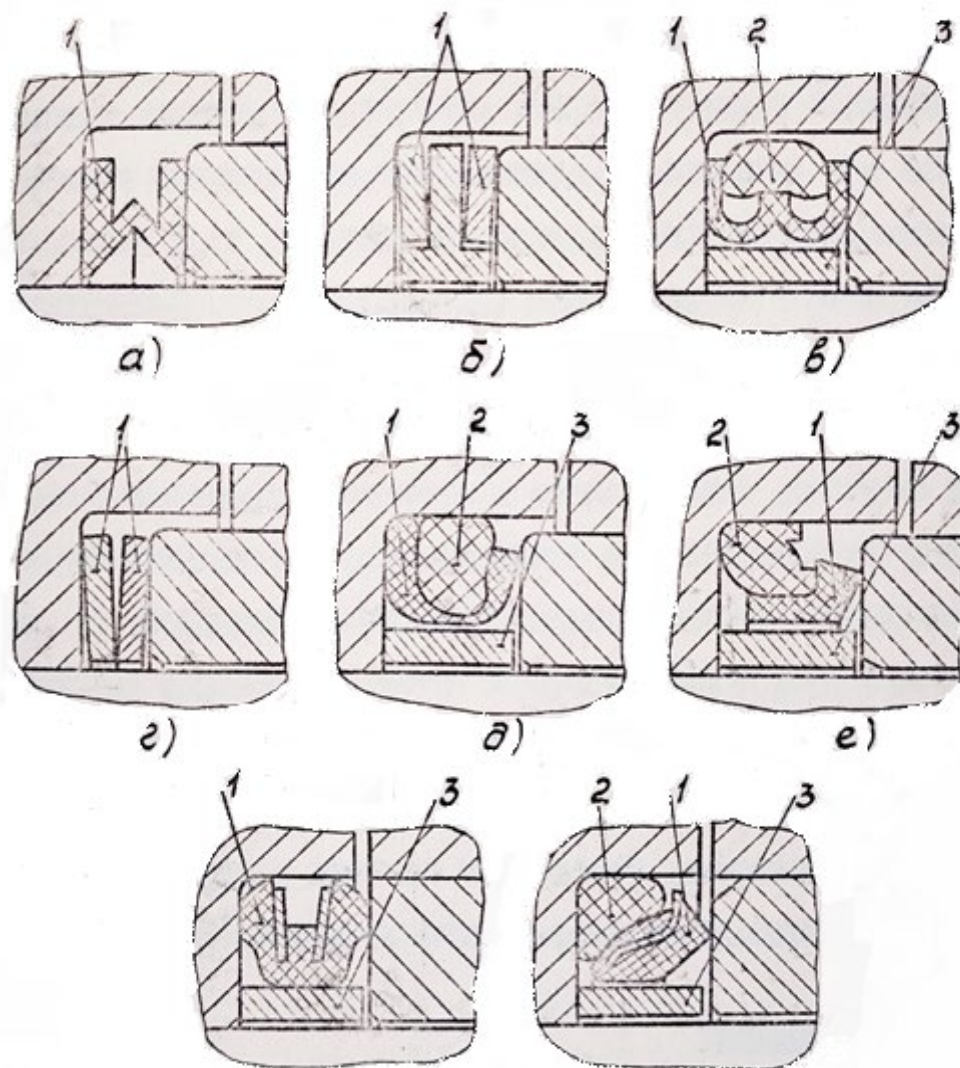
Наиболее эффективными при работе в абразивной среде являются комбинированные уплотнения. Они конструктивно сложнее и дороже. Это, как правило, манжетные уплотнения, содержащие упругий поджимной элемент и уплотнительное кольцо сложного сечения из полимерного материала. Уплотнительное кольцо имеет выступающие рабочие элементы, за счет прижатия которых к сопряженной поверхности образуется герметичное соединение.

На практике применяются, в зависимости от назначения и класса трактора, а также условий эксплуатации, различные уплотнения. Так, для малых машин (бульдозеров и трубоукладчиков) моделей от Д20 до Д80 фирма «Комацу» принимает W-образное в сечении уплотнение 1 (рисунок 1.3, а), изготовленное из уретанового каучука, усиленного тефлоном. Для машин среднего класса моделей Д7G, Д9Н фирмы «Катерпиллер» и моделей от Д95 до Д355 фирмы «Комацу», эксплуатирующихся в условиях, при которых

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

долговечность шарнира не определяет предельного состояния гусеницы, например, скальные и малоабразивные грунты, а также в условиях высоких температур на металлургических заводах применяются металлические самоподжимные уплотнения (рисунок 1.3,б,г). Эти уплотнения подобны и представляют собой две упругие металлические шайбы 1 тарельчатого типа, сжатые при сборке гусеницы между торцами втулки и расточки звена. На тракторах среднего тягового класса при работе на абразивных грунтах и тракторах большого тягового класса Д10 «Катерпиллер», Д455 «Комацу» при работе на грунтах всех типов применяются гусеницы с герметичным уплотнением и смазкой шарниров. Аналогичных позиций придерживаются фирмы «Интертрактор» (ФРГ). «Фиат-Аллис» и др. Уплотнение такой гусеницы, как правило, состоит из трех элементов (рисунок 1.3,в, д, и): уплотнительного кольца 1 или манжеты специального U,W- образного профиля, изготовленных из уретанового каучука; нагрузочного кольца 2 различных сечений, изготовленного из нитрильного каучука; дистанционного кольца 3, изготовленного из стали или спеченного материала, пропитанного маслом. Нагрузочное кольцо обладает большей жесткостью в осевом направлении, чем манжета, и, сжимаясь при сборке шарнира, выполняет роль упругого элемента. Наиболее современные конструкции уплотнений (см. рисунок 1.3, е, з) выполнены на основе каркаса из реактопласта или металла. Трудоемкость изготовления таких уплотнений несколько выше, чем манжет (см. рисунок 1.3, в, д).

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



- а) 1 – уритановый каучук; б, г) 1 – металлическое самоподжимное уплотнение ; в, д, з) 1 – манжета специального профиля;
 2 – нагрузочное кольцо; 3– дистанционное кольцо.
 а), б), в) фирмы «Комацу»; г), д), е) фирмы «Катерпиллер»;
 ж) фирмы «Интетрактор»; и) фирмы «Инталтрактор»

Рисунок 1.3 – Конструкции уплотнений шарниров гусениц тракторов

Однако каркас обеспечивает повышенную прочность и стабильность размеров герметизатора. Это обстоятельство обуславливает перспективность данного направления при создании уплотнений. Дистанционное кольцо обеспечивает постоянное расстояние между торцом втулки и расточки звена, предохраняя уплотнение от повышенных осевых нагрузок при сборке гусеницы и в процессе работ. Уплотнения такого типа работают надежно только в

шарнирах с жестким диапазоном радиального и аксиального люфта (таблица 2) и при наличии смазки на трущихся поверхностях.

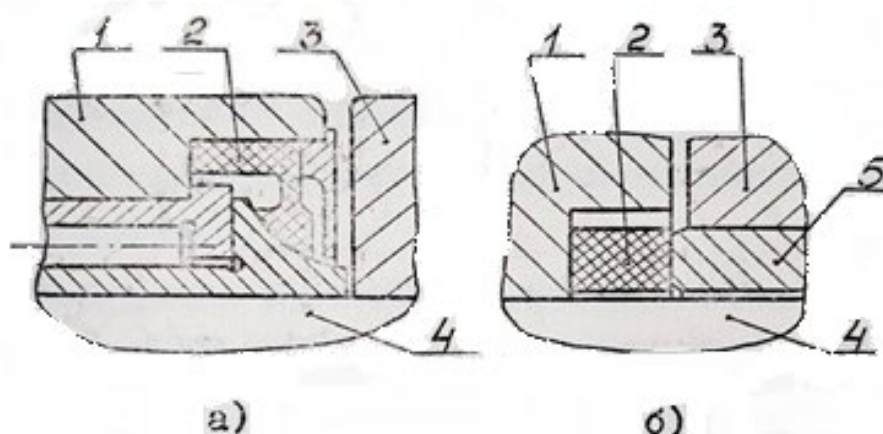
Таблица 2 – Величины люфтов в шарнире составного звена гусеницы трактора

Тип шарнира	Люфт, мм.	
	Радиальный	Аксиальный
С негерметичным металлическим уплотнением без смазки	0,45	0,0-0,5
С герметичным уплотнением и смазкой	0,45	0,0-0,12

По данным фирмы «Катерпиллер» и «Комацу» применение герметичных уплотнений и введение жидкой смазки существенно повышает износостойкость шарнира на абразивных грунтах и обеспечивает увеличение долговечности гусениц до 50% по сравнению с гусеницами, имеющими металлическое самоподжимное уплотнение шарнира. Тем не менее, обследование гусениц тракторов фирмы «Катерпиллер», эксплуатировавшихся в зоне Урала и Сибири, показали, что ресурс уплотнительного смазываемого шарнира на грунтах средней абразивности составляет в среднем около 3500 моточас и продолжает лимитировать долговечность гусеницы при остаточном ресурсе до 10%; башмака до 50%. Количество шарниров, сохраняющих смазку при наработке свыше 3200 моточас, не превышает 5%. Это указывает на недостаточную надежность уплотнений.

В отечественной промышленности первые попытки создания гусениц с герметичным и смазываемым шарниром (рисунок 1.4, а) предприняты более пятидесяти лет назад. Однако недостаточная долговечность уплотнений шарниров в условиях непосредственного контакта с абразивной средой явилась одной из причин отрицательного результата работ. Проведение в 60-х годах прошлого века исследования по созданию уплотнительного и смазываемого шарнира (рисунок 1.4, б) гусениц трактора Т-100М (Т-130) дальше изготовления и испытания, опытных образцов не пошли по тем же причинам. Недостаточная долговечность уплотнений из-за быстрого их износа была обусловлена отсутствием необходимых материалов (в частности - полимеров),

попыткой применить традиционные уплотнительные устройства (резиновые манжеты, кольца круглого или прямоугольного сечения, используемые в узлах общего машиностроения), недостаточно высоким уровнем технологии изготовления и сборки гусениц. До настоящего времени составные гусеницы отечественных тракторов практически не имеют надежного шарнира с жидкой смазкой.



1,3—звено; 2— резиновое кольцо (манжета); 4— палец;
5— втулка; 6— стальное кольцо.

Рисунок 1.4 – Уплотнение шарниров гусеницы

Выполнение требований, предъявляемых и уплотнительному устройству шарнира гусеницы, в основном зависит от выбора двух факторов - материала манжеты и типа уплотнительного элемента. Однозначных рекомендаций по их выбору нет. Известно, что чем мягче уплотнитель, тем легче с его помощью получить высокую герметичность уплотнения. Именно это обстоятельство обусловило применение для уплотнений шарниров гусениц мягких полимеров типа полиуретана, обладающих высокой износостойкостью в контакте с абразивной средой. Так полиуретан СКУ ПФЛ-100 (ТУ 38-1051240-88) [3] предназначен для высоких динамических и статических нагрузок, для работы в условиях интенсивного абразивного износа, в том числе во влажной среде.

Изделия из СКУ ПФЛ-100 могут эксплуатироваться при отрицательных температурах. Обладает незначительными показателями остаточной деформации сжатия. Является одной из самых доступных и распространенных марок благодаря универсальности, стойкости к ударным нагрузкам. Основное применение нашел в качестве уплотнителей подвижных и неподвижных соединений. Диапазон рабочих температур от минус 50°С до 80°С.

Основные важные характеристики полиуретана:

- долгий срок эксплуатации;
- выдерживает различные температуры;
- стойкий ко внешнему воздействию, а также старению и износу;
- прочный и надежный;
- может использоваться при действии большого веса;
- не изменяет форму под физическим воздействием;
- способен функционировать в агрессивной среде и при различных природных условиях.

Прочные уплотнения из полиуретана по износостойкости превосходят большинство полимерных материалов, имеют высокие напряжения при удлинении, стойкость в различных средах.

Уплотнения из полиуретана отличаются высокой устойчивостью к абразивному и эрозионному износу. Это ценное качество связано с высоким физико-механическими свойствами материала (таблица 3), которые сочетаются с эластичностью, гидролитической стабильностью и редкостной износостойкостью.

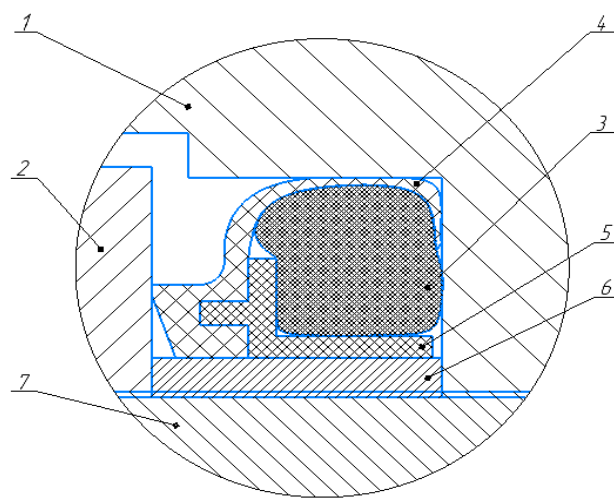
Таблица 3 – Характеристика полиуретана СКУ ПФЛ-100 (ТУ 38-1051240-88)

Рабочая температура, °С	от – 60 до +80
Прочность на растяжение, МПа	20 ... 35
Твердость ШОРА	70-96
Модуль упругости на растяжение при 300% - ном удлинении, МПа	6,6 ... 11,6
Удлинение при разрыве, %	300 ... 600

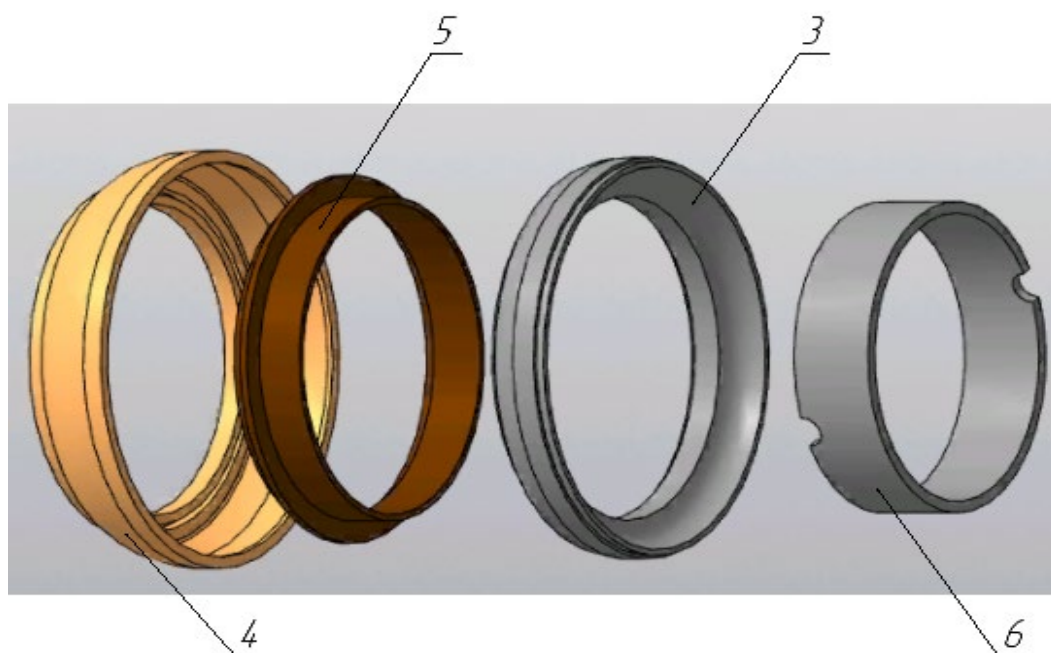
Жесткое требование к габаритам уплотнения сильно ограничивает выбор упругих элементов. Зарубежные фирмы применяют резиновые упругие элементы в виде колец различного поперечного сечения, которые удобны для компоновки уплотнения, но имеет ряд недостатков: нестабильность во времени упругой характеристики резинового элемента из-за реологических явлений, старения и значительного диапазона температурных изменений в эксплуатации; низкая прочность; потребность в дефицитном сырье (натуральный каучук и т.п.).

Одним из предлагаемых вариантов конструктивного оформления уплотнения на основе полиуретана (оболочка), и резинового упругого элемента, является манжета специального профиля по рисунку 1.5 [4]. В данной конструкции резиновый элемент создает требуемое усилие поджатия губки, оболочка предохраняет его от внешнего воздействия, а каркас придает жесткость и сохраняет геометрию уплотнения. Каркас изготавливается из фенопласта (волокнит) марки У-1-301-07 (ТУ2253-001-05762341-99) [5]. Это пластическая масса, в состав которой в качестве наполнения входят органические волокна. Наполнитель пропитывают смолой (фенолоформальдегидной, мочевино- или меламино-формальдегидной) и затем перерабатывают в изделие литьем или прессованием при давлении до 300 кг/см² и температуре 120-160°С. Волокниты отличаются высокой прочностью к ударным нагрузкам. Показатели основных физико-механических свойств прессованных волокнитов: предел прочности при изгибе 500 кг/см², при сжатии 300 кг/см², удельная ударная вязкость 9 кг*кг/см². Волокнит применяется для изготовления конструктивных деталей с повышенной устойчивостью к ударным нагрузкам, обладающих повышенной прочностью при истирании, изгибе, кручении и хорошими антифрикционными свойствами (переключатели, фланцы, стойки, кулачки, шестерни, направляющие втулки и т.п.).

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



а)



б)

1 – звено; 2 – втулка; 3 – кольцо нажимное; 4– оболочка (полиуретан);
5– каркас (волокнит); 6– дистанционное кольцо; 7– палец;

а) конструктивная схема; б) детали уплотнения

Рисунок 1.5 – Уплотнение шарнира гусеницы

Особенность закрытого шарнира с жидкой смазкой состоит в том, что палец гусеничной цепи просверлен в продольном и поперечном направлениях. Соединение пальца и втулки заполнено жидкой смазкой. Вытеканию жидкой смазки препятствует заглушка. Полиуретановые уплотнители не позволяют жидкой смазке вытечь и в то же время защищают соединение от попадания абразивных частиц.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.02.2019.024.00 ПЗ

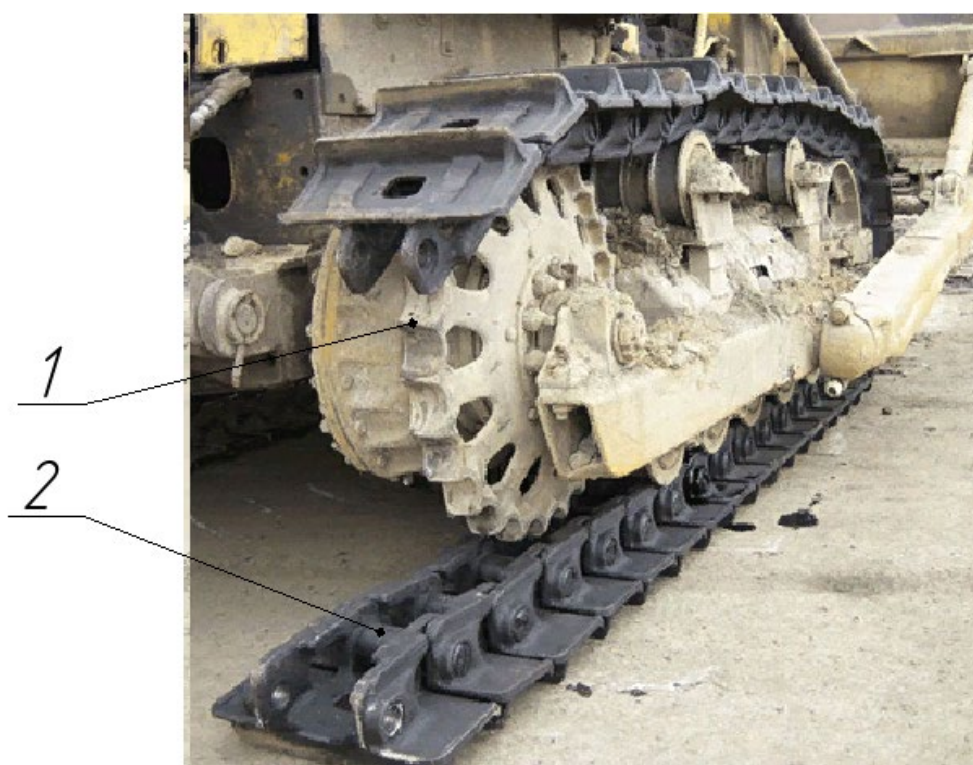
Лист

19

1.2.2 Особенности работы цевочного зацепления

Составная гусеница рельсового типа имеет цевочное зацепление с ведущим колесом движителя, где роль цевки выполняет наружная поверхность соединительной втулки звена.

При цевочном зацеплении (рисунок. 1.6) [6] зубья 1 венца ведущего колеса последовательно входят в контакт с цевками (втулками) 2 гусеницы, заставляя ее перематываться по ободу гусеничного движителя.



1 – зубья ведущего колеса, 2 – цевки (втулки) гусеницы

Рисунок 1.6 – Цевочное зацепление ведущего колеса с гусеницей

Обычно число зубьев колеса и гусеничных звеньев делают некрратными. Иногда применяют шаг зубьев в 2 раза меньше шага цевок. В этом случае в работе всегда будут контактировать разные пары «зуб – цевка», а зуб будет зацепляться один раз за два оборота колеса. Это способствует равномерному и менее интенсивному изнашиванию пар зацепления и повышению долговечности ведущих колес. На современных гусеничных тракторах наметилась тенденция к применению составных ведущих колес, зубчатые

венцы которых выполнены в виде набора сегментов (рисунок 1.7). Собираемые на болтах сегменты обода ведущего колеса сокращают продолжительность простоев, поскольку могут быть заменены без расчленения гусеничной цепи или удаления тележек опорных катков. При этом замена отдельных сегментов без замены самого ведущего колеса значительно сокращает расход металла [6].

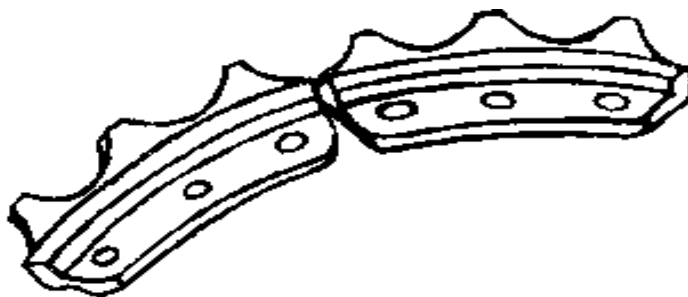


Рисунок.1.7 – Сегменты обода ведущего колеса

Зацепление ведущих колес с гусеницами представляет собой один из наиболее важных и сложных узлов в конструкции ходовой части. Важность этого узла определяется тем, что качество его работы не только непосредственно отражается на износе самих элементов зацепления, но и оказывает значительное влияние на работу, износ и КПД всех механизмов от коленчатого вала двигателя до опорных поверхностей гусениц.

Основной особенностью работы зацепления является его прямая зависимость от изменения шага гусеничной цепи в процессе эксплуатации, вызванного износом шарниров.

Получается так, что по мере износа шарниров гусениц нарушаются нормальные условия работы зацепления, что в свою очередь приводит к ухудшению условий работы гусениц. При большом износе шарниров работа зацепления полностью нарушается. В этом случае необходимо заменять гусеницы. Таким образом, срок службы гусениц с открытыми шарнирами чаще всего ограничивается не прочностью самих гусениц, а нарушением их зацепления с ведущими колесами.

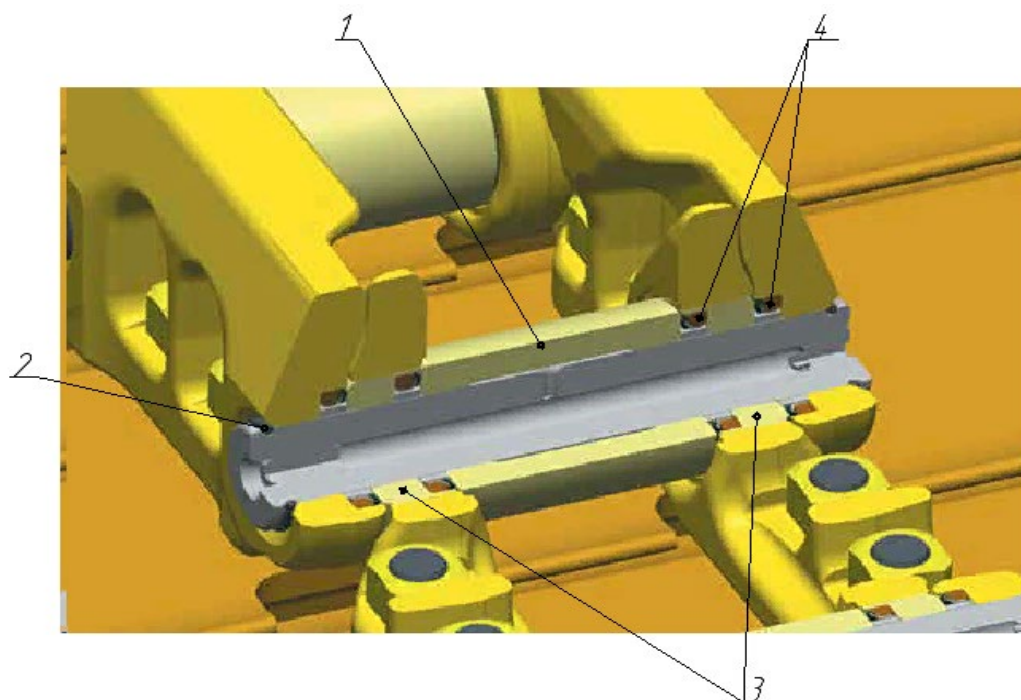
					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

При движении машины значительно изнашиваются не только элементы зацепления на самом ведущем колесе, но и элементы зацепления на гусеницах, несмотря на то, что их больше по сравнению с первыми в пять - десять раз. Недостатком цевочного зацепления является износ зубьев колеса и цевок, возникающий в результате скольжения цевок по зубьям колеса под нагрузкой. Изменение шага гусеницы, вызванное износом, является причиной перераспределения нагрузки на один зуб.

Значит, чтобы увеличить срок службы гусениц, нужно не только уменьшать износ шарниров, но и создавать благоприятные условия зацепление гусениц с ведущими колесами, то есть решить комплексную задачу.

Одним из вариантов решения данной задачи является конструкция гусеницы по рисунку 1.8, предложенная фирмой «Комацу» [2], с вращающейся цевкой (втулкой), в которой трение скольжения цевки по зубу колеса заменяется трением качения. Целесообразность создания гусеницы с вращающейся цевкой имеет смысл только при наличии закрытого шарнира с жидкой смазкой. Внутренняя поверхность втулки смазывается, и она с малым трением вращается вокруг пальца. Благодаря этому уменьшается трение втулки со звездочкой, и втулка изнашивается равномерно без возникновения отдельных участков повышенного износа, что приводит к повышению рабочего ресурса, как втулки, так и сегментов звездочки.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



1 – вращающаяся втулка, 2 – стопорное кольцо, 3 – дополнительно фиксированная втулка, 4 – уплотнения.

Рисунок 1.8 – Гусеница с закрытым шарниром и вращающейся втулкой.

1.2.3 Узел замыкания гусеницы

При эксплуатации трактора узел замыкания гусеницы подвергается деформациям от силовых нагрузок, что приводит к износу элементов замыкания. Темпы износа могут быть различными и зависят от условий эксплуатации, конструкции узла замыкания и качества материалов, из которых он изготовлен. Ускоренный износ узла замыкания - это уменьшение срока эксплуатации ходовой системы, простои трактора и увеличение риска «схода» гусеницы с катков. Все это приводит к незапланированным экономическим затратам и аварийным ситуациям.

Тип замыкания гусеницы зависит от типа шарнира. Гусеницы с сухим шарниром могут замыкаться специальным замыкающим пальцем. Гусеницы с жидкой смазкой, а значит, с повышенным ресурсом эксплуатации, замыкаются замыкающим звеном (рисунке.1.9) [7], которые более долговечны, чем пальцы, и обеспечивают однотипность всех закрытых шарниров с жидкой смазкой.



1 – полузвено замковое, 2– полузвено замковое

Рисунок 1.9 – Замыкающее звено гусеницы

Гусеницы, имеющие «пальцевый» тип замыкания, стоят дешевле, чем гусеницы замыкающими звеньями, но соответственно, ресурс эксплуатации у них существенно ниже.

Вывод по разделу

Гусеничные цепи с составными звеньями, являлась самыми металлоемкими узлами (16 ... 25% массы промышленного трактора), содержат сотни механически обработанных деталей из остального легированного проката, и обладает в 2,5-3 раза меньшим ресурсом, чем остальные агрегаты и узлы трактора.

Главной задачей в увеличении ресурса гусеницы является повышение износостойкости шарнира и цевочного зацепления. Наиболее эффективно решается эта задача путем герметизации и смазки шарнира и применения вращающейся цевки (втулки).

Перспективным типом уплотнения шарниров гусеницы промышленных тракторов являются малогабаритные аксиальные манжеты.

Анализ конструкции, результаты эксплуатации гусениц тракторов зарубежных фирм «Катерпиллер» и «Жомацу» с герметизированным и

смазываемым шарнирами свидетельствует о недостатках их надежности. Выбор принятых конструкций уплотнений нельзя считать окончательным.

На основе зарубежного и отечественного опыта рекомендованы направление работ по созданию отечественных уплотнений шарниров гусениц промышленных тракторов и вариант его реализации на примере полиуретановой манжеты специального профиля с резиновым упругим элементом.

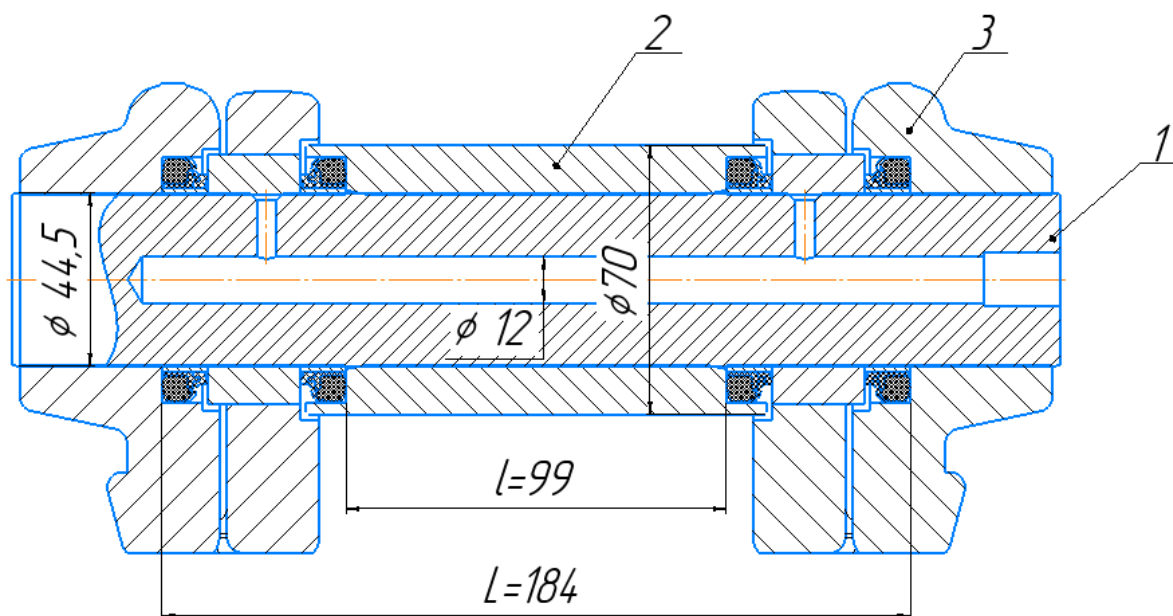
В связи с этим, в данной ВКР поставлена задача разработать проект гусеницы с закрытым шарниром с жидкой смазкой и вращающейся цевкой (втулкой) для работы на высоко абразивных грунтах.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПАЛЬЦА И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ВТУЛКА-ПАЛЕЦ ГУСЕНИЦЫ

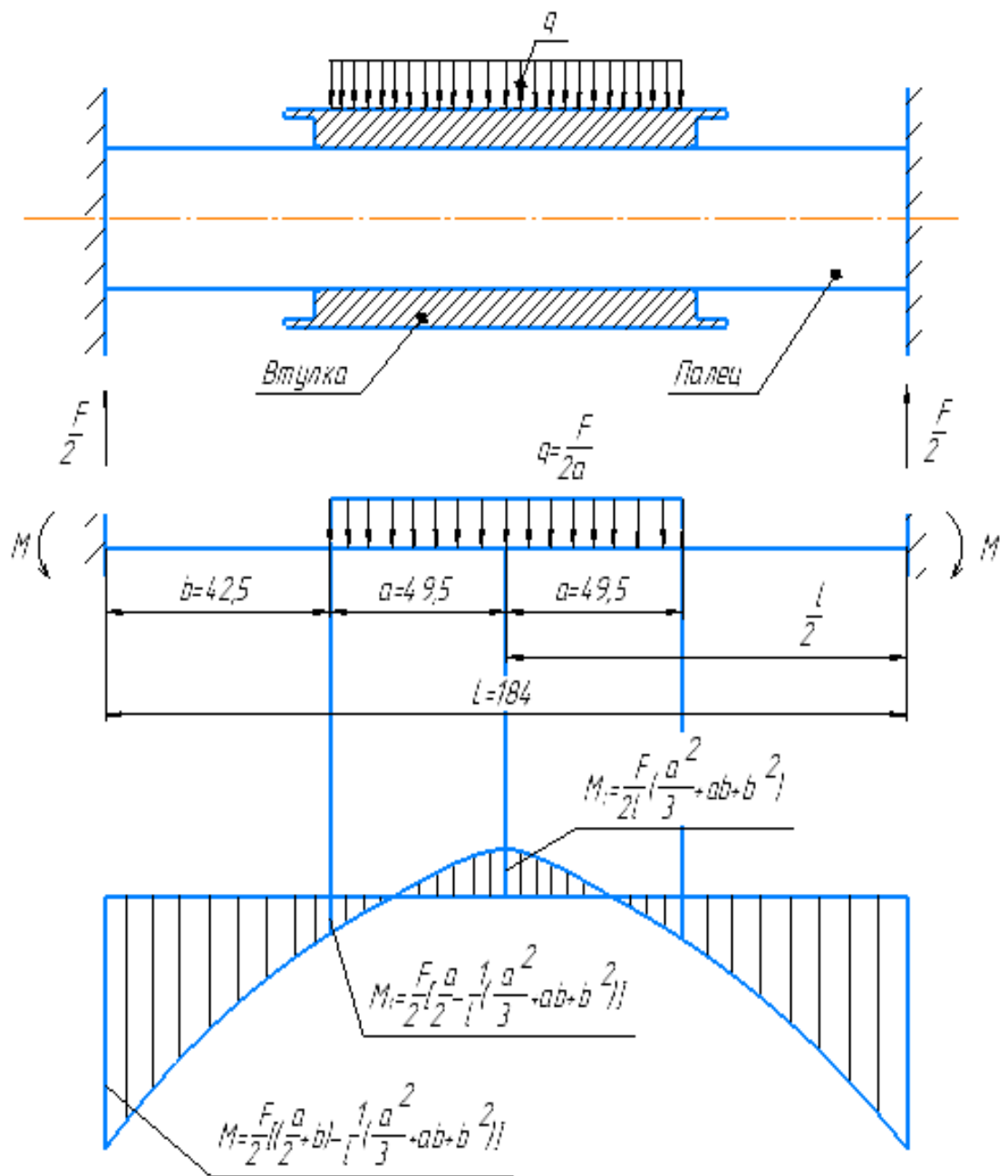
В связи со сложностью оценки напряженного состояния отдельных элементов составной гусеницы в настоящее время нет достаточно обоснованных методик их расчета. При проектировании составной гусеницы применяют приближенные упрощенные методики расчета.

Расчету подвергаются палец и втулка шарнира гусеницы по рисунку 2.1. Исходными данными для расчета являются вес $G_{\text{БРА}}$ бульдозерно-рыхлительного агрегата (БРА), длина пальца и втулки. Расчетное усилие, усилие растягивающее звенья гусеницы, ограничивается предельной силой по сцеплению забегающей гусеницы с опорной поверхностью при повороте трактора на уклоне $\alpha = 30^\circ$ в сторону подъема.



a)

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



б)

а) конструктивная схема; б) расчетная схема

1 – палец; 2 – втулка; 3 – звено

Рисунок 2.1 – Шарнир гусеницы

В этом случае расчетная сила, растягивающая звенья гусеницы,

$$F = 0,65 \cdot G_{\text{БРА}} \cdot \varphi, \quad (1)$$

где $\varphi = 1,0$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.02.2019.024.00 ПЗ

Лист

27

Таблица 4 – Нагруженность пальца гусеницы

№ п/п	Обозначение	Формула	Размерность	Величина
1	Нагрузка на палец-втулку	$F=0,65 \cdot G_{БРА} \cdot \varphi$	Н	113100
2	Наружный диаметр пальца	D_n	мм	44,5
3	Внутренний диаметр пальца	d_n	мм	12
4	Наружный диаметр втулки	$D_{вм}$	мм	70
5	Внутренний диаметр втулки	$d_{вм}$	мм	44,5
6	Длина пальца до заделки	L	мм	184
7	Длина втулки опорная	l	мм	99
8	Момент инерции сечения пальца	$J_n = 0,05(D_n^4 - d_n^4)$	мм ⁴	195032,7
9	Максимальный изгибающий момент в заделке	$M_n = \frac{F}{2} \left[\left(\frac{a}{2} + b \right) - \frac{1}{L} \left(\frac{a^2}{3} + ab + b^2 \right) \right]$	Нм	202,2
10	Напряжение изгиба пальца	$\sigma_n = M_n \frac{D_n}{2 \cdot J_n}$	МПа	23
11	Материал пальца	Сталь 50Г ГОСТ 4543-71		
12	Предел текучести материала пальца	σ_T	МПа	810
13	Запас прочности пальца	$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_n}$	-	35

Прочность обеспечена

Износостойкость соединения втулка палец проверяется по величине удельного давления

$$p = \frac{F}{b \cdot d} \leq [p], \quad (2)$$

где: $[p] = 50$ МПа – допускаемое удельное давление в паре «втулка-палец»;

d – диаметр пальца, мм;

b – длина втулки, мм.

Таблица 5 – Расчет удельного давления в шарнире гусеницы

№ п/п	Обозначение	Формула	Размерность	Величина
1	Режим	$F = 0,65 \cdot G_{\text{БРА}} \cdot \varphi$	Н	113100
2	Усилие, действующее на шарнир	$F_{\text{ш}} = F$	Н	113100
3	Внутренний диаметр втулки	$d_{\text{вт}}$	мм	44,5
4	Длина втулки	$L_{\text{вт}}$	мм	99
5	Удельное давление в шарнире	$p = \frac{F_{\text{ш}}}{d_{\text{вт}} L_{\text{вт}}}$	МПа	26
6	Выполнение условия износостойкости	$p \leq [p]$ $26 \leq 50$	-	-

Износостойкость обеспечена

Вывод по разделу

В ходе проверочного расчета прочности пальца и износостойкости соединения втулка-палец. Была построена конструктивная и расчетная схемы и произведены расчеты нагруженности пальца и удельного давления в шарнире гусеницы. В результате которых был определен запас прочности пальца 35, а так же выполнение износостойкость по удельному давлению в шарнире $p \leq [p]$
 $26 \leq 50$ МПа.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАЛЬЦА ГУСЕНИЦЫ

3.1 Анализ служебного назначения детали

Деталь относится к транспортному машиностроению, а именно к конструкции пальцев, предназначенных для шарнирного соединения между собой звеньев гусеничной цепи, используемой, например, в тракторах.

Палец выполнен в виде стержня с одним осевым и двумя радиальными отверстиями. В осевом отверстии так же есть отверстие под заглушку, через которую закачивается жидкая смазка. Технический результат детали состоит в повышении долговечности работы гусеничной цепи.

Изображенный на (рисунке 3.1, 3.2) палец составной гусеничной цепи рельсового типа состоит из цилиндрического стержня, в котором выполнены одно осевое и два радиальных отверстия.

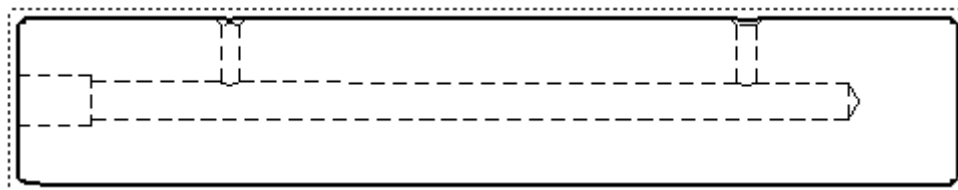


Рисунок 3.1 –Палец

Через просверленные в пальце полости смазка циркулирует и формирует слой смазки между втулкой и пальцем, что позволяет в несколько раз уменьшить трение, фактически сводя его к нулю. Таким образом, шаг гусеничной цепи в ходе эксплуатации практически не изменяется. Это обеспечивает более длительный срок шарнира гусеницы, звездочки и меньший износ внешней стороны втулки.



Рисунок 3.2 – Палец в сборе с составной гусеницей

Палец выполнен из стали марки 50Г, с повышенным содержанием углерода до 0,62%, до 1% марганца, до 0,0035% серы и 0,0035% фосфора.

Толщина упрочненного (закаленного ТВЧ) слоя пальца составляет 3,6-4,5 мм (в ранее известных пальцах - до 4 мм). Такие показатели толщины закаленного слоя объясняются повышенным содержанием в стали углерода, а также применяемой технологией, позволяющей осуществить очень быструю обработку рабочей зоны поверхности пальца токами высокой частоты при температуре до 900°С и охлаждении специальной жидкостью на основе воды до температуры 60-100°С за достаточно короткое время, что приводит к изменению структуры металла и резкому повышению твердости в закаленном слое. В результате чего твердость поверхностной части упрочненного слоя стержня пальца составила 50 единиц.

Для изготовления предложенной конструкции пальцев применялась закалочная линия ТВЧ. Полученные на ней образцы пальцев подверглись экспертизе на химический состав для определения марки стали, а также на твердость в продольном и поперечном сечениях. Детали, подвергающиеся

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

закалке и отпуску; эта сталь успешно заменяет дорогостоящие хромоникелевые стали.

3.2 Анализ технологичности детали

3.2.1 Определение технологичности детали

Технологичность детали – это совокупность ее свойств, позволяющих реализовать технологию ее производства (изготовления) с двумя критериями:

- 1) Максимальная производительность;
- 2) Минимальная себестоимость, при соблюдении требований качества.

Рассмотрим обработку каждой поверхности детали по группам: торцы, наружные и внутренние цилиндрические поверхности.

В частности, гусеничный палец может быть обработан следующими методами, на станках взятых из каталога [8]:

- 1) Отрезная операция. Отрезание детали производится на токарно-винторезном станке 16К25 (рисунок 3.3);



Рисунок 3.3 – Токарно-винторезный станок 16К25

2) Заготовка отрезается резцом (рисунок 3.4); отрезным на токарно-винторезном станке ГОСТ 18884- 73 [9];



Рисунок 3.4 – Отрезной токарный резец

3) Сверлильная операция. Сверление отверстий делают на токарно-револьверном станке 1325Ф30-01 с ЧПУ NC-201М сверлом (рисунок 3.5);



Рисунок 3.5 – Токарно-револьверный станок 1325Ф30-01 с ЧПУ

4) Станок вертикально сверлильный 2Н125 (рисунок 3.6). Станок предназначен для сверления отверстий и нарезания резьбы в деталях из чугуна, стали, цветных сплавов и неметаллических материалов в условиях промышленных предприятий, ремонтных мастерских и бытовых мастерских;



Рисунок 3.6 – 2H125 вертикально сверлильный станок

5) Операция термообработки. При поверхностной закалке токами высокой частоты (ТВЧ) (рисунок 3.7) [10] нагрев проводится до более высокой температуры, чем при обычной объемной закалке. При нагреве ТВЧ со скоростью $250^{\circ}\text{C}/\text{с} - 880-920^{\circ}\text{C}$.

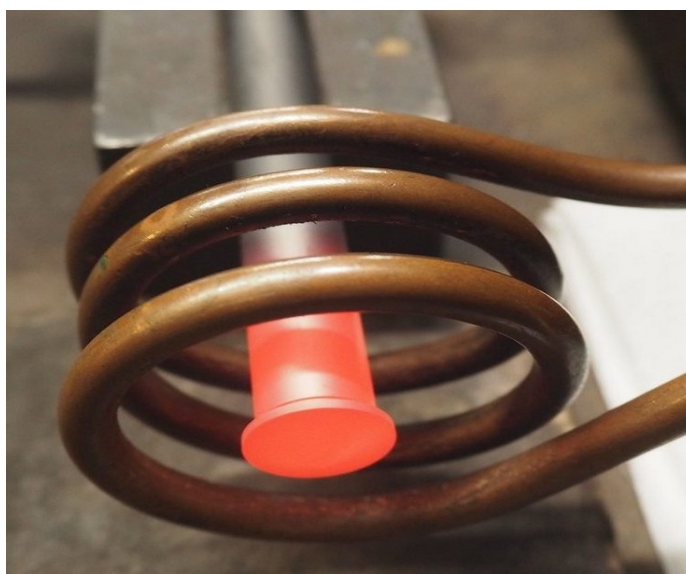


Рисунок 3.7 – Установка ТВЧ .

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

6) Бесцентрошлифовальная операция. Происходит на бесцентровом кругло шлифовальном станке 3М182 с ЧПУ с помощью упорного ножа и двух кругов, из которых один шлифовальный а второй ведущий (рисунок 3.8).

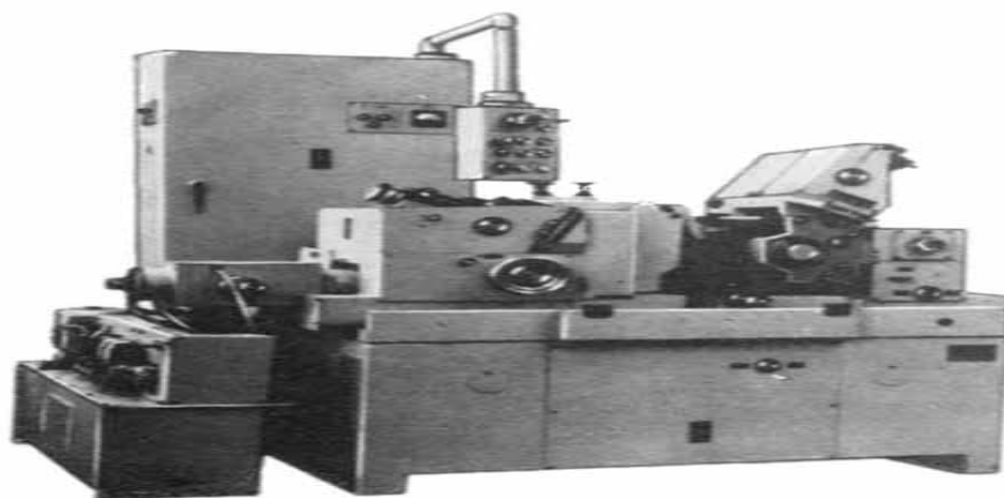


Рисунок 3.8 – 3М182 станок круглошлифовальный бесцентровый (бесцентровошлифовальный)

7) Контрольная операция. Проведение измерений с помощью измерительного инструмента особого вида калибр-скоба, одномерные измерительные инструменты для контроля отклонений деталей от размеров, формы и взаимного расположения их поверхностей (рисунок 3.9) [11].

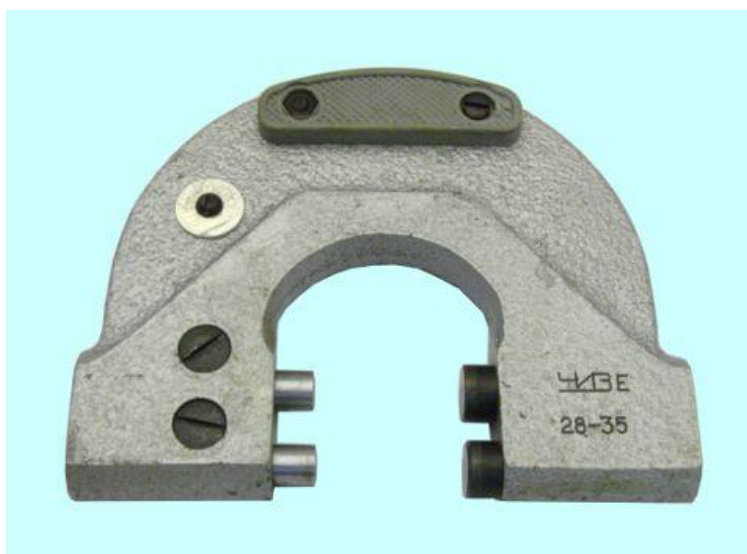


Рисунок 3.9 – Калибр-скоба гладкая

3.3 Анализ метода получения заготовки

В результате анализа было выделено 3 возможные метода получения заготовки:

- 1) Горячая объемная штамповка
- 2) Прокат
- 3) Токарно-механическая обработка

Рассмотрим каждый метод в отдельности:

I. Наиболее часто используются кривошипные горячештамповочные прессы. К особенностям конструкции прессы следует отнести жесткий привод, не позволяющий изменять ход ползуна, отсутствие ударных нагрузок, позволяющих не применять массивные шаботы, использовать сборную конструкцию штампов. Процессу штамповки на прессах присущи недостатки:

1) окалина вдавливается в тело поковки, для предотвращения этого необходимо проводить малоокислительный или безокислительный нагрев или полную очистку заготовки от окалины; 2) из-за невысокой скорости деформирования время контакта металла с инструментом больше, чем на молотах, поэтому имеет место переохлаждение поверхности заготовки, что приводит к худшему заполнению полости штампа; 3) жесткий привод не позволяет производить переходы, требующие постепенно возрастающего обжатия с кантованием, (протяжка, подкат); 4) сложность получения детали в виде конуса. Принято решение отказаться от этого метода.

II. Прокат – это деформация металла сдавливанием его вращающимися валками; в результате металлическая заготовка вытягивается и уменьшается в поперечном сечении. Для прокатки металла в прокатных цехах устанавливают станы различного типа и назначения. Рабочая линия стана обычно состоит из рабочей клетки, шпинделей для привода валков, шестеренной клетки, редуктора, муфт и главного электродвигателя. Исходный материал для прокатного производства – слитки и литые заготовки. Они имеют поперечное сечение квадратной или прямоугольной формы, в некоторых случаях – круглой

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

(при производстве труб, колес и бандажей). Технологический процесс проката состоит из проката слитка в полупродукт и полупродукта в готовый прокат. Основными операциями технологического процесса прокатного производства являются: подготовка исходных материалов к прокатке; нагрев этих материалов перед прокаткой; прокатка; отделка, включая резку, охлаждение, правку, удаление поверхностных дефектов, термическую обработку и др.

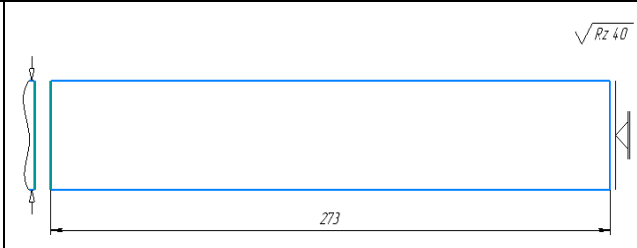
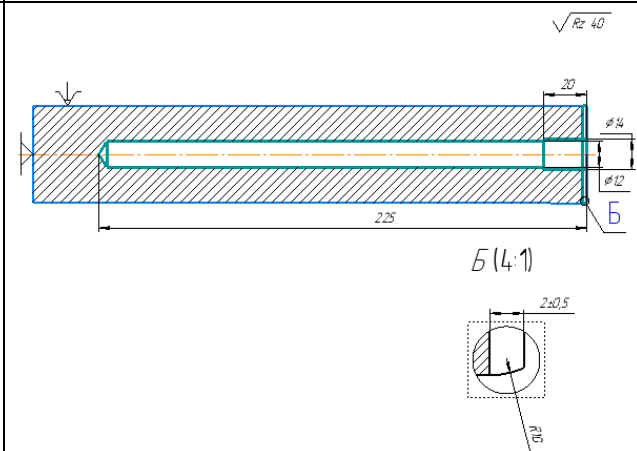
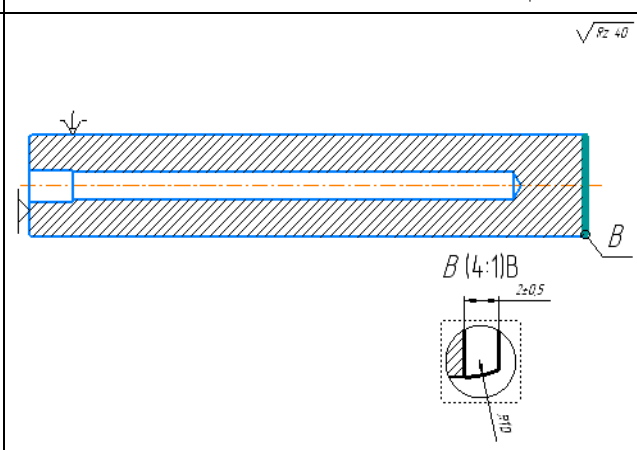
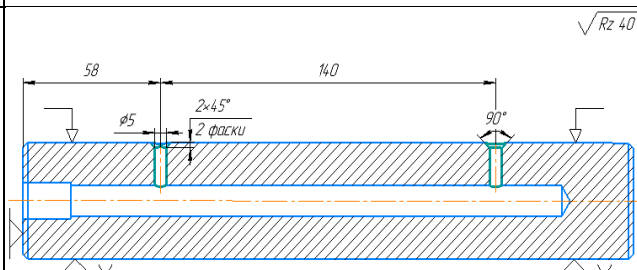
III. К наиболее распространенным методикам изготовления деталей с заданными геометрическими параметрами относится токарная обработка металла. Технология токарных работ по металлу предполагает использование специальных станков и режущего инструмента (резцы, сверла, развертки и др.), посредством которого с детали снимается слой металла требуемой величины. Токарная обработка выполняется за счет сочетания двух движений: главного (вращение заготовки, закрепленной в патроне или планшайбе) и движения подачи, совершаемого инструментом при обработке деталей до заданных параметров их размера, формы и качества поверхности. За счет того, что существует множество приемов совмещения этих движений, на токарном оборудовании работают с деталями различной конфигурации, а также осуществляют целый перечень других технологических операций, к которым относятся: нарезание резьбы различного типа; сверление отверстий, их растачивание, развертывание, зенкерование; отрезание части заготовки; вытачивание на поверхности изделия канавок различной конфигурации.

При анализе обработки выяснилось, что для изготовления экспериментального образца, подходит метод токарно-механической обработки [12]. В массовом производстве метод проката будет целесообразным, экономически выгодным и не потребует дополнительных затрат.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

3.4 Технологический процесс обработки детали

Таблица 6 – Технологический процесс обработки детали

№ операции	Наименование операции	Операционный эскиз	Станок, оборудование
000	Отрезная		Токарно-винторезный станок 16К25
005	Токарная: 1-ый установ.		Токарно-револьверный станок 1325Ф30-01 с ЧПУ
010	Токарная: 2-ой установ.		Токарно-револьверный станок 1325Ф30-01 с ЧПУ
015	Сверлильная		2Н125 станок вертикально сверлильный
020	Термическая	Закалить деталь до твердости 45...65 HRC	Поверхностная закалка ТВЧ

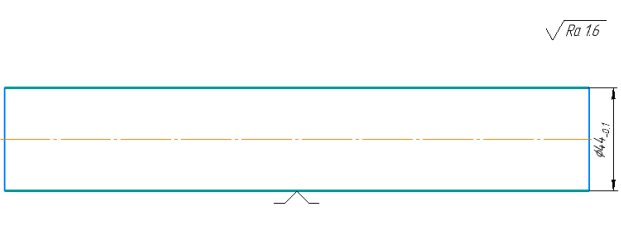
23.03.02.2019.024.00 ПЗ

Лист

39

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Продолжение таблицы 6

025	Бесцентрово шлифоваль- ная		ЗМ182 станок кругло- шлифовальный бесцентровый (бесцентро- вошлифоваль- ный)
030	Моечная	Очистить от пыли сжатым воздухом	Компрессор
035	Контрольная	Проверить размеры детали согласно чертежу	Калибр-скоба гладкая

3.5 Контроль готовой детали

Таблица 7 – Контроль готовой детали

№	Группа контролируемых параметров	Средства измерения
1	<p>Размеры:</p> <p>Диаметральный Ø12</p> <p>Диаметральный Ø14H8(±0.215)</p> <p>Радиальный Ø5(±0.15)</p> <p>Радиальный Ø5(±0.15)</p> <p>Линейный 242 (±0,575)</p> <p>Линейный 20(±0,26)</p> <p>Линейный 273(±0,65)</p>	<p>НИ 10-50 ГОСТ 868-82 [13]</p> <p>НИ 10-50 ГОСТ 868-82</p> <p>ШЦ-1-125 0,05 ГОСТ 166-89 [14]</p> <p>ШЦ-1-125 0,05 ГОСТ 166-89</p> <p>ШЦ-1-125 0,05 ГОСТ 166-89</p> <p>ШЦ-1-125 0,05 ГОСТ 166-89</p> <p>ШЦ-1-125 0,05 ГОСТ 166-89</p>
2	<p>Шероховатость:</p> <p>Ra1,6; Rz40</p>	<p>Профилометр</p> <p>ГОСТ 19300-86 [15]</p>
3	<p>Допуск формы:</p> <p>Цилиндричность</p>	<p>НИ 50-160 0,001 ГОСТ 868-82</p>

3.6 Возможный брак при изготовлении детали

Таблица 8 – Возможный брак при изготовлении детали

№	Вид брака	Причина брака	Предотвращение
1	<p>Увод оси при радиальном сверлении отверстия</p> 	<p>Увод оси сверла при сверлении. Вибрация станка, не острое сверло, плохо закреплена деталь на опорной поверхности станка.</p>	<p>Исключение вибрации станка, новое острое сверло, жесткое крепление детали к платформе станка.</p>
2	<p>Увод оси при осевом сверлении отверстия</p> 	<p>Увод оси сверла при сверлении. Вибрация станка, не острое сверло, плохо закреплена деталь на опорной поверхности станка.</p>	<p>Исключение вибрации станка, новое острое сверло, жесткое крепление детали к платформе станка.</p>
3	<p>Огранка поверхности шлифования 0,1 мм.</p> 	<p>Некачественный шлифовальный материал Задиры внутренней поверхности при шлифовании. Нарушение перпендикулярности прилегающей поверхности.</p>	<p>Замена шлифовального материала на новый. Изменение угла подачи шлифовального круга.</p>

3.7 Режимы резания и нормы времени

Операция 000- Токарная отрезная

Для токарной отрезной операции (рисунок 3.10) [16] применяем токарно-винторезный станок 16К25.

Выбираем резец отрезной с пластинами из твердого сплава.

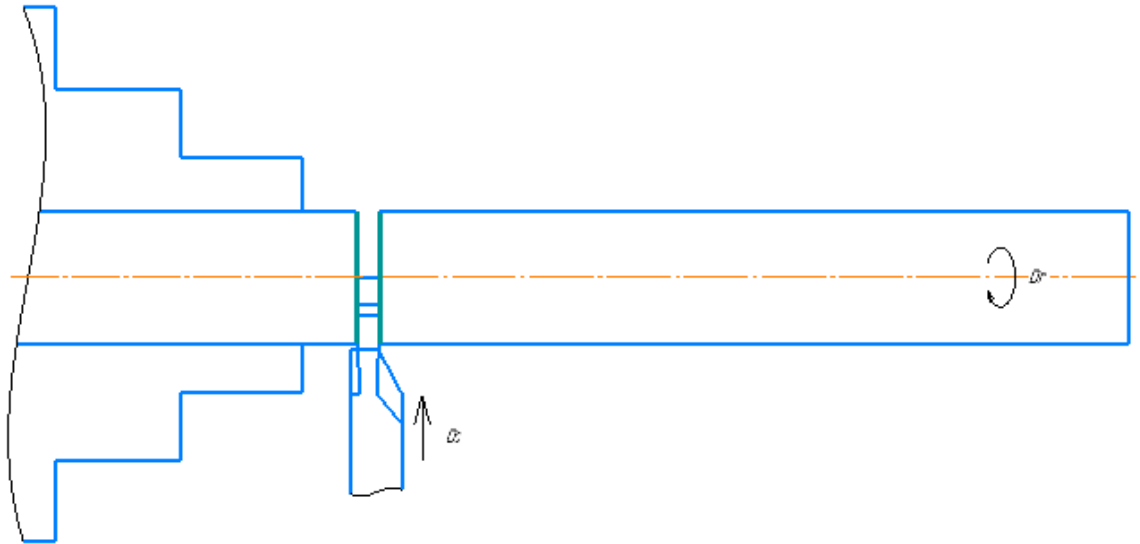


Рисунок 3.10 – Токарная отрезная

Произведём расчёт отрезной операции детали $\varnothing 44$ мм.

1) Глубина резания:

$$t = 22 \text{ мм.}$$

2) Определяем по справочнику [17]. По выбранной глубине резания и шероховатости назначаем подачу:

$$S = 0,35 \text{ мм/об.}$$

3) Определяем по справочнику [17] скорость резания при заданной стойкости резца, глубине резания и подачи:

$$v_p = 105 \text{ м/мин.}$$

4) Определяем по справочнику [17] вращения шпинделя:

$$n = 760 \text{ мин}^{-1}.$$

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

5) Определяем по справочнику [17] фактическое значение скорости:

$$V_p = 20,5 \text{ м/мин.}$$

6) Определяем основное технологическое время T_0 :

$$T_0 = 0,08 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \frac{t}{S \cdot n} = \frac{22}{0,35 \cdot 760} = 0,08 \text{ мин.} \quad (3)$$

Операция 005- Токарно- сверлильная

Для токарной- сверлильной операции (рисунок 3.11) применяем токарно-револьверный станок 1325Ф30-01 с ЧПУ

Выбираем сверло $\varnothing 12$ мм

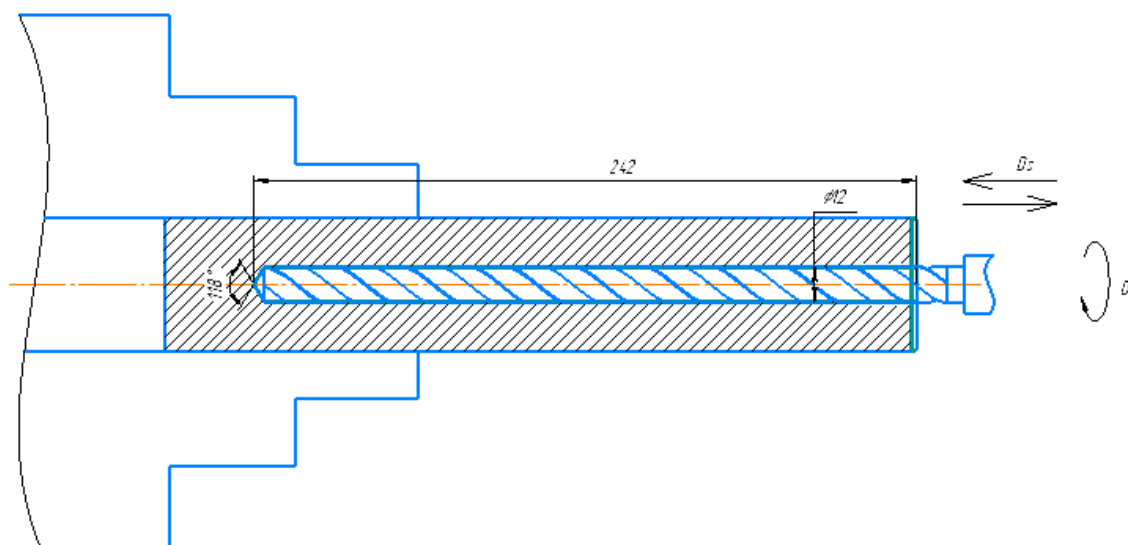


Рисунок 3.11 – Сверление осевого отверстия

Произведём расчёт обработки поверхности $\varnothing 12$ мм сверлением.

7) Глубина сверления:

$$t = 242 \text{ мм.}$$

8) Определяем по справочнику [18]. По выбранной глубине сверления и шероховатости назначаем подачу:

$$S=0,20 \text{ мм/об.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.02.2019.024.00 ПЗ

Лист

44

9) Определяем по справочнику [18] скорость резанья при заданной стойкости сверла, глубине резанья и подачи:

$$v_p = 32 \text{ м/мин.}$$

10) Определяем по справочнику [18] частоту вращения сверла:

$$n = 849 \text{ об/мин.}$$

11) Определяем по справочнику [18] фактическое значение скорости:

$$V_p = 32 \text{ м/мин.}$$

12) Определяем по справочнику [18] силу резанья:

$$P = 300 \text{ Н.}$$

13) Определяем по справочнику [18] мощность резанья:

$$N = 1.10 \text{ кВт.}$$

Операция 015- Вертикально-сверлильная.

Для сверлильной операции (рисунок 3.12) применяем станок вертикально сверлильный 2Н125

Выбираем сверло $\varnothing 5$ мм

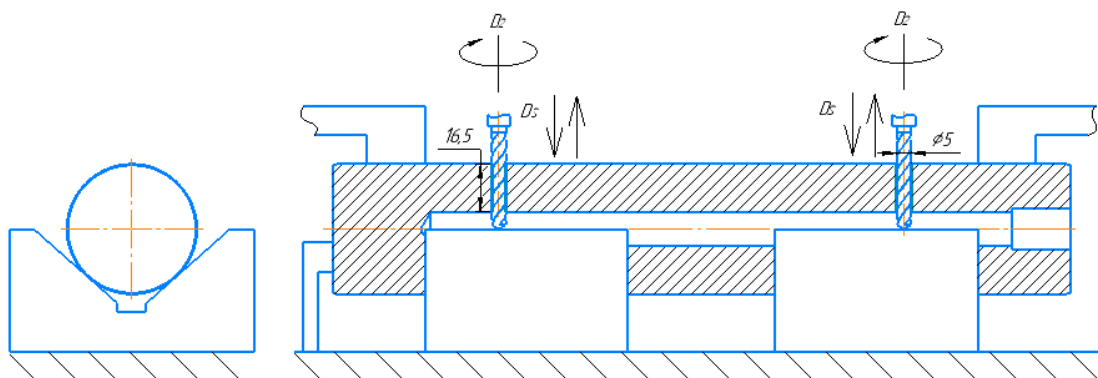


Рисунок 3.12 – Сверление радиального отверстия

Произведём расчёт сверления отверстия $\varnothing 5$ мм.

14) Глубина резания равняется высоте профиля резьбы:

$$t = 16,5 \text{ мм.}$$

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

15) Определяем по справочнику [18] глубину резанья и шероховатости назначаем подачу:

$$S=0,07 \text{ мм/об.}$$

16) Определяем по справочнику [18] скорость резанья при заданной стойкости сверла, глубине резанья и подачи:

$$v_p = 12 \text{ м/мин.}$$

17) Определяем по справочнику [18] частоту вращения сверла:

$$n = 2356 \text{ мин}^{-1}.$$

18) Определяем по справочнику [18] фактическое значение скорости:

$$V_p= 12 \text{ м/мин.}$$

19) Определяем по справочнику [18] силу резанья:

$$P = 88 \text{ Н.}$$

20) Определяем по справочнику [18] мощность резанья:

$$N= 0,34 \text{ кВт.}$$

Операция 025- Бесцентрово шлифовальная

В качестве отделочной операции используем бесцентровое шлифование (рисунок 3.13), данная операция поможет получить меньшую шероховатость $Ra= 1,6$ и сгладить поверхность после термообработки.

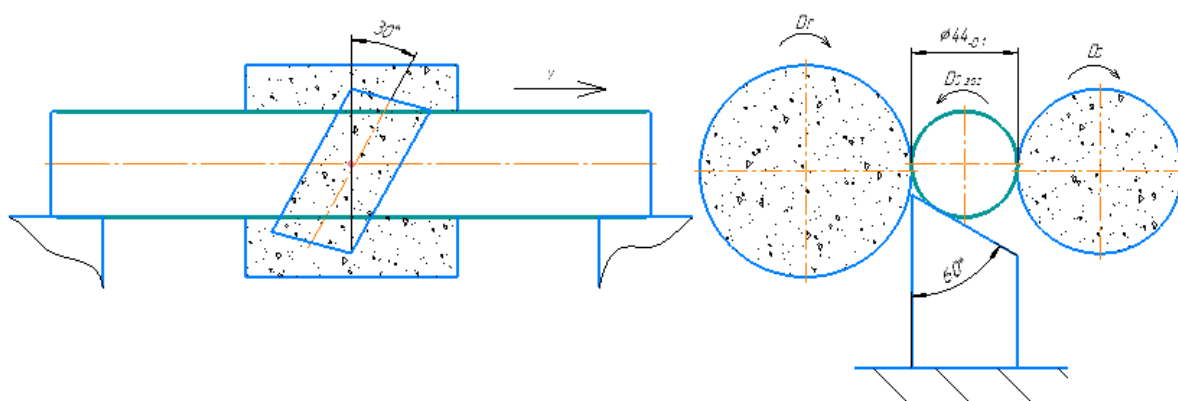


Рисунок 3.13 – Шлифование внешней поверхности (бесцентрово шлифовальная)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.02.2019.024.00 ПЗ

Лист

46

Произведём расчёт обработки поверхности $\varnothing 44$ мм шлифованием.

21) Определяем по справочнику [19] частоту шлифовального круга:

$$n = 210 \text{ мин}^{-1}.$$

22) Определяем по справочнику [19] скорость детали:

$$V = 33 \text{ м/с}.$$

23) Определяем по справочнику [19] продольную подачу:

$$S = \text{мм/мин}.$$

24) Определяем по справочнику [19] глубину шлифования:

$$t = 0.2 \text{ мм}.$$

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вывод по разделу

Вывод: деталь технологична. Все поверхности детали могут быть обработаны и выполнены контрольные проверки точности изготовления поверхностей детали. Произведены и подобраны соответствующие режимы резания и нормы времени.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Выполнен обзор конструкций и условий эксплуатации составной гусеницы рельсового типа. Дана оценка ресурса в зависимости от грунтовых условий эксплуатации. Остаточным ресурсом при работе на абразивных грунтах обладают звено и башмак. Гусеницы с деталями, имеющими остаточный ресурс 30 ... 60%, снимаются с трактора, что влечет неоправданный расход средств и металла.

2) Задача по повышению долговечности и равностойкости составных гусеничных цепей промышленных тракторов должна носить комплексный характер и решаться в двух направлениях:

- повышение ресурса шарнира гусениц на абразивных грунтах;
- повышение ресурса цевочного зацепления.

3) Установлено, что наиболее эффективным способом повышения долговечности является создание гусеницы с закрытым шарниром с жидкой смазкой. Решение задачи создания закрытого шарнира с жидкой смазкой обусловлено разработкой надежного уплотнительного устройства.

4) Предложена конструкция манжетного уплотнения специального профиля на основе полиуретановой оболочки и резинового упругого элемента с каркасом из фенопласта.

5) Установлена целесообразность создания гусеницы с вращающейся цевкой, которая, при наличии закрытого шарнира с жидкой смазкой, уменьшит трение втулки со звездочкой, что приведет к повышению ресурса, как втулки, так и сегментов звездочки.

6) Разработана для трактора класса 10-15 тс. конструкция гусеницы с закрытым шарниром с жидкой смазкой и вращающейся цевкой (втулкой) для работы на высоко абразивных грунтах.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

7) Выполнен проверочный расчет прочности пальца и износостойкости соединения втулка-палец гусеницы. Расчеты подтвердили работоспособность конструкции. Коэффициенты запаса превышают допустимые значения.

8) Разработан технологический процесс изготовления опытного образца пальца для смазываемого шарнира гусеницы. Определены режимы резания и нормы времени. Рассмотрены варианты возможного брака при изготовлении детали.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Землянский, Ю.М. Обеспечение надежности шарнирного уплотнения гусеницы. М.: «Тракторы и сельскохозяйственные машины» №9, 1999.– 5 с.
- 2 Составные гусеницы тракторов. <http://www.istk.ru>
- 3 ТУ 38-1051240-88. Изделия формовые из литевых полиуретанов на основе простых полиэфиров. Технические условия. 1988 – 22 с.
- 4 Уплотнение шарнира гусеницы: а. с. №1504448 / Ю.М. Землянский, З.С. Кохановская. - «Бюллетень изобретений», 1989.– 1 с.
- 5 ГОСТ 5689-79. Массы прессовочные фенольные. – М.: Изд-во стандартов, 1989 – 28 с.
- 6 Основные элементы гусеничного движителя. <http://stroy-technics.ru>
- 7 Типы замыкания гусениц. textron-zapchasti.ru
- 8 Иллюстрированные каталоги, справочники, базы данных по металлорежущим станкам и кузнечно-прессовому оборудованию. <http://stanki-katalog.ru>
- 9 ГОСТ 18884- 73. Резцы токарные подрезные отогнутые с пластинами от твердого сплава. – М.: Изд-во стандартов, 1973 – 5 с.
- 10 Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ). vpk-avtomash.ru
- 11 Анухин, В.И. Допуски и посадки: Учебное пособие. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 256 с.
- 12 Иосилевич, Г.Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроит. спец. Вузов. – М.: Машиностроение, 1998. – 368 с.
- 13 ГОСТ 868-82. Нутромеры индикаторные. – М.: Изд-во стандартов, 2004 – 5 с.
- 14 ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1997 – 17 с.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

15 ГОСТ 19300-86. Профилографы-профилометры контактные. – М.: Изд-во стандартов, 1986 – 8 с.

16 Марков, В.В. Расчет режимов резания. Курсовые и дипломные проектирования по технологии машиностроения.: Рекомендовано редакционно - издательским советом Орел ГТУ в качестве учебного пособия для студентов среднего профессионального образования: учебное пособие / В.В. Марков, Л.И. Лебедева, А.В. Сметанников – О.: Изд-во Орел-ГТУ, 2010.-112 с.

17 Межотраслевые укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на токарно-винторезных станках (единичное и мелкосерийное производство) <http://www.omegametall.ru>

18 Режимы резания при сверлении на сверлильных станках.: <http://www.mastergrad.ru>

19 Межотраслевые укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на шлифовальных станках (единичное и мелкосерийное производство):<http://www.meganorm.ru>

20 СТО ЮУрГУ 04 – 2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

21 ОСТ 23.1.178-87. Цепи гусеничные промышленных тракторов. Общие технические условия. Вступил в действие: с 01.04.87 – 14с.

22 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1989 – 36 с.

23 ГОСТ 481-80. Паронит и прокладки из него. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 14 с.

24 ГОСТ 30893.2. Общие допуски. Допуски формы и положения поверхностей, не указанные индивидуально. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.

					23.03.02.2019.024.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52