

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

Факультет «Автотракторный»

Кафедра «Колесных и гусеничных машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ / В.Н. Бондарь/

_____ 2017 г.

Модернизация тяговой лебедки автомобиля «Урал»
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–23.03.02.394.ПЗ ВКР

Руководитель проекта

Ю.М. Землянский

_____ 2017 г.

Автор проекта

студент группы П-404

Б.Р. Дюсебаев

_____ 2017 г.

Нормоконтролер

В.И. Дуюн

_____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Дюсебаев Б.Р., Модернизация тяговой лебедки автомобиля «Урал».– Челябинск: ЮУрГУ, ПИ; 2017, 52 с., 6 ил., библиогр. список – 25 наим.

АВТОМОБИЛЬ, ТЯГОВАЯ ЛЕБЕДКА, ВОЛНОВОЙ РЕДУКТОР

В работе представлен конструкционный анализ тяговых автомобильных лебедок, показаны достоинства и недостатки конструкций. Дан кинематический и силовой расчет привода тяговой лебедки, выбран гидромотор. Приведен проекторочный и проверочный расчет волнового редуктора лебедки, определены геометрические параметры и выполнение условия прочности гибкого колеса. Рассмотрен технологический процесс изготовления детали типа «Вал».

Представлена компоновка модернизированной тяговой лебедки автомобиля «Урал».

					22.02.02.2017.2017.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дюсебаев Б.Р.			Модернизация тяговой лебедки автомобиля	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Землянский					4	52
Т. Контр.						НИУ ЮУрГУ Кафед-		
Н. Контр.		Дуюн В.И.						
Утверд.		Бондарь В.Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	7
1 КОНСТРУКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЯГОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕБЕДОК.....	12
1.1 Назначение, условие эксплуатации и описание тяговой лебедки автомобиля «Урал»	12
1.2 Назначение, условие эксплуатации и устройство тяговой лебедки автомобиля «КАМАЗ».....	16
1.3 Лебедка автомобильная гидравлическая	21
1.4 Конструкционный анализ редукторов автомобильных лебедок	24
2 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ТЯГОВОЙ ЛЕБЕДКИ.....	33
2.1 Выбор схема привода	33
2.2 Кинематический и силовой расчет привода.....	33
2.2.1 Выбор исходных данных.....	33
2.2.2 Определение потребной мощности и выбор гидромотора.....	34
3 ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ И ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ РЕДУКТОРА.....	37
3.1 Проектировочный расчет	37
3.2 Проверочный расчет	38
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ВАЛ.....	41
4.1 Обще – технологическая часть	41
4.1.1 Служебное назначение детали типа «Вал» и технические требования, предъявляемые к детали	41
4.1.2 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения	43

										Лист
										5
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	23.03.02.2017.039.00 ПЗ					

4.1.3 Анализ действующего технологического процесса обработки детали «Вал»	46
4.2 Разработка проектного варианта технологического процесса обработки детали «Вал»	47
4.2.1 Анализ методов получения заготовки	47
4.2.2 Выбор технологических баз.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	53

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня существует большое количество различного грузоподъемного оборудования, предназначенного для подъема грузов при проведении строительных, ремонтных, монтажных и других работ. Однако довольно часто при этих работах приходится сталкиваться с проблемой не вертикального подъема груза, на что рассчитано большинство этого оборудования, а в необходимости переместить груз в горизонтальной плоскости. В этих случаях пользуются такой разновидностью грузоподъемного оборудования, как лебедки. Лебедками называют устройства для горизонтального перемещения (тяговые лебедки) грузов.

Автомобильные лебедки используются для преодоления труднопроходимых участков, самовытаскивания и вытаскивания автомобилей и других транспортных средств, а также для выполнения специальных работ. Часто они крепятся на раме авто, бывают и съемными. Современные автомобильные лебедки бывают: ручными, механическими, электрическими и гидравлическими. Внешне они схожи, однако имеют различный привод, мощность, скорость работы, массу и габариты.

Ручные модели отличаются простотой конструкции и абсолютной неприхотливостью к наличию питания. Намотка троса осуществляется вручную с помощью рычага.

Достоинства:

- 1) Нет зависимости от электричества, наличия топлива.
- 2) Малогабаритность.
- 3) Низкая стоимость.
- 4) Простота конструкции.
- 5) Возможность увеличения тяговой силы за счет удлинения рычага.

Недостатки:

- 1) Неудобство использования на морозе, в глубокой яме или грязи.
- 2) Зависимость от физических возможностей человека.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		7

Механические модели путают с ручными, однако принцип их работы принципиально отличается. Агрегат не имеет собственного источника питания, но и не требует ручной работы, поскольку подключается к валу отбора мощности к раздаточной коробке автомобиля и приводятся в действие двигателем автомобиля. Регулировка скорости наматывания троса на барабан лебедки регулируется оборотами двигателя.

Достоинства:

- 1) Увеличенная по сравнению с ручной лебедкой мощность.
- 2) Простота конструкции.
- 3) Относительная дешевизна.
- 4) Неприхотливость в уходе.
- 5) Возможность регулировки скорости намотки троса за счет повышения или уменьшения оборотов двигателя.

Недостатки:

- 1) Зависит от исправности двигателя авто.
- 2) Время работы ограничено временем работы двигателя.
- 3) Неудобная установка.

Явных минусов такого типа лебедок два – это агрегатирование с коробкой отбора мощности и стоимость [20].

Лебедка автомобильная электрическая является самой популярной среди своих собратьев. Это основной и самый распространенный вид лебедок, подключаются к электропитанию автомобиля. Автомобильные электрические лебедки в свою очередь делятся по напряжению 12В и 24В.

Электрические лебедки, как правило, не обладают достаточной мощностью для вытягивания из грязи груженого грузовика, но способны работать при заглохшем двигателе. Электрические лебедки также требуют установки дополнительных аккумуляторов, т.к. в процессе работы двигатель лебедки интенсивно разряжает аккумуляторы и оставшегося заряда может не хватить для запуска двигателя. Электрические лебедки удобны для использования с различными агрега-

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		8

тами, т.к. недостаток мощности компенсируется возможностью установки практически в любом месте на раме, на грузовой платформе, на спецустановках.

Достоинства:

- 1) Развивает приличную скорость и мощность.
- 2) Не зависит от исправности двигателя, поэтому может вытягивать заглохший автомобиль.
- 3) Просто устанавливается.
- 4) Неприхотлива в уходе.
- 5) Наиболее эффективна и удобна для работы с нечастыми и не продолжительными нагрузками.
- 6) Может быть оснащена дополнительными датчиками, способными продлить срок ее службы.

Недостатки:

- 1) Один из наиболее частых – плохая защита от влаги и грязи.
- 2) При продолжительном использовании быстро сажает аккумулятор.
- 3) При интенсивном использовании уменьшает ресурс аккумулятора.
- 4) Электролебедка высокого качества стоит дорого.

По сравнению с механическими лебедками более доступными являются гидравлические. Принцип питания – это подключение к гидронасосу. Гибкие шланги удобнее использовать, нежели приводные валы механической автолебедки. К основным преимуществам гидравлической лебедки можно отнести: герметичность, надежность и возможность работать даже под водой [15].

Стоит также отметить, что повышение нагрузки для гидравлической лебедки не так страшно, чем для других типов: у механики может сорвать шпонку в редукторе, а у электрической лебедки попросту сгореть двигатель, а вот гидравлическая лебедка просто останавливается. К преимуществам можно отнести высокую надежность самого гидромотора, его устойчивость к перегрузкам, возможность работать под водой (в силу своей герметичности). Недостатки гидравли-

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		9

ских лебедок это невысокая скорость намотки троса, и невозможность работы без заведенного двигателя.

Достоинства:

- 1) Увеличенная по сравнению с механической мощностью.
- 2) Небольшие габариты и малая масса.
- 3) Неприхотливость эксплуатации.
- 4) Бесшумность и плавность работы.

Недостатки:

- 1) Медленная скорость намотки.

Все без исключения лебедки содержат редуктор, который увеличивает вращающий момент двигателя в передаточное число раз. Эти редукторы в свою очередь также обладают рядом достоинств и недостатков. Так при эксплуатации глобоидного редуктора допускается только кратковременно-периодическая работа лебедки. Во избежание перегрева редуктора лебедки из-за низкого КПД при подтягивании более 3 раз подряд с использованием полной длины троса и максимальной или близкой к ней нагрузкой редуктор необходимо охлаждать до температуры, которую может выдержать рука при прикосновении к картеру редуктора. В начальный период эксплуатации нагрузка по возможности не должна превышать половины номинальной.

Волновые редукторы позволяют осуществлять большие передаточные отношения в одной ступени, при этом обладают высоким КПД. Волновые передачи имеют меньшую массу, меньшие габариты, обеспечивают более высокую кинематическую точность, имеют меньший мертвый ход, обладают высокой демпфирующей способностью (в 4...5 раз большей, чем у обычных), работают с меньшим шумом. Из-за меньшего трения между деталями не происходит перегрева вращающихся частей механизма во время эксплуатации.

На основании анализа существующих типов автомобильных лебедок сформулирована цель и задачи работы.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		10

Цель и задачи работы.

Цель работы – модернизация тяговой лебедки автомобиля «Урал», обеспечивающая непрерывный и длительный режим работы.

В соответствии с указанной целью, поставлены задачи:

- 1) Кинематический и силовой расчет привода. Выбор гидромотора.
- 2) Проектировочный и проверочный расчет волнового редуктора лебедки.
- 3) Компоновка гидравлической лебедки с волновым редуктором.

Практическая значимость. Предложенная в работе конструкция позволит уменьшить габариты и массу, повысить нагрузочный режим, обеспечить удобство компоновки, бесшумность и плавность работы тяговой лебедки.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		11

1 КОНСТРУКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ТЯГОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕБЕДОК

1.1 Назначение, условие эксплуатации и описание тяговой лебедки автомобиля «Урал»

Для преодоления труднопроходимых участков, самовытаскивания и вытаскивания автомобилей и других транспортных средств, а также для выполнения специальных работ часть автомобилей «Урал» оборудована лебедкой (рисунок 1.1).

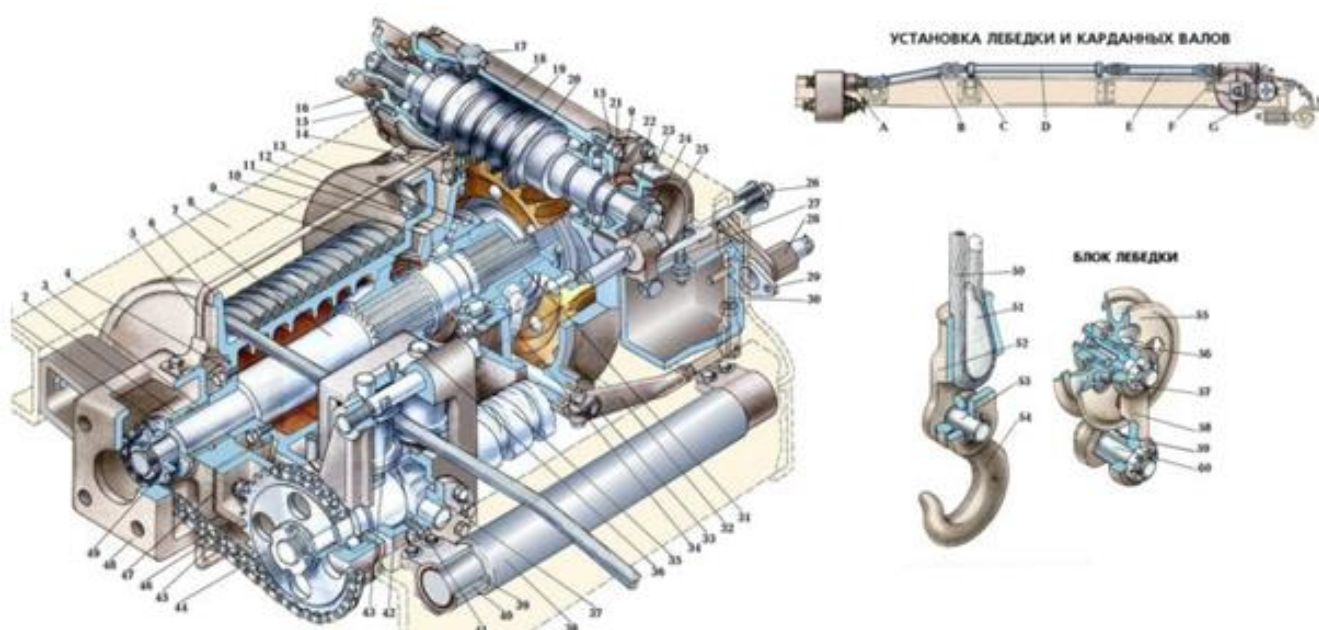


Рисунок 1.1 – Лебедка автомобиля «Урал»

Лебедка барабанного типа, с автоматическим ленточным тормозом, тросоукладчиком. Рабочая длина троса 65 м, диаметр – 17,5 мм. Выдается трос назад. Максимальное тяговое усилие на тросе ограничивается предохранительным штифтом, установленным на переднем карданном вале привода лебедки. Предохранительный штифт срезается при усилии на тросе 7000-9000 кгс.

Для увеличения тягового усилия или изменения направления троса к автомобилю прикладывается блок лебедки.

Отбор мощности производится от раздаточной коробки через открытую карданную передачу (рисунок 1.2) [22].

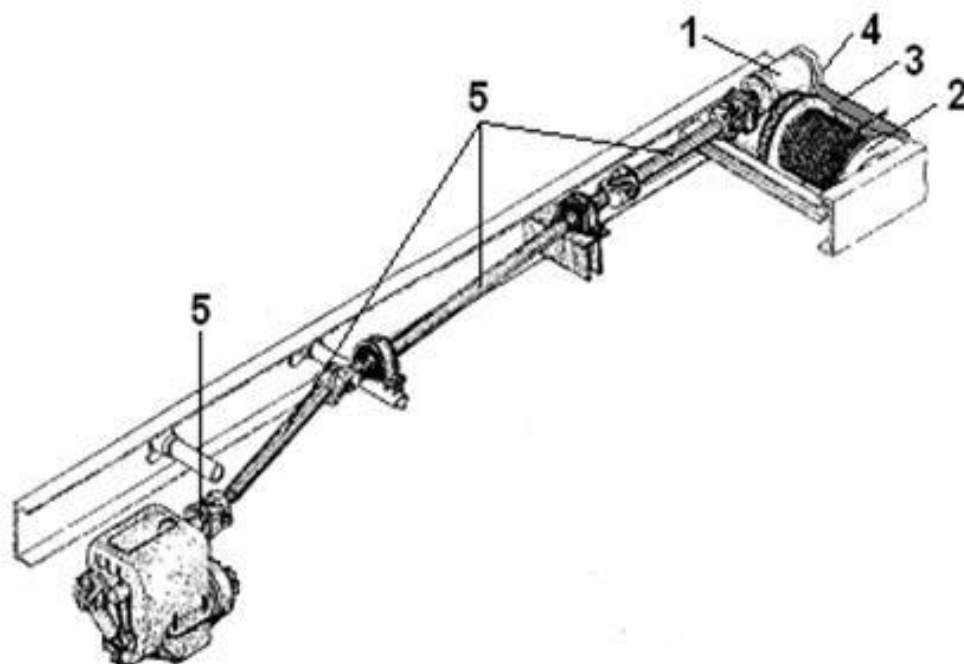


Рисунок 1.2 – Установка лебедки автомобиля Урал – 4320.31:

1 - червячный редуктор, 2 - барабан с тросом, 3 - тросоукладчик, 4 - автоматический ленточный тормоз, 5 – привод

При эксплуатации запрещается использовать лебедку для длительного буксирования, не допускается отклонение троса от продольной оси автомобиля на углы более 15° . Во избежание перегрева редуктора лебедки при подтягивании более 3 раз подряд с использованием полной длины троса и максимальной или близкой к ней нагрузкой редуктор необходимо охлаждать до температуры, которую может выдержать рука при прикосновении к картеру редуктора. В начальный период эксплуатации нагрузка по возможности не должна превышать половины номинальной. Масса лебедки в сборе 380 кг.

Редуктор лебедки – глобоидный, с передаточным отношением $U_p = 31$, с верхним расположением червяка (рисунок 1.3).

										Лист
										13
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата						

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

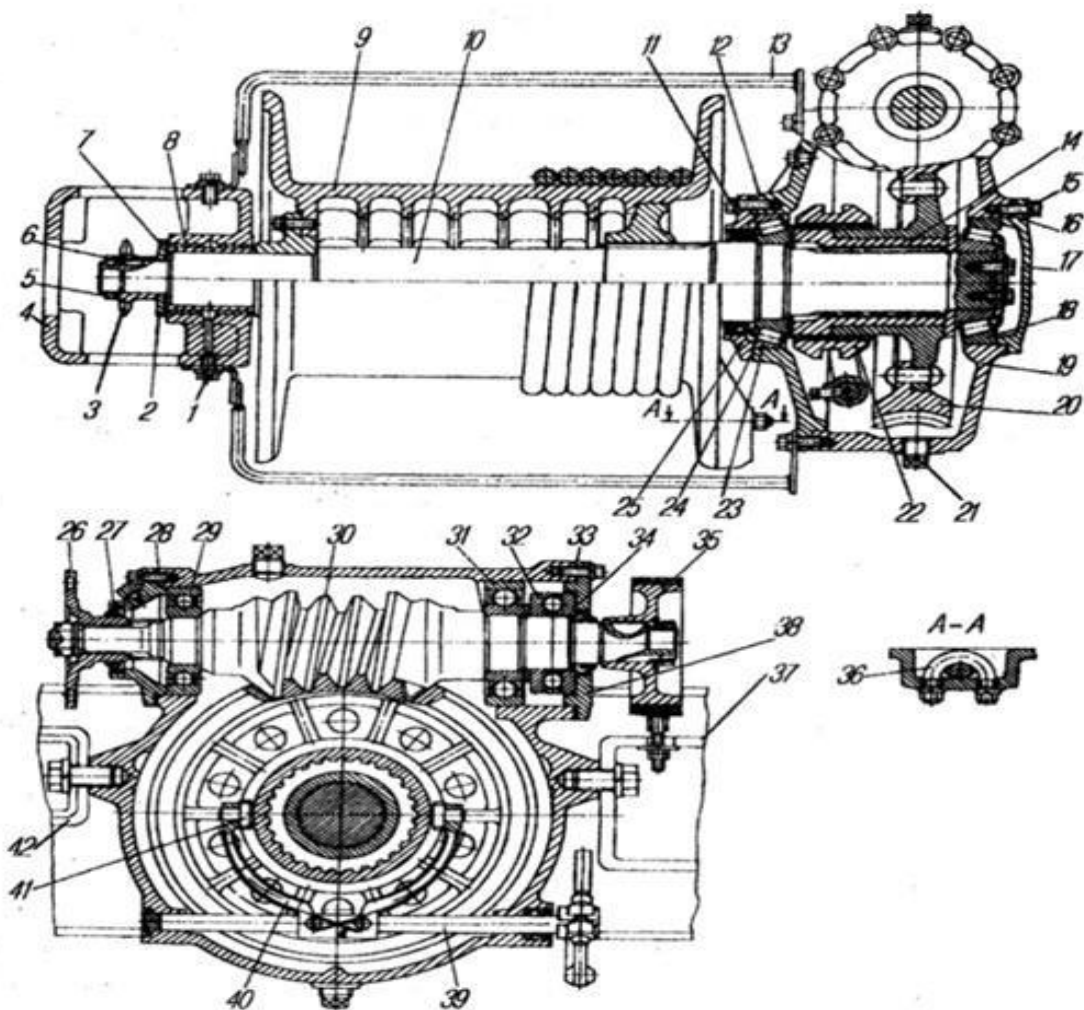


Рисунок 1.3 – Редуктор лебедки автомобиля Урал – 4320.31:

1 - масленка; 2 - шайба упорная; 3 - звездочка; 4 - кронштейн вала барабана; 5 - шайба стопорная; 6 - гайка; 7 - подшипник скольжения; 8 - втулка распорная; 9 - барабан; 10 - вал барабана; 11,15 - болты; 12 - крышка редуктора; 13 - отбойник троса; 14 - муфта неподвижная; 16,24,28,33 - прокладки регулировочные; 17,25,27,37 - крышки подшипников; 18,23,29,31,32 - подшипники; 19 - картер редуктора; 20 - колесо червячное; 21 - пробка; 22 - муфта подвижная; 26 - фланец; 30 - червяк редуктора; 34 - прокладка; 35 - тормоз ленточный; 36 - скоба крепления троса; 38 - кронштейн ходового винта правый; 39 - шток муфты; 40 - вилка; 41 - сухарь; 42 - поперечина подвески лебедки

Червяк 30 – однозаходный глобоидальный, стальной выполнен заодно с валом. На переднем конце червяка устанавливается фланец карданной передачи 26, на заднем – барабан автоматического тормоза 35. В картере 19 червяк устанавлива-

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

Лист

14

ется на трех шариковых подшипниках: двух радиально – упорных 29, 32 и одном упорном 31.

Выходы вала червяка из картера уплотняются самоподжимными резиновыми сальниками (манжетами). Для регулировки подшипников и зацепления червячной пары под крышки подшипников установлены регулировочные прокладки 28, 33, причем толщина их пакетов под передней и задней крышками должна быть одинаковой.

Червячное колесо 20, в соответствии с рисунком, имеет бронзовый зубчатый венец, приклепанный к стальной ступице. Ступица устанавливается на неподвижную муфту вала барабана лебедки 14.

Для регулировки подшипников червяка и зацепления под крышками имеются регулировочные прокладки толщиной 0,25 и 0,10 мм.

Червячное колесо составное, бронзовый венец колеса приклепан к стальной ступице, имеющей эвольвентные шлицы. Для регулировки подшипников колеса и зацепления под крышками имеются регулировочные прокладки толщиной 0,25 и 0,10 мм [13].

В крышке редуктора имеется отверстие с пробкой для контроля уровня масла. В верхней части картера расположено маслосливное отверстие с пробкой, в нижней части – отверстие для слива масла, закрываемое крышкой.

Привод управления лебедкой – дистанционный, механический. На червяке редуктора лебедки установлен автоматический ленточный тормоз, препятствующий самопроизвольному вращению барабана лебедки и разматыванию троса при выключенном сцеплении автомобиля и в случае срыва предохранительного штифта.

При наматывании троса на барабан тормозной шкив, вращаясь, захватывает ленту тормоза и силой трения пружина тормоза сжимается, создавая тормозной момент на шкиве.

При разматывании троса с барабана, например, при срыве предохранительного штифта момент трения на тормозном шкиве автоматически увеличивается, так

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		15

как лента самозатягивается силой трения, значительно большей и направленной в обратную сторону, чем при намотке троса. Для правильной укладки троса на барабан лебедка оборудована тросоукладчиком. При укладке троса на барабан корпус держателя направляющих роликов с роликами совершает возвратно-поступательное движение вдоль ходового винта, имеющего правую и левую нарезку. При вращении ходового винта сухарь скользит, перемещая корпус. Ходовой винт приводится во вращение цепной передачей от вала барабана лебедки. Для натяжения цепи имеются регулировочные прокладки. Для предохранения троса сзади тросоукладчика на поперечине установлен горизонтальный ролик вращающийся в кронштейнах на полиамидных втулках.

Электрические лебедки, как правило, не обладают достаточной мощностью для вытягивания из грязи груженого грузовика, но способны работать при заглушем двигателе. Электрические лебедки также требуют установки дополнительных аккумуляторов, т.к. в процессе работы двигатель лебедки интенсивно разряжает аккумуляторы и оставшегося заряда может не хватить для запуска двигателя. Электрические лебедки удобны для использования с различными агрегатами, т.к. недостаток мощности компенсируется возможностью установки практически в любом месте на раме, на грузовой платформе, на спецустановках.

1.2 Назначение, условие эксплуатации и устройство тяговой лебедки автомобиля «КАМАЗ»

Трос лебедки выдается только назад. Рабочая длина троса лебедки 81,5–83,5 м, максимальное тяговое усилие – 75,5 кН, с применением блока – 150,9 кН.

Лебедка установлена на двух поперечинах и двух кронштейнах в задней части рамы автомобиля (рисунок 1.4) [11].

Привод лебедки осуществляется тремя карданными валами 6, 7 и 8 от вала отбора мощности коробки отбора мощности, установленной на раздаточной коробке. Максимально допустимый отбор – 44 кВт (60 л.с.). Отбор мощности возможен

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		16

как на стоянке, так и при движении автомобиля. На заднем карданном валу для предохранения деталей от перегрузки установлены срезающиеся предохранительные болты. Заменять эти болты на другие категорически запрещено.

Управление приводом лебедки – дистанционное, электропневматическое. Управление осуществляется из кабины при помощи двухпозиционного фиксированного переключателя с встроенной контрольной лампой на панели щитка приборов и нефиксированного кнопочного выключателя на панели выключателей. Одновременное их нажатие приводит к включению электромагнитного клапана коробки отбора мощности.

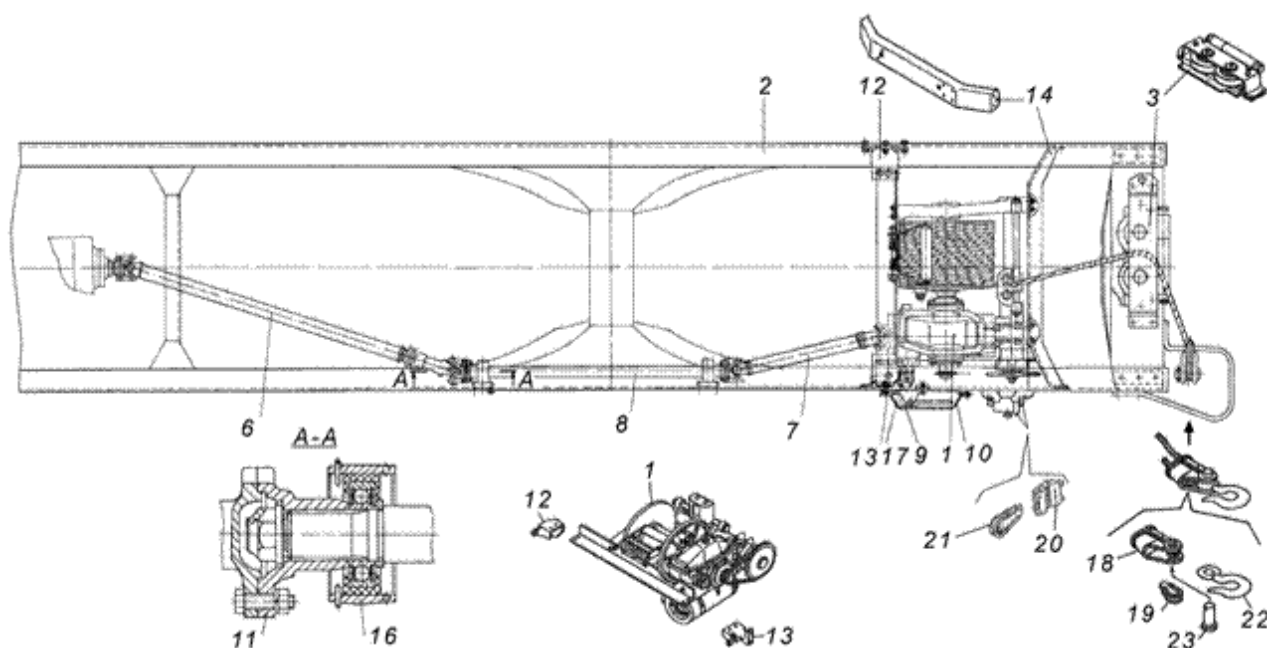


Рисунок 1.4 – Установка лебедки

1 – лебедка с редуктором, поперечиной и тросоукладчиком в сборе; 2 – лонжерон рамы; 3 – ролики направляющие трос лебедки задние; 6 – вал карданный лебедки передний в сборе; 7 – вал карданный лебедки задний в сборе; 8 – вал карданный промежуточный лебедки в сборе; 9 – рычаг включения редуктора лебедки; 10 – крышка защитная рычага включения редуктора лебедки с основанием и осью; 11 – фланец промежуточного карданного вала лебедки; 12 – кронштейн передний поперечины правый; 13 – кронштейн передний поперечины левый; 14 – поперечина установки лебедки задняя; 16 – кронштейн опоры; 17 – муфта защитная штока вилки включения редуктора лебедки; 18 – коуш троса лебедки; 19 – клин коуша троса лебедки; 20 – кронштейн клиновой задела троса лебедки; 21 – клин кронштейна заделки троса лебедки; 22 – крюк троса лебедки; 23 – палец крюка троса лебедки

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

Лист

17

Редуктор лебедки червячного типа с передаточным числом 31 (рисунок 1.5). Он состоит из картера 25, в котором смонтирована червячная пара: глобоидальный червяк 18 – червячное колесо 9. Червяк вращается на двух конических роликовых подшипниках 17 и 21, установленных в расточках картера. Подшипники с одной стороны закрыты глухой крышкой 16, с другой стороны крышкой переднего подшипника 22. Под крышками установлены пакеты регулировочных прокладок 19, с помощью которых создается определенный предварительный натяг в конических подшипниках и корректируется пятно контакта в червячном зацеплении [5].

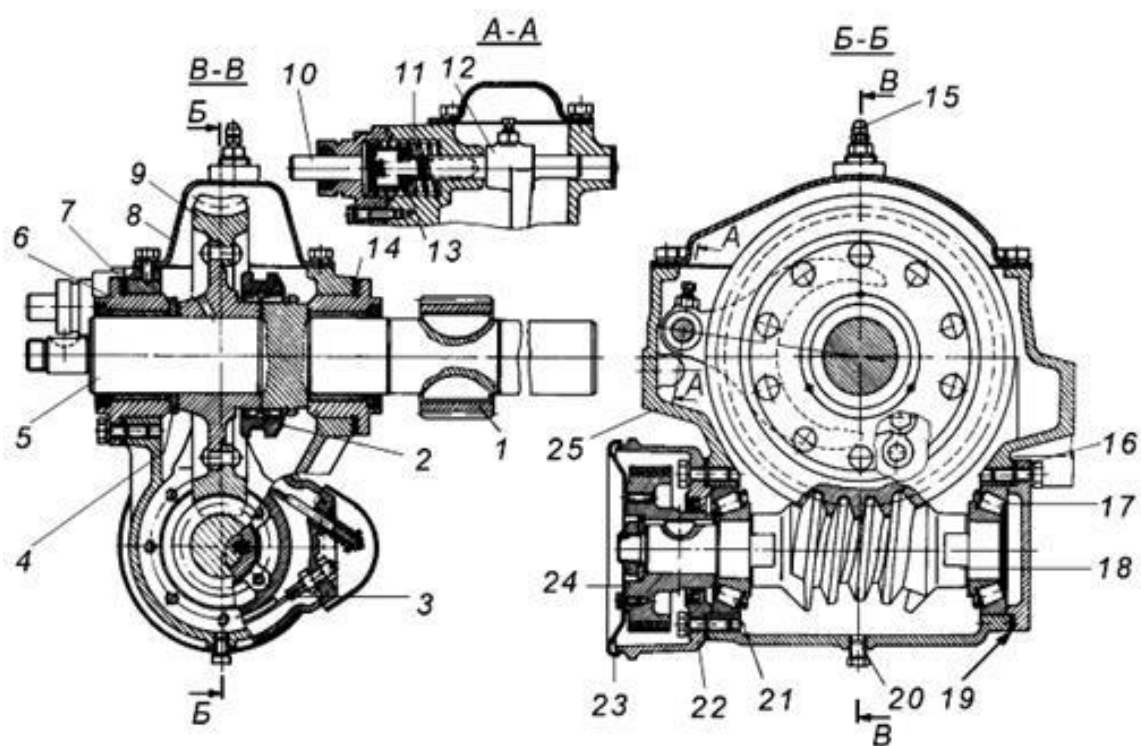


Рисунок 1.5 – Редуктор лебедки

1 – шлицевая втулка; 2 – муфта включения; 3 – лента тормозного механизма; 4 – упорная шайба; 5 – вал барабана; 6 – стакан; 7, 14, 19 – прокладки; 8 – крышка картера; 9 – червячное колесо; 10 – упорный палец штока; 11 – шток вилки; 12 – вилка включения; 13 – стакан штока; 15 – клапан предохранительный; 16 – крышка заднего подшипника; 17, 21 – подшипники; 18 – червяк редуктора; 20 – пробка; 22 – крышка переднего подшипника; 23 – отражатель барабана; 24 – барабан тормозного механизма; 25 – картер редуктора лебедки

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

Лист

18

Червячное колесо 9 состоит из стальной ступицы и бронзового венца, прикрепленного к ступице заклепками. Колесо установлено на валу барабана 5 свободно с возможностью вращения относительно вала. На ступице червячного колеса выполнен зубчатый венец, такой же зубчатый венец имеется на валу барабана. Они соединяются между собой подвижной муфтой включения 2 [4].

Вал барабана 5 в корпусе редуктора вращается на двух подшипниках скольжения – втулках из бронзы, запрессованных в стаканы 6. Стаканы устанавливаются в корпус и крепятся болтами. Между буртами стаканов и корпусом установлены наборы регулировочных прокладок 7 и 14, с помощью которых устанавливается зазор между ступицей червячного колеса и упорной шайбой 4 в пределах 0,05-0,1 мм, а также с помощью прокладок производится перемещение вала 5 для получения необходимого пятна контакта. Перемещение вала осуществляется после регулировки осевого зазора переключением прокладок из-под одного фланца стакана под другой фланец стакана.

Лебедка оборудована автоматическим тормозом. Барабан тормоза 24 установлен на конце вала червяка на шпонке. На торцевой поверхности барабана крепится отражатель 23. Крышка переднего подшипника 22 одновременно является защитным кожухом и местом крепления ленточного тормоза. К ленте тормоза прикреплены фрикционные накладки, которые охватывают барабан тормоза 24. Один резьбовой конец стержня ленты закреплен неподвижно в нижнем отверстии прилива крышки 22, другой конец подвижно через пружину закреплен в отверстии верхнего прилива крышки. Под действием сил трения самозатягивание ленты происходит только при разматывании троса.

При малой частоте вращения вала червяка усилие торможения незначительно и не препятствует разматыванию троса. В случае среза предохранительных болтов при вращении барабана с повышенной скоростью действие тормоза увеличивается вследствие самозатягивания ленты под действием сил трения и дополняет самоторможение червячной передачи.

Тросоукладчик (рисунок 1.6) с цепным приводом обеспечивает равномерную и

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		19

плотную укладку троса на барабан. Подвижный корпус имеет проушину, в отверстие которой проходит направляющий стержень 14. К нижней части подвижного корпуса прикреплена крышка сухаря 3, в расточке которой вставлена ось сухаря 4 с возможностью вращения. Верхняя, специально спрофилированная головка сухаря входит в паз ходового винта 13.

При вращении ходового винта сухарь перемещается в пазу винта и вместе с собой перемещает подвижный корпус тросоукладчика 2. В крайних положениях сухарь переходит по переходному пазу с правой нарезки на левую и обратно. Ход подвижного корпуса тросоукладчика согласован с вращением барабана таким образом, что за каждый оборот барабана каретка перемещается на один шаг витка троса.

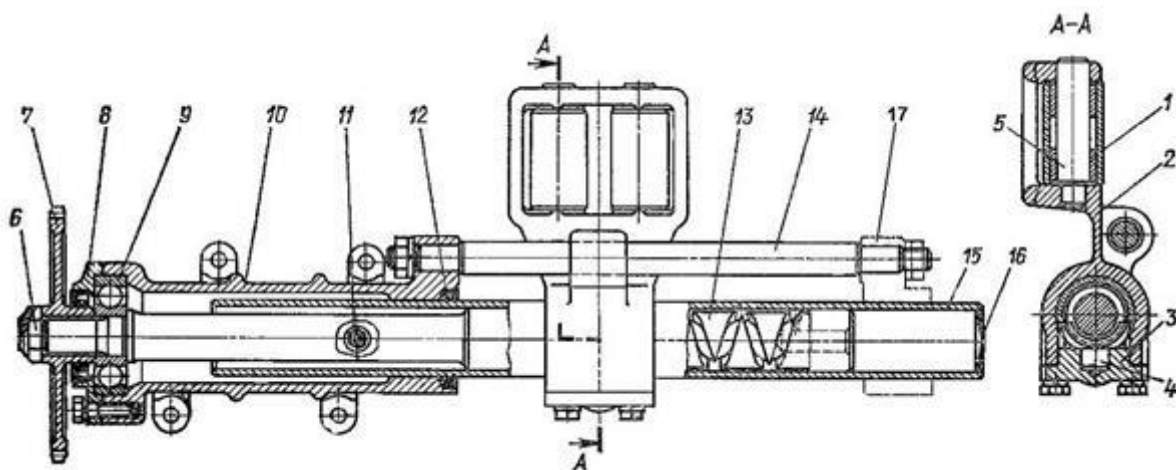


Рисунок 1.6 – Тросоукладчик лебедки

1 – ролики; 2 – корпус тросоукладчика; 3 – крышка сухаря; 4 – сухарь; 5 – ось ролика;
6 – гайка; 7 – звездочка; 8 – крышка корпуса; 9 – шариковый подшипник; 10 – корпус привода;
11 – масленка; 12 – уплотнительное кольцо; 13 – ходовой винт; 14 – направляющая;
15 – труба; 16 – заглушка; 17 – траверса

Трос лебедки закреплен на крюке 22 клиновым зажимом (рисунок 13.32), что позволяет снять крюк, выбив клин, и выдать трос назад. На правом лонжероне

рамы установлен клин 19, который служит для закрепления троса при самовытаскивании автомобиля с помощью блока.

Вал барабана лебедки отключается от редуктора поворотом рычага 9, вследствие чего муфта включения выходит из зацепления с червячным колесом редуктора.

1.3 Лебедка автомобильная гидравлическая

Лебедка автомобильная гидравлическая мод. ЛГ8-4501010 (рисунок 1.7), далее «лебедка», предназначена для самовытаскивания при застревании или вытаскивания других застрявших транспортных средств.

Лебедка жестко закреплена на автомобиле. По желанию потребителя она может быть установлена как спереди, так и сзади автомобиля. При установке сзади подача троса осуществляется через направляющие ролики, а лебедка должна иметь тросоукладчик для нормальной укладки троса на барабане. Направляющие ролики и тросоукладчик являются дополнительным оборудованием и поставляются отдельно по дополнительному заказу [8].



Рисунок 1.7 – Лебедка гидравлическая

									Лист
									21
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	23.03.02.2017.039.00 ПЗ				

Для привода лебедки применяется гидромотор – героторный реверсивный рабочий объемом 50см³.

Дополнительно с лебедкой может быть поставлен также гидрораспределитель с предохранительным клапаном и монтажной плитой. Гидрораспределитель обеспечивает изменение потока жидкости, и следовательно, направление вращения барабана. Управление гидрораспределителем осуществляется встроенными электромагнитами напряжением 24 или 12 в. Технические характеристики автомобильной лебедки представлены в (таблица 1.1).

Управление лебедкой и меры предосторожности

Перед запуском лебедки необходимо убедиться, что:

- все болтовые соединения надежно затянуты;
- трубопроводы гидросистемы не имеют повреждений (визуально);
- гидросистема заправлена, нет подтеканий и каплеобразований в соединениях труб и элементов гидросистемы;
- автомобиль надежно зафиксирован (при вытаскивании другого ТС);
- нет повреждений на тросе (проверяется визуально после размотки).

Таблица 1.1 – Технические характеристики автомобильной лебедки

Тяговое усилие на первом слое намотки, кг	8000
Диаметр троса, мм	14
Общая длина троса, м	40
Наибольшая длина подачи троса, м	37
Скорость вращения барабана, мин -1	10
Габаритные размеры, мм	655x342x265
Масса (с тросом), кг	120
Емкость бака масляного, л	20
Рабочая жидкость	масло гидравлическое марки «ВМГЗ»
Рабочее давление, МПа	16
Максимальное давление, МПа	18,5
Расход масла, л/мин	50

Управление лебедкой осуществляется в следующей последовательности:

Запускается двигатель автомобиля, давление в пневмосистеме тормозов доводится до требуемой величины

Выключается сцепление и с помощью кнопки управления (на панели приборов) включается коробка отбора мощности (КОМ).

Включается сцепление и убедившись, что КОМ работает, с помощью кнопки управления лебедкой включается лебедка. Кнопка имеет три положения – среднее, левое и правое. Среднее положение – лебедка выключена, левое и правое положения соответствуют разматыванию и сматыванию троса.

Правила хранения и транспортирование

До установки на ТС лебедка должна храниться в упаковке в закрытом не отапливаемом помещении. Гидрораспределитель, предохранительный клапан и монтажная плита могут быть упакованы отдельно.

Срок хранения без переконсервации не более 12 месяцев. При более длительном хранении необходимо провести переконсервацию в соответствии с ГОСТ 9.014-78 [23].

Особенности гидравлических моделей лебедок. Как и все гидравлические механизмы, данный тип лебедок работает по принципу жидкостного давления, обеспечивающего достаточное усилие.

Соответственно, главным недостатком таких приспособлений для автомобиля является хлопотный процесс установки. Этим, к слову, и объясняется низкая популярность гидравлики на российском рынке. Но, опять же, ценителей эффективных и по-настоящему качественных решений это не останавливает. На практике пользования они получают такие преимущества, как низкий шум натяжения, возможность применения под водой, надежность и безотказность, а также неплохие мощностные показатели. Тем и хороша лебедка гидравлическая автомобильная, что совмещает в себе и производительность, и рациональное использование силового потенциала.

Основные характеристики Основной рабочий показатель всех без исключения

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		23

лебедок – потенциал выдерживаемой нагрузки. В случае с гидравликой он варьируется от 2 до 13 т. При этом рабочее давление в основном составляет 150 Бар – это уже специфический параметр именно гидравлики. Также модели данного типа характеризуются проходимостью масла. Этот параметр, собственно, и определяет тяговое усилие конкретного агрегата. В среднем пропускная способность находится на уровне 60 л/мин. Чтобы гидравлическая лебедка органично работала с предлагаемыми нагрузками, важно рассчитывать и объем двигателя. Дело в том, что лебедочные механизмы не рассчитываются конкретно на тот или иной уровень груза – автолюбитель их может использовать в широких диапазонах массы, находящихся в рамках максимально допустимого предела.

Эксплуатационные возможности тем, кто отдал предпочтение качественной гидравлической лебедке и правильно выполнил установку, можно рассчитывать на весьма богатый функционал. Непосредственно управление механизмом осуществляется через рычаги – как правило, их два. Главным же достоинством фирменных моделей является поддержка нескольких режимов тяги. Например, в базовом порядке агрегат выполняет свободное разматывание и блокировку, а остальные несколько режимов отличаются разными передачами натяжения. Современная лебедка гидравлическая тяговая поддерживает несколько скоростей, управление которыми также может реализовываться посредством пульта ДУ.

1.4 Конструкционный анализ редукторов автомобильных лебедок

Червячные редукторы передают крутящий момент посредством червячной передачи. Червячная передача (рисунок 1.8) также называется зубчато-винтовой, поскольку основными элементами такой передачи являются зубчатое червячное колесо и винт – червяк.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	Документ	Подп.	Дата		

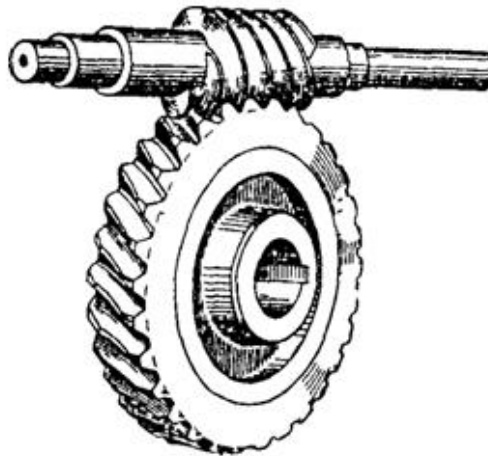


Рисунок 1.8 – Червячная передача

Червячная передача благодаря своей конструкции довольно эффективна в устройствах, где требуется высокий крутящий момент, сопряжённый с низкой угловой скоростью. Червяк является ведущим звеном механизма. Вследствие эффекта самоторможения червячная передача является необратимой. То есть приложенный момент к зубчатому колесу не сможет заставить двигаться червяк, даже при обилии смазки, поскольку силы трения во много раз превышают приложенную силу.

Достоинства и недостатки

Из достоинств стоит отметить плавность хода, эффект самоторможения, низкий уровень шума, большое передаточное отношение с использованием всего двух деталей.

Из недостатков следует обратить внимание на сравнительно низкий КПД, повышенный износ, заедание, большое тепловыделение вследствие сил трения. Низкий КПД обуславливает применение подобных механизмов при передаче относительно небольших мощностей до 100 кВт. Для предотвращения скорого износа и заедания необходимо соблюдать требования к точности сборки и регулировать механизмы [7].

Различие редукторов в основном сводится к различиям червяков и зубчатых колес, из которых собран данный червячный редуктор.

Червяки разделяются на типы по следующим признакам:

- по количеству заходов резьбы: однозаходные, многозаходные
- по направлению нарезки резьбы: правые, левые
- по форме винта, на котором нарезана резьба: цилиндрические, глобоидные

Для смягчения сил трения и повышения сопротивления заеданию применяются специальные вязкие смазочные составы или масла. При низких скоростях вращения смазка осуществляется при помощи специальных ванночек с маслом либо использованием специальных устройств, разбрызгивающих смазку в места повышенного трения. Для червячных редукторов, скорость вращения которых высока применение ванночек нецелесообразно, и применяется принудительная смазка охлаждёнными смазочными материалами.

Редуктор червячный глобоидальный в отличие от классического червячного редуктора имеет червяк особой формы. Если на обычной червячной передаче винт имеет форму цилиндра, то на глобоидном червячном редукторе винт посередине имеет выраженную форму глобоида (рисунок 1.9). Из-за этой особенности червячный глобоидный редуктор применяется там, где необходимо передать большой крутящий момент. Благодаря такой форме червячная пара способна передавать больший момент. Однако площадь поверхности скольжения витка червяка по зубу колеса у такого устройства больше, чем у цилиндрического, а, соответственно, его коэффициент полезного действия ниже. Несмотря на низкий КПД, глобоидный червячный редуктор используется в тех случаях, когда должны быть обеспечена высокая надежность, предотвращено обратное проскальзывание, не должны иметь место толчки на выходном валу.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		26

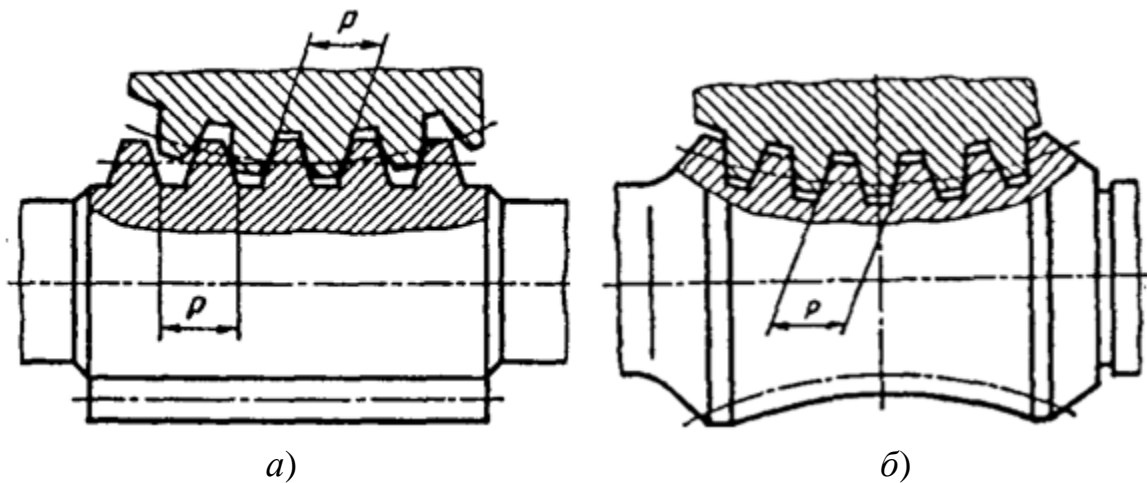


Рисунок 1.9 – Червячные передачи: а - с цилиндрическим червяком;
б - с глобоидным червяком

Достоинства:

- способность передавать высокий крутящий момент, благодаря большому количеству зубьев в зацеплении
- плавность и высокая точность работы при относительной бесшумности
- высокое передаточное отношение в одной ступени (до 100)
- самоторможение, что упрощает конструкцию, так как не требуется установка дополнительного тормоза

Недостатки:

- сравнительно низкий КПД, что связано с невозможностью получения жидкостного трения
- повышенное тепловыделение порой обязывает применять системы принудительной смазки
- быстрый износ и большой процент заеданий
- сложная сборка и регулировка, не допускающая даже минимального осевого люфта червяка

Редуктор волновой с кулачковым генератором волн. Волновая передача – это механизм (рисунок 1.10), в котором движение между звеньями передается перемещением волны деформации гибкого звена. Волновая зубчатая передача включает 2 – гибкое колесо с внешними зубьями, выполненное в виде тонкостенного

									Лист
									27
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата					

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

цилиндра, соединенного с тихоходным валом; 1 – жесткое колесо с внутренними зубьями, соединенное с корпусом; h - генератор волн, состоящий из гибкого подшипника, напрессованного на овальный кулачок или из двух больших роликов (дисков), расположенных на эксцентриковом валу [3].

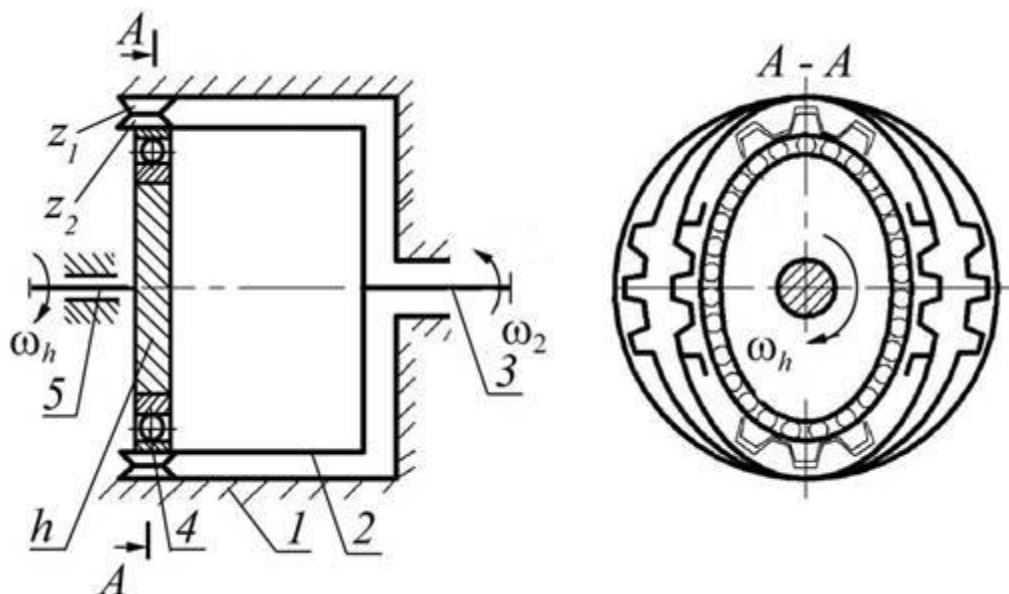


Рисунок 1.10 – Волновая зубчатая передача: 1 - жесткое колесо; 2 - гибкое колесо; h - генератор волн

Генератор волн по большой оси выполняют больше отверстия гибкого колеса, а по малой оси - меньше. При деформации гибкого колеса во время сборки зубья по большой генератора входят в зацепление на полную глубину активной части зуба. По малой оси зубья перемещаются к центру и не зацепляются. Между этими участками зубья гибкого колеса погружены во впадины жесткого на разную глубину (рисунок 1.10). Принцип работы передачи можно объяснить на примере силового взаимодействия звеньев (рисунок 1.11). После сборки передачи результирующий вектор сил деформации F_h действует на гибкое колесо по большей оси генератора волн. При повороте генератора волн по часовой стрелке на бесконечно малый угол $\Delta\varphi$ вектор результирующих сил поворачивается в ту же сторону, увеличиваясь по модулю (F_h^t). Зубья гибкого колеса, перемещаясь в радиальном направлении на величину ΔW , дают на зубья жесткого колеса с силой F_n по нормали к их профилю. Эта сила раскладывается на окружную Ft_2 и радиальную Fr_2 .

На зуб гибкого колеса действует такая же система сил, но в обратном направлении. Если закреплено жесткое колесо, то под действием сил F_{t1} гибкое колесо вращается в сторону, обратную вращению генератора. Если закреплено дно гибкого колеса, то под действием сил F_{t2} жесткое колесо вращается в сторону вращения генератора волн.

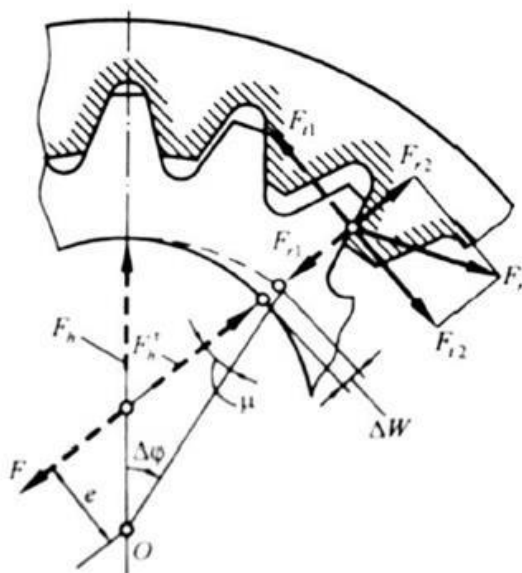


Рисунок 1.11 – Волновая зубчатая передача– перемещения зубьев.

Волновые зубчатые передачи позволяют осуществлять большие передаточные отношения в одной ступени. При этом обладают высоким КПД [6].

Преимущества и недостатки волновых передач:

- волновые передачи позволяют осуществлять большие передаточные отношения в одной ступени: минимальное – 70 (ограничивается изгибной прочностью гибкого зубчатого венца), максимальное – 300...320 (ограничивается минимально допустимой величиной модуля, равной 0,2...0,15 мм). При этом КПД равен 85...78 %, как и у планетарных передач при тех же передаточных отношениях.

- волновые передачи имеют меньшую массу, меньшие габариты, обеспечивают более высокую кинематическую точность, имеют меньший мертвый ход, обладают высокой демпфирующей способностью (в 4...5 раз большей, чем у обычных), работают с меньшим шумом.

- малый приведенный к входному валу момент инерции (для механизмов с дисковыми генераторами волн).

- герметические волновые передачи передают вращение в герметизированные полости с химической агрессивной и радиоактивной средой, в полости с высоким давлением и глубоким вакуумом, а также являются приводами герметических вентилях. Например, в американской космической ракете «Кентавр» (60-е гг. 20 в.) герметическая волновая передача использована в механизме вентиля системы жидкого кислорода, что исключило утечку кислорода и повысило взрыво- и пожаробезопасность [9].

К недостаткам волновых передач относятся:

- меньшая приведенная к выходному валу крутильная жесткость;
- сложная технология изготовления гибких зубчатых колес (требуется специальная технологическая оснастка);
- мелкие модули зацепления (0,15...0,2 мм);
- ограниченные частоты вращения генератора волн из-за возникновения вибраций.

Волновые передачи применяются в различных отраслях техники: в приводах грузоподъемных машин, конвейеров, различных станков, в авиационной и космической технике, в точных приборах, исполнительных механизмах систем с дистанционным и автоматическим управлением, в приводах остронаправленных радарных антенн систем наблюдения за космическими объектами и т.п. [10].

Расчет волновых зубчатых передач отличается от расчета обычных зубчатых передач тем, что учитывает изменения первоначальной формы зубчатых венцов и генератора волн от упругих деформаций.

Экспериментальные исследования показывают, что волновые передачи становятся неработоспособными по следующим причинам.

1) Разрушение подшипников генератора волн от нагрузки в зацеплении или из-за значительного повышения температуры. Повышение температуры может вызвать недопустимое уменьшение зазора между генератором и гибким зубчатым

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		30

венцом. Номинальный зазор на диаметр примерно равен 0,00015 диаметра оболочки. Возрастание нагрузки и температуры в некоторых случаях связано с интерференцией вершин зубьев на входе в зацепление, появляющейся при больших изменениях первоначальной формы генератора волн, гибкого и жесткого зубчатых венцов.

2) Проскок генератора волн при больших крутящих моментах (по аналогии с предохранительной муфтой). Проскок связан с изменением формы генератора волн, гибкого и жесткого зубчатых венцов под нагрузкой вследствие их недостаточной радиальной жесткости или при больших отклонениях радиальных размеров генератора. Проскок наступает тогда, когда зубья на входе в зацепление упираются один в другой поверхностями вершин. При этом генератор волн сжимается, а жесткое колесо распирается в радиальном направлении, что приводит к проскоку.

Для предотвращения проскока радиальное упругое перемещение гибкого колеса предусматривают больше номинального, а зацепление собирают с натягом или увеличивают размеры передачи.

3) Поломка гибкого колеса от трещин усталости, появляющихся вдоль впадин зубчатого венца при напряжениях, превышающих предел выносливости. С увеличением толщины гибкого колеса напряжения в нем от полезного передаваемого момента уменьшаются, а от деформирования генератором волн увеличиваются. Поэтому есть оптимальная толщина.

Долговечность гибкого элемента легко обеспечивается при передаточном отношении в ступени $u > 120$ и чрезвычайно трудно при $u < 80$, так как необходимая величина радиального упругого перемещения увеличивается с уменьшением передаточного отношения.

4) Износ зубьев, наблюдаемый на концах, обращенных к заделке гибкого колеса. Износ в первую очередь зависит от напряжений смятия на боковых поверхностях от полезной нагрузки.

Часто возникает износ при сравнительно небольших нагрузках, связанный с

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		31

интерференцией вершин зубьев от упругих деформаций звеньев под нагрузкой. Во избежание этого геометрические параметры зацепления следует выбирать так, чтобы в ненагруженной передаче в одновременном зацеплении находилось 15...20 % зубьев. Между остальными зубьями в номинальной зоне зацепления должен быть боковой зазор.

При увеличении крутящего момента зазор выбирается и число одновременно зацепляющихся зубьев увеличивается из-за перекашивания зубьев гибкого колеса во впадинах жесткого колеса от закрутки оболочки и вследствие других деформаций колес.

5) Пластическое течение материала на боковых поверхностях зубьев при больших перегрузках.

Анализ причин выхода из строя волновых передач показывает, что при передаточных отношениях $u > 100...120$ несущая способность обычно ограничивается стойкостью подшипника генератора волн; при $u \leq 100$ — прочностью гибкого элемента, причем уровень напряжений определяется в первую очередь величиной радиального упругого перемещения и в меньшей степени вращающим моментом [14].

Вывод по первому разделу

На основании анализа рассмотрены конструкции лебедок, предпочтение следует отдать тяговой лебедке содержащей в приводе волновой редуктор, а в качестве исполнительного двигателя – гидромотор.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		32

2 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ТЯГОВОЙ ЛЕБЕДКИ

2.1 Выбор схема привода

Принципиальная схема тяговой лебедки (рисунок 2.1) содержит: гидромотор 1, исполнительный механизм (барабан) 2; волновой редуктор 3.

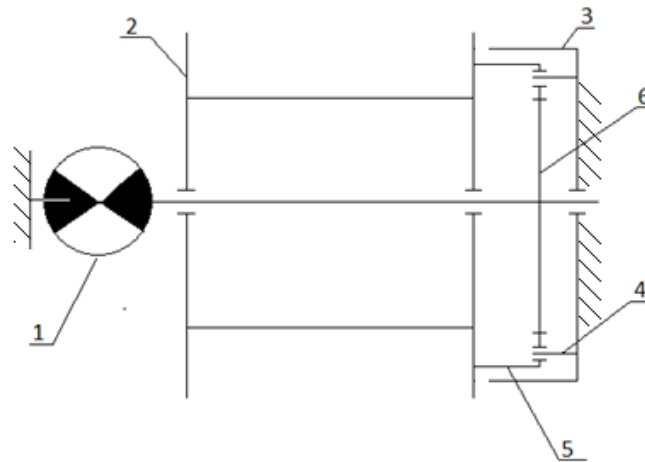


Рисунок 2.1 – Схема тяговой лебедки

Гидромотор соединяется с редуктором валом, проходящим внутри барабана. Редуктор волновой с двухкулочковым генератором волн 6. Гибкое колесо 4 редуктора – неподвижно и соединено с корпусом 3. Жесткое колесо 5 -подвижно, соединено с тяговым барабаном 2 [1].

2.2 Кинематический и силовой расчет привода

2.2.1 Выбор исходных данных

Ориентируясь на техническую характеристику прототипа (лебедка автомобиля «Урал» принимаем:

- 1) Тяговое усилие $F = 70000$ Н;
- 2) Частота вращения барабана $n = 10$ мин⁻¹;
- 3) Диаметр барабана $D = 0,25$ м.

2.2.2 Определение потребной мощности и выбор гидромотора

Учитывая ранее рассмотренные достоинства гидравлических лебедок, например высокую надежность самого гидромотора и его устойчивость к перегрузкам, в качестве движущего элемента лебедки принимаем героторный гидромотор (рисунок 2.2). Героторные гидромоторы по своим техническим характеристикам занимают промежуточную нишу между аксиально-поршневыми и радиально-поршневыми гидродвигателями. Они развивают высокий стартовый и стабильный рабочий крутящий момент, обеспечивают постоянную частоту вращения выходного вала. Особенностью героторных гидромоторов является отсутствие внешней дренажной линии, небольшие габариты и вес, низкая стоимость. Героторные моторы относятся к разновидностям шестеренных гидромашин с внутренним зацеплением.



Рисунок 2.2 – Схема героторного гидромотора

Основными параметрами гидромотора являются величина рабочего объема и максимальное давление, на работу с которым он рассчитан. В зависимости от рабочего объема и давления определяется частота вращения выходного вала и крутящий момент, развиваемый гидромотором [19].

										Лист
										34
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	23.03.02.2017.039.00 ПЗ					

Для выбора нужного гидромотора определим его потребную мощность.

$$P_{\text{потр}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\eta_{\text{общ}}}, \quad (2.1)$$

Где $P_{\text{вых}}$ – мощность на жестком колесе редуктора, связанном с барабаном, Вт;
 $\eta_{\text{общ}}$ – КПД привода.

Мощность на жестком колесе определяется по формуле:

$$P_{\text{вых}} = T \cdot \omega, \quad (2.2)$$

Где T – вращающий момент на барабане, Нм; ω – угловая скорость вращения барабана.

$$T = F \cdot R = F \cdot \frac{D}{2} = 70000 \cdot \frac{0,25}{2} = 8750 \text{ Нм} \quad (2.3)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 10}{30} = 1,04 \text{ с}^{-1} \quad (2.4)$$

$$P_{\text{вых}} = 8750 \cdot 1,04 = 8413 \text{ Вт} = 8,4 \text{ кВт} \quad (2.6)$$

КПД привода в данном случае можно определить по формуле:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{подш}}^4 \times \eta_{\text{волн}} \times \eta_{\text{муфт}} \quad (2.7)$$

где: $\eta_{\text{подш}} = 0,99$ – КПД пары подшипников; $\eta_{\text{волн}} = 0,95$ – КПД волновой передачи;

$\eta_{\text{муфт}} = 0,99$ – КПД муфты;

$$\eta_{\text{общ}} = 0,99^4 \times 0,95 \times 0,99 = 0,9$$

Тогда потребная мощность составит

$$P_{\text{потр}} = 8,4 / 0,9 = 9,3 \text{ кВт}. \quad (2.8)$$

Определим передаточное отношение привода, $U_{\text{волн}}$:

$U_{\text{волн}} = 70 \dots 320$ - рекомендованные значения для волновой передачи [2].

Для предварительного расчета принимаем $U_{\text{волн}} = 100$

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		35

Определим требуемую частоту вращения электродвигателя по формуле:

$$n_{дв} = n_{вых} \cdot U_{волн} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ об/мин} \quad (2.9)$$

Исходя из рассчитанных значений требуемой мощности и частоты вращения, выбираем героторный гидромотор (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Параметры героторного гидромотора

Диапазон	Рабочий объем, см ³ /об	Минимальная частота вращения вала, мин ⁻¹	Максимальная частота вращения вала, мин ⁻¹	Максимальный крутящий момент, Нм	Максимальное давление, МПа	Мощность, кВт
от	8	50	2000	7	7,0	1,1
до	160	9	385	300	17,5	10

Определим крутящие моменты на валах привода при средней частоте вращения вала гидромотора:

Крутящий момент на двигателе:

$$T_{дв} = 9550 \frac{P_{дв}}{n_{дв}} = 9550 \times 9,3 / 1000 = 88,8 \text{ Нм.} \quad (2.9)$$

Крутящий момент на валу генератора волн редуктора:

$$T_1 = T_{дв} \cdot \eta_{подш} \cdot \eta_{муф} = 88,8 \times 0,99 \times 0,98 = 87 \text{ Нм.} \quad (2.10)$$

Крутящий момент на жестком колесе редуктора:

$$T_2 = T_1 \cdot U_{волн} \cdot \eta_{волн} \cdot \eta_{подш} = 87 \times 100 \times 0,95 \times 0,99^3 = 8020 \text{ Нм.} \quad (2.11)$$

Вывод по второму разделу

В результате расчета определены кинематические и силовые характеристики привода тяговой лебедки: $n = 10 \text{ мин}^{-1}$; $P = 9,3 \text{ кВт}$; $T_2 = 8020 \text{ Нм}$.

3 ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ И ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ РЕДУКТОРА

3.1 Проектировочный расчет

Проектировочный расчет начинают с определения чисел зубьев колес. Исходные данные:

- частота вращения генератора волн $n_h = 1000 \text{ мин}^{-1}$;
- частота вращения жесткого колеса $n_2 = 10 \text{ мин}^{-1}$;
- вращающий момент на жестком колесе $T_2 = 8020 \text{ Нм}$;
- срок службы $L_h = 3000 \text{ ч}$.

Материал гибкого колеса - сталь 30ХН3А ($\sigma_B = 900 \text{ МПа}$; $\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$; $\tau_{-1} = 260 \text{ МПа}$). Нагрузка меняется по отнулевому циклу.

Выбираем конструкцию передачи с кулачковым генератором — двухволновую.

1) Передаточное отношение по формуле

$$u_{h_2}^{(1)} = \frac{n_h}{n_2} = \frac{1000}{10} = 100 \quad (3.1)$$

Этот результат не выходит за пределы рациональных значений u . Для двухволновой передачи $n_w = 2$, коэффициент кратности назначаем равным единице ($k = 1$)

2) Предварительное число зубьев гибкого колеса определяем по формуле

$$z_1 = kn_w \cdot t_{h_2}^{(1)} = 1 \cdot 2 \cdot 100 = 200 \quad (3.2)$$

3) Предварительное значение диаметра делительной окружности гибкого колеса по формуле

$$d'_2 \geq 1,66 \cdot \sqrt[3]{T_2} = 1,66 \cdot \sqrt[3]{8020 \cdot 10^3} \approx 366,01 \text{ мм} \quad (3.3)$$

4) Предварительное значение модуля по формуле

$$m' = \frac{d'_2}{z'_2} = \frac{366,01}{200} = 1,75 \text{ мм} \quad (3.4)$$

окончательно по ГОСТ 9563 - 60 принимаем $m = 1.75 \text{ мм}$ [24].

										Лист
										37
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата						

23.03.02.2017.039.00 ПЗ

5) Предварительное значение внутреннего диаметра гибкого колеса по формуле

$$D' = m'(z'_2 + 3,4) = 1,75(200 + 3,4) = 355,95 \text{ мм} \quad (3.5)$$

б) Число зубьев жесткого колеса при $n_w = 2$ и $k = 1$ по формуле

$$z_2 = z_1 + kn_w = 200 + 1 \cdot 2 = 202 \quad (3.6)$$

Передаточное отношение при окончательно принятых значениях числе зубьев по формуле

$$i_{h2}^{(1)} = -\frac{200}{202 - 200} = -100 \quad (3.7)$$

3.2 Проверочный расчет

Далее рассчитывают передачу на прочность и долговечность. Волновые зубчатые передачи обычно выходят из строя из-за износа рабочих поверхностей зубьев или усталостной поломки гибкого колеса. В передачах с роликовыми и дисковыми генераторами следует проверять долговечность подшипников качения роликов или дисков.

Проверочный расчет на прочность гибкого колеса.

Коэффициент запаса по нормальным напряжениям по формуле

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma \sigma_a}{\varepsilon_\sigma \beta_\sigma} + 0,2\sigma_m} = \frac{450}{\frac{0,887 \cdot 230}{1 \cdot 0,82} + 0,2 \cdot 71} = 1,71 \quad (3.8)$$

Где $\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$; $\beta_\sigma = 0,82$

$$k_\sigma = \frac{1}{1 + \frac{A_\sigma}{\sigma_{-1}}} = \frac{1}{1 + \frac{57,35}{450}} = 0,887 \quad (3.9)$$

по формуле

$$\sigma_a = 0,35\sigma_u + 4,93 \frac{E \cdot h \cdot m}{\rho^2} = 0,35 \cdot 180 + 4,93 \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3,587 \cdot 1,75}{179,768^2} \approx 230 \text{ МПа} \quad (3.10)$$

Где $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

										Лист
										38
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	23.03.02.2017.039.00 ПЗ					

КПД передачи по формуле

$$\eta_{h2}^{(1)} = \frac{1 - \psi_{12}^{(h)}}{1 + |t_{h2}^{(1)}| \psi_{12}^{(h)}} = \frac{1 - 0,00137}{1 + 126 \cdot 0,00137} = 0,85 \quad (3.22)$$

Здесь принято $\psi_{12}^{(h)} = 0,00137$ (среднее значение).

Чертеж общего вида изделия (машины или привода) должен содержать все данные, необходимые для монтажа машины или привода и подготовки их для эксплуатации. Эти чертежи выполняют с указанием габаритных, монтажных и присоединительных размеров, а также технической характеристики изделия. В спецификацию записывают сборочные единицы, стандартные изделия (гидромотор и др.), а также те детали, которые не вошли в спецификации чертежей сборочных единиц [18].

Вывод по третьему разделу

Определены: внутренний диаметр гибкого колеса $D = 355,95$ мм; модуль зацепления $m = 1,75$. Проверочный расчет по запасам прочности показал, что расчетное значение запаса прочности превышает допустимое $S = 1,7 \geq [S] = 1,5$

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		40

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ВАЛ

4.1 Обще – технологическая часть

4.1.1 Служебное назначение детали типа «Вал» и технические требования, предъявляемые к детали

В технологии машиностроения в понятие валы принято включать собственно валы, оси, пальцы, штоки колонны и другие подобные детали машин. Конструктивное разнообразие валов вызвано различным сочетанием цилиндрических, конических, а также зубчатых (шлицевых), резьбовых поверхностей. Валы могут иметь шпоночные пазы, лыски, осевые и радиальные отверстия. На рисунке 4.1 представлен фрагмент чертежа детали «Вал».

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		41

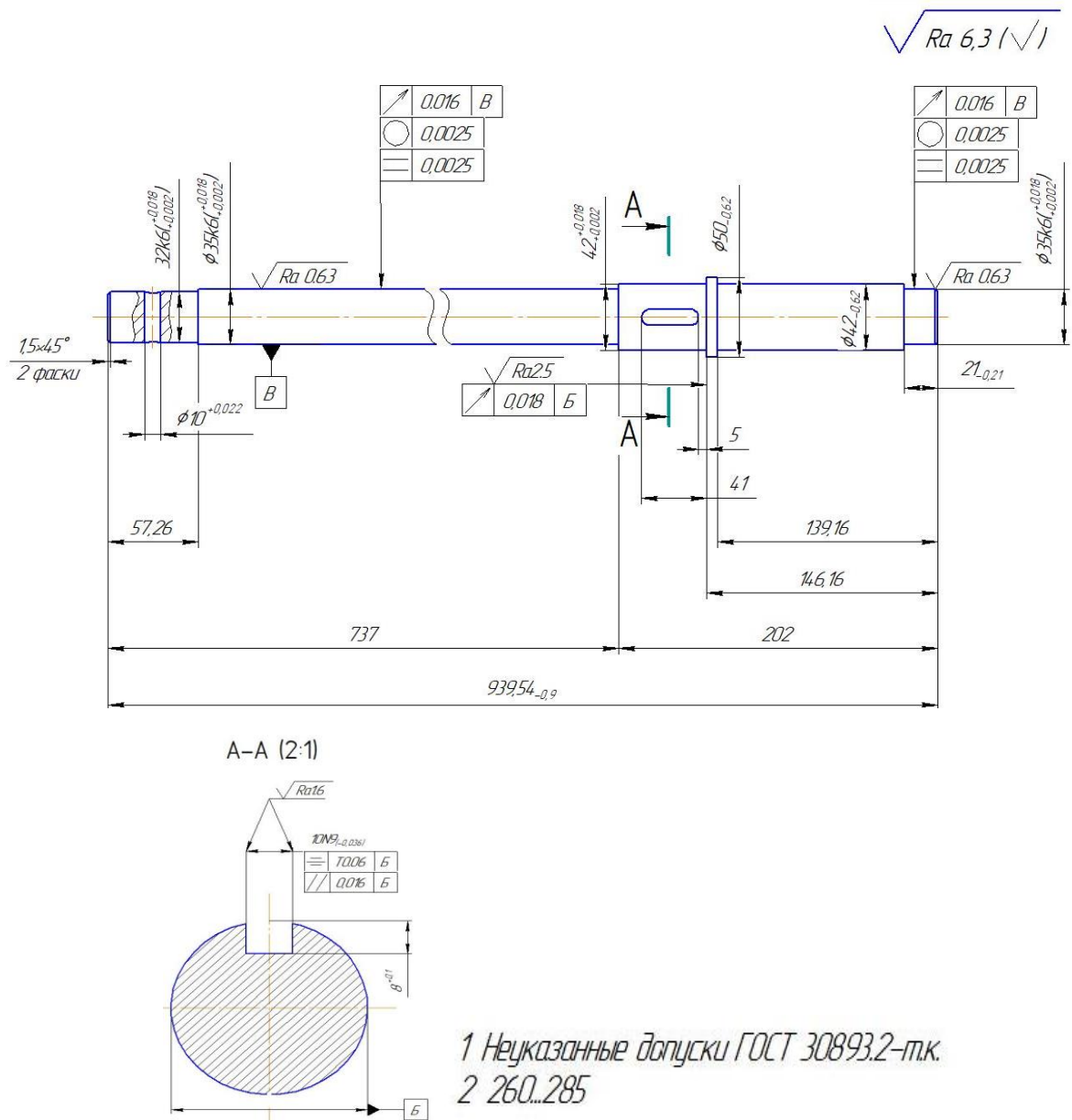


Рисунок 4.1 – Фрагмент чертежа детали «Вал»

Технические требования к валам.

Точность размеров. Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. (6...7-ой квалитет).

Точность формы. Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должны превышать $0,25 \dots 0,5$ допуска на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

Точность взаимного расположения поверхностей. Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. (V...VII степень точности).

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей – Ra = 3,2...0,4 мкм, рабочих торцов – Ra= 3,2...1,6 мкм, остальных несответственных поверхностей Ra= 12,5...6,3 мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость меньше HB 200...230 – вал подвергается нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Твердость HRCЭ48...55 – поверхностная закалка токами высокой частоты.

Материалы и способы получения заготовок для ступенчатых валов. Валы, в основном, изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН

4.1.2 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения

Основными видами заготовок для деталей типа валов являются: черный прокат, калиброванная сталь, поковки (свободной ковки) и заготовки, полученные горячей штамповкой или высадкой. Изготовление валов из черного проката, как правило, наименее рациональный способ. Гладкие валы целесообразно изготавливать из калиброванной стали. Во многих случаях при этом удастся вообще избежать обработки резанием.

Наибольший эффект в отношении уменьшения расхода металла и снижения трудоемкости токарной обработки при изготовлении ступенчатых валов может дать применение заготовок, полученных горячей высадкой на горизонтально – ковочных машинах.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		43

Сортовой прокат — это металлические изделия разнообразных сплошных поперечных сечений, конечная продукция станов горячей прокатки. Сортовой прокат получают прокаткой (обжатием) нагретых слитков металла между валками прокатного стана. Профиль проката (форма его поперечного сечения) зависит от формы валков. Если они гладкие – получается лист или полоса, если имеют полукруглые канавки – получается прокат круглого сечения и т. д. Классификация сортового проката осуществляется исходя из формы сечения: шестигранник, круг, уголок, швеллер.

Сортовой прокат, так же как листовой металл и проволока, является полуфабрикатом, предназначенным для дальнейшего доведения до готовой продукции (как правило — метизов) на токарном, фрезерном и другом оборудовании. В то же время сортовой прокат может использоваться в необработанном виде, он широко применяется в строительстве и производстве различных металлоконструкций.

Главное достоинство сортового металлопроката прочность, долговечность. Самым распространенным дефектом в таком случае признан неправильный профиль:

- как по точности размеров, так и по очертанию;
- с наличием заусенец (когда из предыдущего в данный калибр поступает раскат большего сечения, в результате — образование закатов на готовом профиле);
- с неправильными очертаниями концов полок угловой стали и невыполненным углом при вершине;
- с разной толщиной полок (при осевом сдвиге валков);
- с невыполненными углами (при квадратной исходной заготовке меньших, чем требуется размеров);

Штамповка (штампование) — процесс пластической деформации материала с изменением формы и размеров тела.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		44

Штамповка в открытых штампах характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает часть металла – облой, который закрывает выход из полости штампа и заставляет остальной металл заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что позволяет не предъявлять высокие требования к точности заготовок по массе. Недостаток такого способа штамповки – необходимость удаления облоя при последующей механической обработке. Штамповкой в открытых штампах можно получить поковки всех типов.

Штамповка в закрытых штампах характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остаётся закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа постоянный и небольшой, образование в нём облоя не предусмотрено. При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объёмов заготовки и поковки, иначе при недостатке металла не заполняются углы полости штампа, а при избытке размер поковки по высоте будет больше требуемого. Отрезка заготовок должна обеспечивать высокую точность.

В частности, горячая штамповка деталей все чаще заменяет ковку, там, где это возможно. У подобной методики обработки металла есть ряд преимуществ, например, можно гарантировать точное соблюдение размеров, штамп обеспечивает одинаковые стандарты, что немаловажно при серийном производстве, материал меньше расходуется, производительность выше.

Но есть, конечно, у данной методики и ряд недостатков. В частности, заключаются они в том, что штамп – это стандарт, он пригоден для производства какой-либо одной детали. При этом изготовление самого штампа является достаточно дорогостоящим мероприятием. Потому штамповка – это технология, подходящая для крупных серийных производств.

Как только при помощи горячей штамповки изготовлена требуемая деталь, производят ее дальнейшую обработку и доработку.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		

4.1.3 Анализ действующего технологического процесса обработки детали «Вал»

Действующий технологический процесс обработки детали «Вал» включает в себя 6 операций. Маршрут действующего технологического процесса представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Маршрут действующего технологического процесса

Наименование операции	Эскиз
000 Заготовительная	
005 Комплексная с ЧПУ	
010 Токарная с ЧПУ	

Окончание таблицы 4.1

<p>015 Шлифовальная с ЧПУ</p>	<p>Установ А</p> <p>$\phi 35^{-0,008}_{-0,002}$</p> <p>$\phi 25^{-0,008}_{-0,002}$</p> <p>873_{-0,9}</p> <p>932_{-0,9}</p> <p>21_{-0,21}</p> <p>$\sqrt{Ra} 0,63$</p>
<p>020 Комплексная с ЧПУ</p>	<p>Установ Б</p> <p>$\phi 10^{-0,022}$</p> <p>$\phi 20_{-0,084}$</p> <p>28_{-0,52}</p> <p>930_{-0,9}</p> <p>146_{-0,6}</p> <p>$\sqrt{Ra} 3,2(\sqrt{1})$</p>
<p>025 Контрольная</p>	

В целом действующий вариант технологического процесса построен правильно и является дифференцированным. Однако возможно усовершенствование данного технологического процесса за счет повышения концентрации операций, использования более нового оборудования и режущего инструмента, что значительно уменьшит время обработки, а так же время необходимое на переналадку оборудования и установку полуфабрикатов.

4.2 Разработка проектного варианта технологического процесса обработки детали «Вал»

4.2.1 Анализ методов получения заготовки

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и

формируют технические условия на изготовление. Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Критериями выбора исходной заготовки для детали являются: технологические свойства материала, конструктивные формы и размеры, программа выпуска.

– поковки применяют для деталей сложной конфигурации большого сечения или деталей, имеющих большую разницу в сечениях по длине (шестерни, диски, ступенчатые и фланцевые валы). Поковки изготавливают на пневматических и паровоздушных молотах и гидравлических прессах из сортового проката или из слитков.

Точность заготовок, изготовленных свободной ковкой, невысокая, поэтому они имеют значительные припуски на обработку. Допуски на размеры поковок, изготовленных свободной ковкой на прессах, составляют 12 – 72 мм в зависимости от конфигурации и размеров поковки.

Свободной ковкой трудно получить заготовки сложной конфигурации с выступами, рёбрами, выемками. Свободной ковкой получают заготовки в индивидуальном и мелкосерийном производстве в тех случаях, когда при применении проката расходуется большое количество металла на стружку, а также для повышения механических свойств материала.

Так как деталь имеет относительно простую форму в качестве заготовки для данной детали целесообразно использовать горячекатаный прутки круглого сечения, полученный прокатом. основное достоинство — дешевизна. Он изготавливается из стали и цветных металлов в виде прутков с различной формой поперечного сечения (круг, квадрат, шестигранник, труба, угольник, тавр и т. п.)

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		48

4.2.2 Выбор технологических баз

Выбор комплекта черновых технологических баз производился с соблюдением следующих рекомендаций:

1) так как по конструкторскому чертежу детали обрабатываются все поверхности, то за черновую базу принимается поверхность, имеющая наименьший припуск на обработку. Это позволяет расположить снимаемые припуски симметрично (параллельно) обрабатываемым поверхностям для того, чтобы в дальнейшем избежать появления «черноты» при обработке поверхностей с наименьшим припуском после смены черновых баз;

2) поверхности исходной заготовки, принятые в качестве черновых баз, простые, правильной геометрической формы, без литников, прибылей, выпоров. Они имеют достаточные размеры для обеспечения надёжной установки заготовки в приспособлении;

3) комплект черновых технологических баз используется только один раз: для первой установки исходной заготовки на станке.

После окончания первой операции механической обработки дальнейшая обработка заготовки производится от других базовых поверхностей – чистовых.

При выборе комплекта чистовых технологических соблюдалась следующие рекомендации:

1) в качестве чистовых технологических баз приняты поверхности, являющиеся одновременно конструкторскими и измерительными базами, т.е. соблюден принцип совмещения баз;

2) в качестве чистовых базовых поверхностей приняты поверхности, которые обеспечивают наиболее простую и надёжную конструкцию приспособления.

Вывод по четвертому разделу

Разработан технологический процесс детали «Вал», выбраны режимы резки, шлифования. Была выбрана заготовка.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		49

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Волновые зубчатые передачи позволяют осуществлять большие передаточные отношения в одной ступени. При этом обладают высоким КПД.

Преимущества волновой передачи:

- волновые передачи позволяют осуществлять большие передаточные отношения в одной ступени

- волновые передачи имеют меньшую массу, меньшие габариты, обеспечивают более высокую кинематическую точность, работают с меньшим шумом.

- герметические волновые передачи передают вращение в герметизированные полости с химической агрессивной и радиоактивной средой, в полости с высоким давлением и глубоким вакуумом.

В ходе работы была проведена модернизация тяговой лебедки автомобиля «Урал», обеспечивающая непрерывный и длительный режим работы.

Выполнены следующие задачи:

Проведен кинематический и силовой расчет привода лебедки, а так же выбран гидромотор.

Представлены проектировочный и проверочный расчет волнового редуктора лебедки и компоновка гидравлической лебедки с волновым редуктором.

Предложенная в работе конструкция значительно уменьшила габариты и массу, повысила нагрузочный режим, обеспечила удобство компоновки, бесшумность и плавность работы тяговой лебедки.

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		50

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

					23.03.02.2017.039.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата		53