



## АННОТАЦИЯ

Костин М.В. «Разработка конструкции однократного волочильного стана В-350». Челябинск: ЮУрГУ, П-439; 41с., 13 илл., библиогр. список – 6 наименования, граф. часть – 4,25 л. формата А1.

В выпускной квалификационной работе выполнен обзор конструкций однократных волочильных станов. Разработаны конструкции узлов тянущего барабана, тянущего устройства, мельницы. Произведены основные расчеты узлов. По расчетам проведена проверка условий прочности. Разработана технологическая схема изготовления направляющего ролика. Разработано 8 операционных эскизов. Описаны основные вопросы БЖД.

## Оглавление

1. Обзор конструкций однократных волочильных станов в России и за рубежом.....	5
2. Разработка узла тянущего барабана.....	19
3. Разработка конструкции тянущего устройства.....	20
4. Разработка конструкции мыльницы.....	21
5. Описание конструкции волочильного стана и его работы.....	22
6. Расчет на прочность деталей и узлов волочильного стана.....	23
6.1 Выбор и расчет на прочность подшипников направляющих роликов.....	23
6.2 Расчёт оси горизонтального ролика на прочность. ....	26
7. Расчет мощности привода и выбор мотор-редуктора тянущего устройства.....	30
8. Выбор упорного подшипника.....	32
9. Разработка технологической схемы изготовления направляющего ролика.....	35
10. Меры безопасности при работе барабанных волочильных станов.....	40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	42

## 1. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ОДНОКРАТНЫХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Условные обозначения отечественных волочильных машин.

Для характеристики конструкции, размера и назначения отечественных волочильных машин приняты следующие условные буквенные и числовые обозначения: В — общее обозначение волочильной машины; ВП — обозначение волочильной машины прямоточного типа; ВР — обозначение волочильной машины петлевого типа с роликами; ВН — обозначение волочильной машины магазинного типа с накоплением проволоки; ВС — обозначение волочильной машины со скольжением проволоки.

Дополнительные обозначения: Г — горизонтальное исполнение; Б — для больших бунтов; Т — для твердой проволоки (стальной углеродистой); М — для мягкой проволоки (стальной низкоуглеродистой); Ц — для проволоки из цветных металлов и сплавов; Ф — для проволоки фасонного сечения; Р — для волочения с роликовыми волоками.

Цифровые обозначения (после буквенных обозначений): число в числителе — количество тяговых барабанов (две цифры в числителе, например 6—7 обозначают, что машина имеет 6 барабанов, но может осуществлять семь протяжек, так как первый барабан двухступенчатый); число в знаменателе — диаметр конечного (чистового) барабана в мм [1].

Волочильные однократные станы барабанного типа используются для волочения толстой проволоки, различных профилей и круглых сечений диаметром до 25—30 мм, а также труб из черных и главным образом из цветных металлов. При волочении труб из цветных металлов диаметром 40—50 мм наибольшее распространение получили станы с диаметром барабанов 1400—1500 мм; для волочения труб диаметром 75—80 мм из цветных металлов диаметр барабана достигает 3000 мм. По расположению осей барабанов эти станы изготавливают вертикальными и горизонтальными. Наибольшее применение в настоящее время имеют станы с вертикальным

расположением оси барабана, так как на этих станах легче механизировать съём бунта с помощью крана, что значительно облегчает его обслуживание.

По способу укладки изделия на барабане применяют станы с горизонтальными барабанами, со скользящими вдоль барабана клещами и станы с перемещающейся вдоль оси барабана волокой.

Как в первой, так и во второй конструкции изделие укладывается на барабане только в один ряд, что ограничивает емкость барабана, т. е. массу бунта. Намотка изделия при волочении с передвигающейся вдоль барабана волокой происходит без перемещения витков по барабану, так как за каждый оборот барабана волока передвигается на величину, равную шагу намотки. Такой способ намотки способствует предохранению витков от повреждения их профиля и поверхности. Нормальный ряд диаметров барабанов и основные параметры станов для однократного волочения приведены в таблице 1[2].

Таблица 1 Номинальный ряд диаметров барабанов и основных параметров станов для однократного волочения.

Диаметр барабана, мм	Наибольший диаметр, мм		Наибольший предел прочности заготовки		Скорость волочения, м/сек	
	готовой проволоки	заготовок	кН/мм <sup>2</sup>	кГ/мм <sup>2</sup>	для мягких и твердых металлов и сплавов	для труднодеформируемых сплавов
1000	25	27	0,49	50	0,5-1,5	-
750	20	22	0,78	80	0,5-1,5	-
650	12	14	0,98	100	1,0-3,0	0,5-1,5
550	6	8	1,07	110	1,0-3,0	0,5-1,5
450	4	6	1,17	120	1,0-3,0	-
350	1,6	3	1,37	140	1,5-4,5	0,5-1,5
250	0,8	2	1,56	160	1,5-4,5	0,5-1,5
200	0,4	1,2	1,96	200	1,5-4,5	0,5-1,5

Станы однократного волочения имеют широкое распространение и в зависимости от сечения и качества протягиваемого материала их

рассчитывают на усилие (от 0,049 до 980,6 кН) от 5 до 10 000 кГ при скорости волочения от 0,3 до 5 м/сек.

Диаметр барабана определяется максимальным диаметром протягиваемой проволоки на данном стане. Зависимость диаметра барабана от диаметра проволоки дана в нормальном ряде диаметров барабана.

В таблице 2 приведены основные технические данные однократных волочильных станков, изготавливаемых заводами тяжелого машиностроения; эти станы предназначаются для толстого волочения проволоки из низко- и высокоуглеродистой и легированных сталей [2].

Принцип работы однократной волочильной машины показан на рисунке 1.1. Протягиваемая заготовка 2 сматывается с размоточного устройства 1. После прохождения через волочильный инструмент (волоку) 3, протянутая на необходимый размер (диаметр) проволока 4 наматывается на тянущий барабан б, который приводится во вращение от электродвигателя 7 через редуктор или коробку скоростей 6. При накоплении определенного количества проволоки барабан останавливают и получившийся моток снимают.

Станы с вертикальным расположением оси барабана имеются двух разновидностей: со съемом проволоки вверх и со съемом проволоки вниз.

Однократная машина с перевернутым барабаном изображена на рисунке 1.2 [1]. Витки протянутой на этой машине проволоки под действием собственной массы падают на специальное приемное устройство, на котором можно накопить до 2 т проволоки. Остановка машины необходима лишь при сменах волок и приемного устройства. Большим преимуществом такой машины является сравнительно быстрое охлаждение проволоки благодаря тому, что она не задерживается на барабане.

Одной из основных частей однократной (и многократной) машины является барабан. Им передается проволоке усилие волочения, на нем создается необходимый запас проволоки. Важное значение имеет профиль барабана. Он должен обеспечить бесперебойное, без набеганий перемещение

протягиваемой проволоки вверх по поверхности, если барабан вертикальный, или по горизонтали, если барабан расположен горизонтально. Рабочая часть барабана, воспринимающая большие нагрузки, должна иметь высокую твердость. Для работы с запасом витков проволоки габариты барабанов увеличивают спицами. Иногда барабан выполняют для этого со сплошной конусной частью. Рабочая часть волочильного барабана изготовляют полой, чтобы облегчить его и обеспечить водяное охлаждение.

Таблица 2 Техническая характеристика станов однократного волочения, изготовления АЗТМ.

Наименование	BC-1/750	BC-1/650	BC-1/550
Диаметр барабана, мм	750	650	550
Диаметр проволоки, мм: до волочения	20-12	12-7	8
после волочения	17,3-10,4	10,4-6	2
Предел прочности исходной проволоки: кГ/мм <sup>2</sup>	60-110	60-130	60
н/мм <sup>2</sup>	588-1078	588-1274	588
Скорость волочения проволоки, м/мин	30-120	53,5; 102; 153	76-108-154
Максимальное усилие волочения: Г	7,5	5-2,7-1,7 49,0-26,4-	2,5
кН	73,5	16,6	24,5
Электродвигатель стана: мощность, кВт	100	55	40-36-28
скорость, об/мин	975	720	1430-960-710
Габарит стана, мм: ширина	4520	4350	3620
длина	9385	6200	4110
высота	3550	3250	2720
Максимальный расход воды для охлаждения барабана и волоки, м <sup>3</sup> /ч	1,5	1,1	0,4
Масса стана, т	17,1	9,5	4,23
Грузоподъемность тельфера, кГ	250	250	250

Современные станы проектируют для работы с повышенными скоростями волочения. Редукторы располагают в самой станине стана. Применяются

редукторы червячные, цилиндрические и комбинированные (конические — цилиндрические).

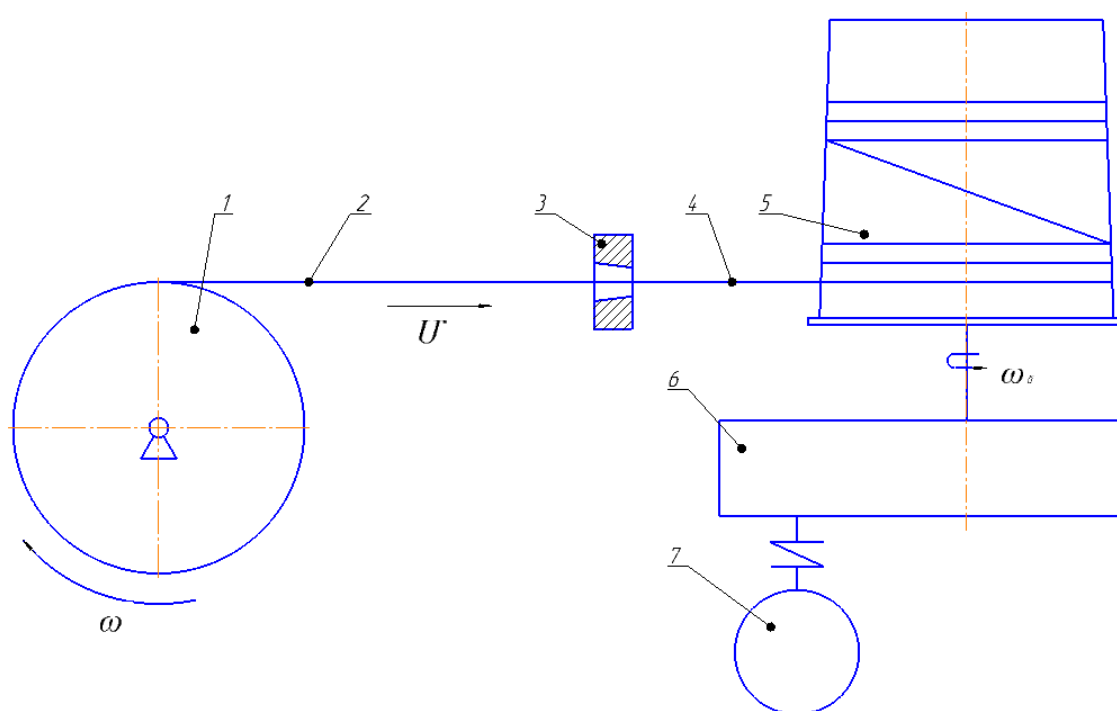


Рисунок 1.1 - Схема работы однократного волочильного стана:

1 - размоточное устройство; 2 - проволока - заготовка; 3 - волочильный инструмент; 4 - протянутая проволока; 5 - тянущий барабан; 6 - редуктор; 7 – электродвигатель

Устранение в современных станах муфт включения значительно упрощает обслуживание и ремонт стана. В станах однократного волочения находят применение электродвигатели как постоянного, так и переменного тока.

Эти электродвигатели должны обеспечивать:

1) возможность запуска стана на ползучей скорости и плавный разгон во избежание обрыва проволоки, а также короткими толчками при заправке;

2) плавный и в то же время быстрый разгон для обеспечения максимальной производительности;

3) регулировку скорости волочения в зависимости от протягиваемого материала и его сечения с целью максимального использования производительности стана;



4) возможность аварийной остановки электродвигателя во избежание несчастных случаев.

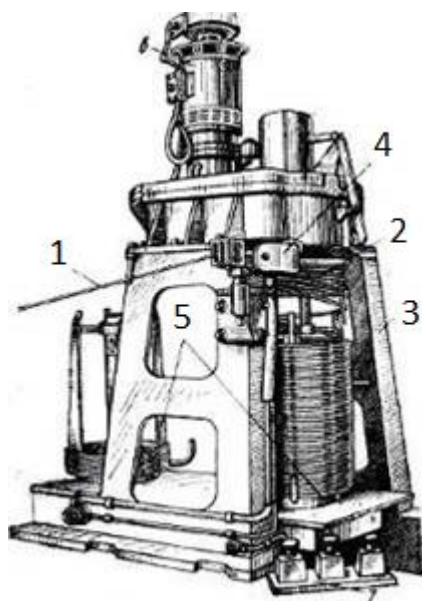


Рисунок 1.2 - Однократная волочильная машина с перевёрнутым барабаном:

1- протягиваемая волока; 2- барабан; 3- станина; 4- мыльница с волокодержателем; 5- приёмное устройство; 6- привод; 7- педали управления.

Волочильный барабан - предназначен для:

1. протяжки проволоки через волоку;
2. охлаждения проволоки;
3. накопления протянутой проволоки для формирования мотка или же для передачи этой проволоки на внешнее приемное устройство.

Конструкция промежуточного барабана зависит от типа волочильной машины; конструкция конечного (чистового) барабана зависит от диаметра протягиваемой проволоки и способа ее накопления (моток или катушка приемного устройства). Галтель барабана - рабочий участок, на который набегают проволока при выходе из волоки и по которому витки проволоки поднимаются вверх под действием следующих набегающих витков.

Для нормальной работы волочильной машины должны быть выдержаны следующие геометрические размеры и соотношения галтели волочильного

барабана (рисунок 1.3):  $\alpha=1^{\circ}30'+2^{\circ}30'$ ;  $R=(2/4)d_n$ ;  $H=(25/50)d_n$ ;  $\beta=25+30^{\circ}$ .

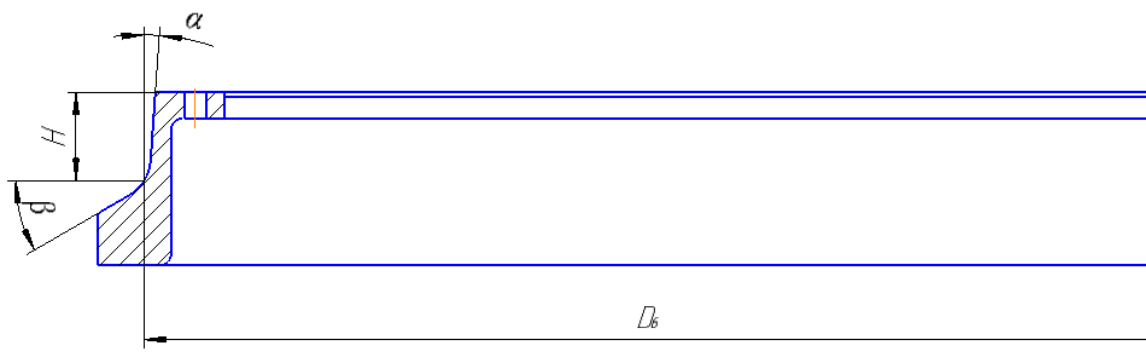


Рисунок 1.3 - Основные технологические размеры галтели волочильного барабана.

Угол наклона галтели барабана  $\alpha$  зависит от коэффициента трения  $f$  между проволокой и поверхностью барабана (чем больше  $f$ , тем больше  $\alpha$ ).

Основной технологический параметр волочильного барабана - диаметр рабочего участка  $D_6$ . Практикой выработан ряд размеров диаметров волочильных барабанов, а также отношение  $D_6$  к диаметру наматываемой проволоки  $d_n$ , которое должно находиться в пределах  $50 \leq D_6/d_n \leq 1000$ , причем отношение должно быть тем больше чем тверже проволока и наоборот.

Физический смысл этого неравенства объясняется следующими причинами. При приеме проволоки диаметром  $d_n$  на барабан с диаметром  $D_6$  возникает изгиб проволоки и удлинение периферийного слоя металла  $\lambda_{пер}$ , которое равно:  $\lambda_{пер}=d_n/(D_6+d_n)$ .

При малом значении  $D_6/d_n$  это удлинение может вызвать в протягиваемом металле (особенно у высокопрочной проволоки) недопустимую величину пластической деформации. С другой стороны при чрезмерной величине отношения  $D_6/d_n$  возникает неустойчивость мотка и склонность его к образованию "восьмерок".

Галтель волочильного барабана подвергается интенсивному износу в процессе эксплуатации, во-первых, в результате осевого скольжения проволоки и, во-вторых, по причине изгиба проволоки при набегании на

барабан, а следовательно, сжатия и скольжения внутренней поверхности проволоки.

Срок службы барабанов между очередными переточками зависит от очень многих факторов и может длиться от нескольких месяцев до нескольких лет. При возникновении даже незначительных затруднений с осевым подъемом проволоки барабан должен быть немедленно подвергнут ремонту (наварка выработки износоустойчивым металлом, например, порошковой проволоки марки ППЗХ2В8 (ГОСТ 26101—84) или другим металлом) с последующей шлифовкой. Если ремонт не дает положительного результата, то следует увеличить угол  $\alpha$  галтели барабана [1].

Размоточные устройства предназначены для разматывания проволоки-заготовки перед волочильным станом с целью ее последующего волочения. В зависимости от того, в каком виде поступает проволока для дальнейшей переработки: в мотках (бунтах) или на катушках большой вместимости (до 1000 кг и более), конструктивно разматывающие устройства разделяются на три типа:

- размотка с вращающихся фигурок;
- размотка со стационарно установленных кронштейнов, консолей;
- размотка с устройства пинольного типа для установки катушек.

К размоточным устройствам предъявляются требования:

- обеспечение равномерного схода проволоки-заготовки без запутывания и под определенным углом;
- возможность регулирования силы натяжения в зависимости от диаметра проволоки;
- возможность сваривания концов проволоки без остановки волочильного стана;
- обеспечение безопасной работы обслуживающего персонала;
- механизация загрузки разматывающих устройств;

- возможность использования больших скоростей схода проволоки с разматывающих устройств для обеспечения скоростного и высокоскоростного волочения проволоки.

При размотке проволоки из мотков, уложенных на вращающуюся фигурку, положительным преимуществом является то, что проволока, сматываясь с фигурки, не закручивается вокруг своей оси, что важно при волочении проволоки фасонного профиля по сечению. Но при больших массах мотка и большой частоте вращения фигурки из-за неточной балансировки мотка относительно оси вращения возникают большие центробежные силы инерции, которые вызывают быстрый износ подшипниковых опор, а следовательно, и частый их ремонт. На вращающихся устройствах можно разматывать проволоку толстых и средних размеров. Сварка же концов проволоки без остановки фигурки, а следовательно, и волочильного стана невозможна, поэтому увеличивается время, затрачиваемое на ручные операции.

При установке мотков проволоки на кронштейнах имеется возможность сваривания концов проволоки при работающем стане. Но при этом способе разматывания проволока, сходя с кронштейна, получает осевое закручивание за каждый виток на один полный оборот, т.е. на  $360^\circ$ . Проволока подходит к первому волокодержателю стана волнистой. Чтобы уменьшить степень волнистости, кронштейны устанавливаются на значительно большем расстоянии, чем вращающиеся фигурки, от волочильного стана, что увеличивает производственные площади.

Для предохранения самопроизвольного схода витков и их запутывания на кронштейне устанавливается специальный рычаг, задерживающий витки силой собственной массы. Нижний рычаг также препятствует виткам произвольного схода. Каждый снимаемый виток приподнимает рычаги и они, ударяясь о свои опоры, издадут стук-хлопок. Несколько таких работающих разматывателей создают в цехе дополнительный шум в виде периодических ударов.

Разматыватель в виде подвески для двух бунтов одновременно транспортируется краном или кран-балкой из отделения для подготовки поверхности проволоки к волочению в волочильное отделение. Общая грузоподъемность подвески до 1.5 т. Пока с одной подвески идет разматывание, на второй подготавливается конец бунта для сварки с задним концом первого бунта.

Размотка проволоки с катушки в настоящее время имеет самое большое распространение и, где это возможно, заменяет размотку из бунтов. Так как масса проволоки на катушках большой вместимости в несколько раз больше массы мотка, значительно сокращается ручное время на замену заготовки. Улучшаются условия транспортировки и хранения проволоки, уменьшается возможность запутывания витков, а следовательно, снижаются отходы металла. Практически возможна любая скорость сматывания, необходимая при волочении, работа размоточного устройства бесшумная.

Размоточное устройство имеет две самостоятельные стойки с вращающимися пинолями. Одна из пинолей должна иметь перемещение вдоль своей оси для обеспечения установки катушек различных по своей ширине. Так, например, на одном разматывающем устройстве могут применяться катушки размером 630, 800 и 1000 мм по диаметру диска. Для большегрузных катушек предусматриваются грузоподъемные устройства, обычно гидравлического типа. Для обеспечения торможения катушек, для создания натяжения сходящей проволоки имеется тормозное устройство колодочного или ленточного типа, позволяющее регулировать силу натяжения проволоки в зависимости от ее диаметра.

В некоторых случаях фрикционные тормозные системы работают недостаточно плавно и устойчиво. Поэтому в этих случаях в качестве тормоза устанавливают электродвигатель, работающий в генераторном режиме и создающий плавное торможение. Величиной нагрузки на электродвигатель-генератор можно в широких пределах регулировать силу натяжения проволоки, сматывающейся с катушки.

Важным элементом разматывающих устройств, особенно с мотков, является наличие конечных выключателей, предназначенных для отключения волочильного стана в случае запутывания витков проволоки и ее затяжки, а также при окончании мотка проволоки. Они устанавливаются между размоточным устройством и волочильным станом.

Управление конечным выключателем осуществляется поворотным рычагом-скобой, через которую пропускается проволока. На некоторых волочильных станах устанавливаются петлевые компенсаторы, которые за счет удлинения или укорочения петли проволоки согласуют работу размоточного устройства с волочильным станом, также предохраняя обрывность проволоки.

На рабочей площадке размоточных устройств устанавливаются ножницы для обрезки концов перед сваркой. Проволока тонких и средних диаметров может быть обрезана механическими ножницами, устанавливаемыми на острильных аппаратах. Для более толстого диаметра от 0.8 мм и более широко зарекомендовали себя в работе ножницы с гидроприводом с силой резания до 150 кН (15 тс), имеющие автономную станцию со всем необходимым оборудованием. Рабочее давление в гидросистеме достигает 16 МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>).

Волока представляет собой инструмент с воронкообразным отверстием (каналом) определенной формы, через которое протягивается обрабатываемый материал (проволока, прутки, труба).

Для изготовления волок (фильеров) применяют твердые сплавы, технические алмазы и инструментальные стали. Качество волок во многом определяет экономические показатели процесса волочения и свойства получаемой проволоки. Применение высоких скоростей волочения нецелесообразно, если не обеспечена высокая стойкость волок.

В процессе волочения проволоки волока испытывает значительные нагрузки, так как в ее канале под действием силы волочения и сопротивления стенок происходит пластическая деформация металла. Кроме того, часть

профиля волокна, соприкасающаяся с протягиваемым металлом, подвергается износу вследствие действия значительных сил трения. Поэтому основными показателями качества волочильного инструмента, вытекающими из условий эксплуатации, являются стойкость волокна от истирания и раскола и величина силы волочения.

Эксплуатационная стойкость волокон оценивается количеством протянутого металла до выхода инструмента из строя, а стойкость волокон до износа — количеством продукции на единицу износа канала, например на микрон износа. Высокая стойкость волокон и снижение величины силы волочения достигаются применением для волокон специальных материалов, установлением оптимальной формы и качественной отделкой канала волокон, а также применением соответствующей смазки.

По конструктивному оформлению волокна могут быть монолитными и составными. Составные волокна образованы несколькими сопряженными частями и применяются редко лишь для волочения проволоки толстых сечений. В основном на практике используют монолитные волокна, состоящие из сплошного материала. Стальные волокна в настоящее время не находят широкого применения, их используют иногда только при волочении проволоки из мягких пластичных металлов, а также при калибровке прутков.

Материал, из которого изготавливаются волокна или фильеры, должен отличаться большей прочностью и стойкостью против износа. Изготавливают фильеры из легированной стали, металлокерамических сплавов, технических алмазов.

Волокна или волочильные кольца делают цельными из стали, из твердых сплавов - цельными или составными - в зависимости от диаметра и конфигурации. Их запрессовывают или закрепляют в стальные обоймы. Схема волокна представлена на рисунке 1.4. Ее элементами являются: смазывающий конус, рабочий конус, калибрующий пояс и распушка. Углы конусов составляют:  $\alpha=10\div 24^\circ$ ,  $\beta=40\div 60^\circ$ ,  $\gamma=60\div 90^\circ$ .

Волоки изготавливают из следующих марок сталей: У7, У8, У12, У13, Х12, Х12М, твердых сплавов: ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15.

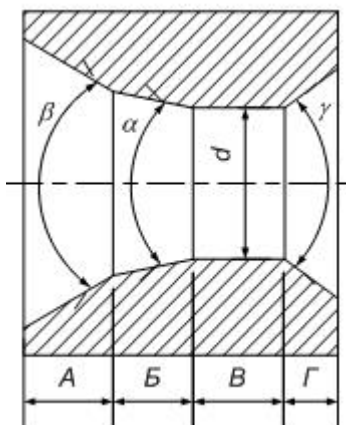


Рисунок 1.4 - Схема волоки:

А – смазывающий конус; Б – рабочий конус; В – калибрующий поясок;  
Г – распушка.

Роликовой волокой называют волочильный инструмент с двумя и более неприводными роликами (рисунок 1.5), смонтированными так, что их оси вращения перпендикулярны оси волочения, а рабочие поверхности образуют калибр, соответствующий форме трубы, прутка, профиля.

Двухроликтовую волоку с парой вертикальной роликов монтируют в одном корпусе вместе с другой двухроликтовой волокой, имеющей пару горизонтальных роликов. Ролики смонтированы в термически закрытых подшипниках. Зазор между роликами регулируется нажимными винтами. Калибры обеих волок устанавливают на одной линии с помощью регулировочного винта.

Преимущества: меньшее внешнее трение, что уменьшает усилие волочения на  $10\div 20\%$ ; возможность вести процесс с большими деформациями; возможность протягивать трудно - деформируемые сплавы со значительным обжатием до  $50\%$  и без промежуточной термообработки. Производство их проще, чем монолитных, обладают повышенной стойкостью и не требуют высококачественных технологических смазок.



К недостаткам роликовых волок следует отнести большие габариты от 250X250X80 до 650X580X180 мм и массу от 15 до 300 кг.

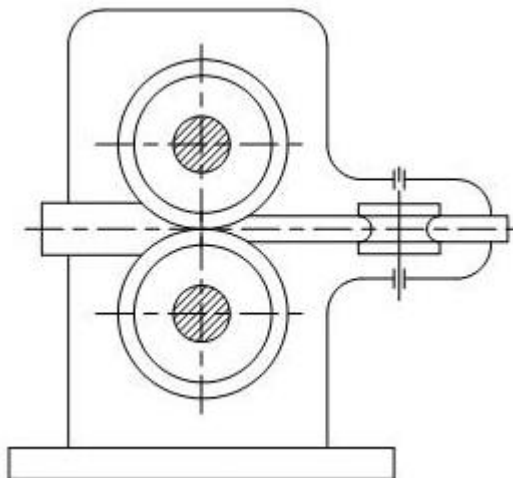


Рисунок 1.5 - Роликовая волока.

## 2. РАЗРАБОТКА УЗЛА ТЯНУЩЕГО БАРАБАНА

По заданным параметрам  $D_6 = 350$  мм, разработана конструкция тянущего барабана с учетом посадки подшипника 1008909 ГОСТ 7872-89.

Подшипник качения шариковый однорядный ГОСТ 7872-89, выбран так как способен воспринимать большие осевые нагрузки, которые удовлетворяют условиям прочности в разрабатываемой конструкции.

Узел тянущего барабана состоит из (Рисунок 2.1) втулка (1), галтель (2), конус (3), ребро жесткости (4) и подшипник (5).

Барабан изготавливаем из стали 40Х ГОСТ 4543-71, калишь до HRC=45.

Конструкция сваривается в среде защитного газа (аргон).

Диаметр втулки выбираем под мотор-редуктор  $d=35$  мм.

Тянущий барабан служит для накопления проволоки.

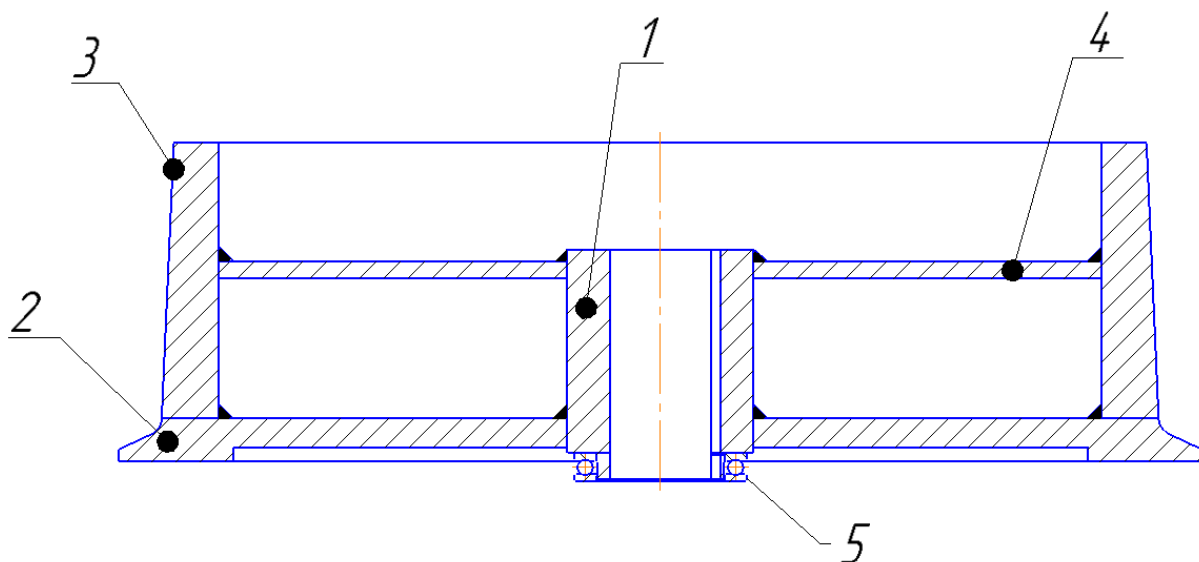


Рисунок 2.1 - Узел тянущего барабана.

### 3. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТЯНУЩЕГО УСТРОЙСТВА

По заданному параметру  $D_6 = 350$  мм, разработана конструкция узла тянущего устройства вертикального расположения.

Узел тянущего устройства (рисунок 3.1) состоит из мотор-редуктора (1), втулки (2), упорного подшипника (3) тянущего барабана (4), крышки (5) и болта (6).

Мотор-редуктор 4МЦ2С-63 выбран по усилию и скорости волочения.

Достоинства:

1. Компактный корпус, выполнено два устройства.
2. Нет необходимости контроля соосности быстроходного вала редуктора и вала электродвигателя.
3. Нет необходимости ставить коническую передачу для подвода крутящего момента под  $90^\circ$ .

Сборка осуществляется:

Подшипник упорный шариковый одинарный ГОСТ 7872-89, выбран т.к. способен воспринимать большие осевые нагрузки, которые удовлетворяют условиям прочности в разрабатываемой конструкции.

С одной стороны подшипник упирается в тянущий барабан, с противоположной в втулку 2.

Устанавливается тянущий барабан, закрепляется крышкой и болтом М12х40 ГОСТ 7798-70.

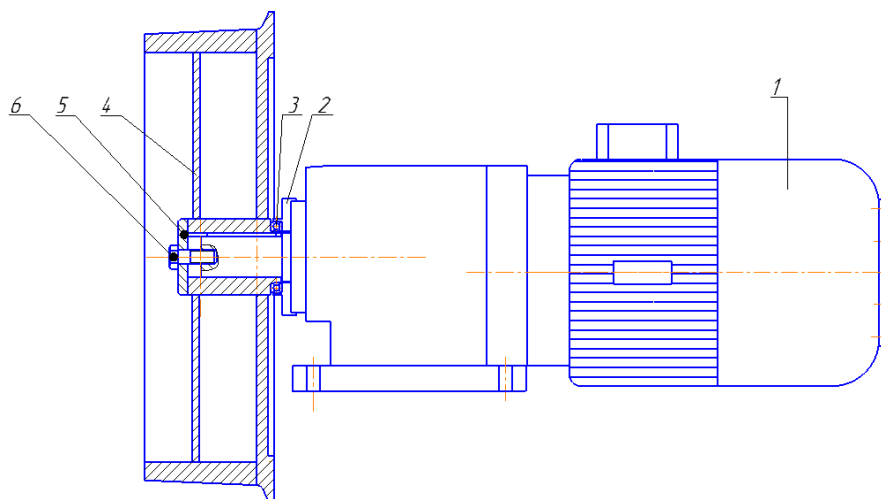


Рисунок 3.1 - Узел тянущего устройства.

#### 4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МЫЛЬНИЦЫ

Мыльница (Рисунок 4.1) – это сварной короб, вмещающий в себя необходимое количество технологической смазки и обладает достаточной прочностью, чтобы обеспечить устойчивый процесс волочения. В корпусе (1) мыльницы крепят фильеру (2).

Мыльница работает следующим образом: при волочении проволоки уровень технологической смазки в корпусе для обеспечения надлежащего отвода тепла и условий смазки в очаге деформации устанавливается таким, чтобы обрабатываемая проволока была скрыта слоем смазочного материала.

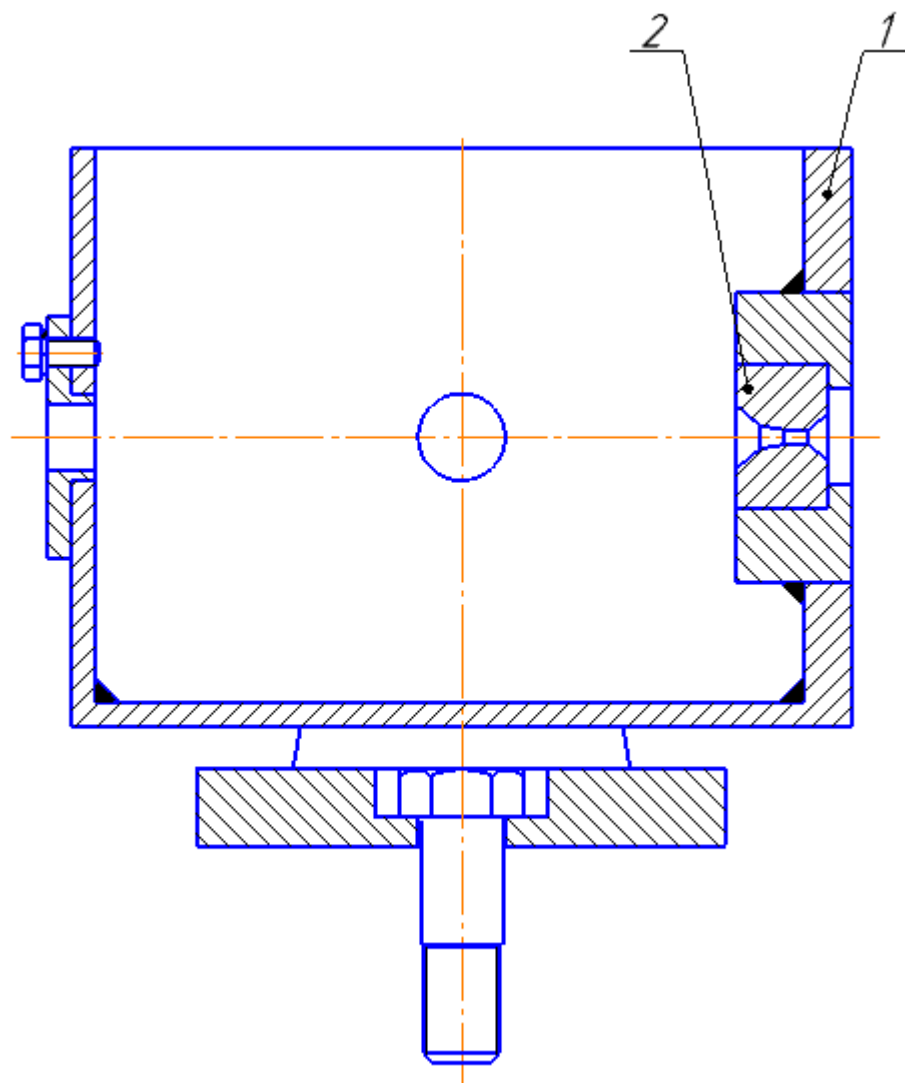


Рисунок 4.1 - Узел мыльницы.

## 5. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОЛОЧИЛЬНОГО СТАНА И ЕГО РАБОТЫ

Волоочильный стан (15.03.02.2017.399.00.001 ВО, рисунок 5.1) включает в себя: узел размоточного устройства (1), направляющих роликов (2), мыльницы (3), рычаг аварийной остановки (4), тянущего устройства (6), станины (8) и щит (5).

Заготовка с размоточного устройства 1 подается через направляющие ролики 2 в мыльницу 3. Где на заготовку наносится смазка. Заготовка попадает в фильеру, где происходит деформация проволоки с уменьшением поперечного сечения. Барабан протягивает и наматывает проволоку за счет крутящего момента мотор-редуктора.

В стане предусмотрена система аварийной остановки.

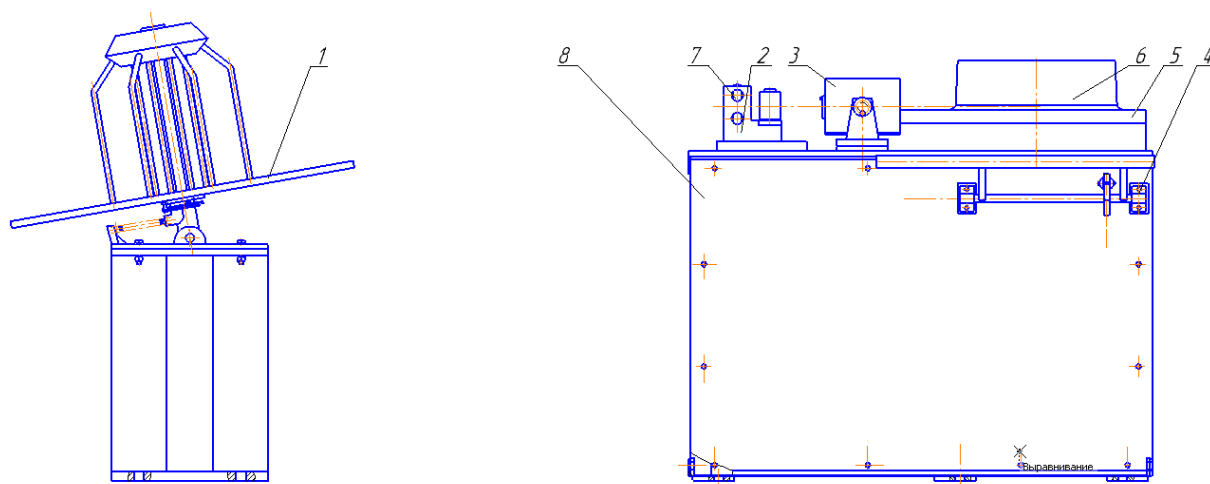


Рисунок 5.1 – Волоочильный стан.

## 6. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ВОЛОЧИЛЬНОГО СТАНА

### 6.1 ВЫБОР И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ НАПРАВЛЯЮЩИХ РОЛИКОВ.

Для направляющих роликов применяют шариковые, так как они способны воспринимать большие радиальные нагрузки.

В соответствии с ГОСТ 8338-75 «Подшипники шариковые радиальные однорядные» выбираем подходящий по размеру подшипник.

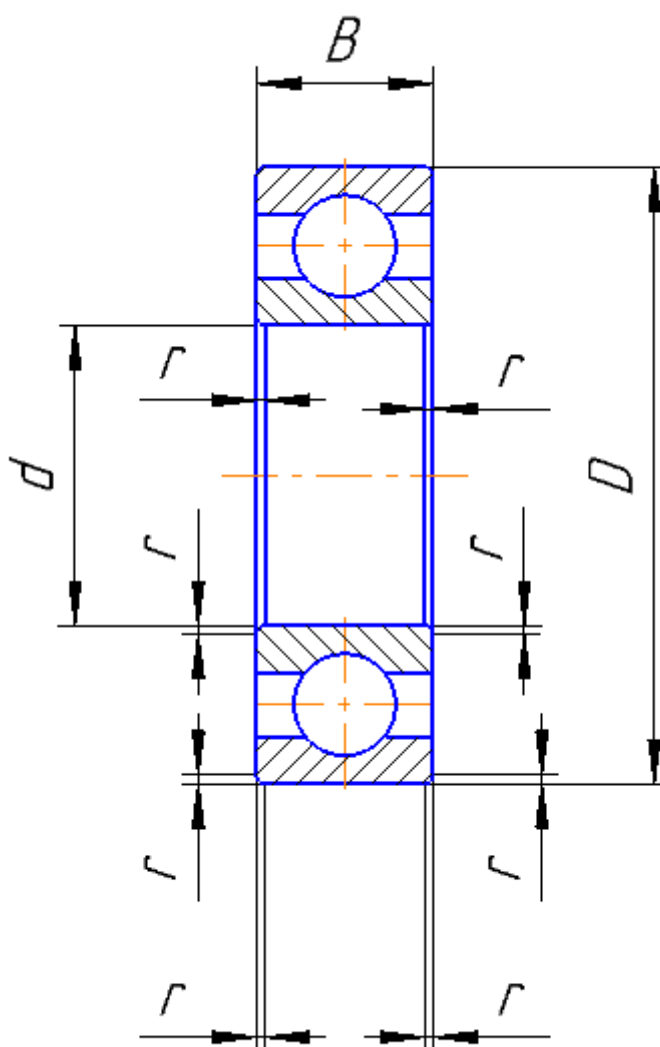


Рисунок 6.1 - Подшипник качения радиальный шариковый.

Где  $d$  – номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца;

$D$  – номинальный диаметр наружной цилиндрической поверхности наружного кольца;

$B$  – номинальная ширина подшипника;

$r$  – координата монтажной фаски.

Материал: ШХ15; допустимое значение удельного давления  $[p]=2160$  МПа.

Условное обозначение: Подшипник 103 ГОСТ 8338-75.

Таблица 6.1 - Характеристики подшипника скольжения

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	Масса, кг	Грузоподъемность, Н	
						$C$	$C_0$
103	17	35	10	0,5	0,04	6050	2800

Где  $C$  - динамическая грузоподъемность;

$C_0$  - статическая грузоподъемность.

Расчёт подшипника качения ведём по методике для радиальных подшипников [3].

На подшипник действует осевое усилие от ролика  $F_a$ , которое не превышает 2% от радиального усилия на ролики  $P_p$ .

Осевое усилие находится по формуле:

$$F_a = 0,02 \cdot P_p, \quad (6.1)$$

$$F_a = 0,02 \cdot 50 = 1 \text{ Н},$$

Радиальное усилие на один подшипник:

$$F_r = \frac{P}{2}, \quad (6.2)$$

$$F_r = \frac{50}{2} = 25 \text{ Н},$$

Эквивалентная нагрузка на подшипник рассчитывается по формуле:

$$Q = XF_r + YF_a, \quad (6.3)$$

Где  $X$  - коэффициент динамической радиальной нагрузки,  $X=0,56$  [3, с.131];

$Y$ - коэффициент динамической осевой нагрузки,  $Y=2,3$  [3, с.131].

Эквивалентная нагрузка на подшипник равна:

$$Q = 0,56 \cdot 25 + 2,3 \cdot 1 = 16,3 \text{ Н.}$$

Максимальная частота вращения направляющих роликов рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{2V}{D}, \quad (6.4)$$

$$n = \frac{30}{\pi} \omega, \quad (6.5)$$

Где  $\omega$ - угловая частота вращения ролика,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$ - скорость ролика;

$R$ - радиус ролика, м;

$D$ - диаметр ролика, м;

$n$  – максимальная частота вращения ролика об/мин.

Найдем скорость ролика:

$$\lambda = \frac{S_3}{S_r}$$

$$V_p = \frac{V_B}{\lambda}$$

Где  $\lambda$ - коэффициент вытяжки;

$S_3$  – площадь поперечного сечения заготовки, мм;

$S_r$  – площадь поперечного сечения готовой проволоки, мм;

$V_B$  – скорость волочения, м/с.

$$\lambda = \frac{(3,5)^2}{(3)^2} = 1,36.$$

$$V_p = \frac{1}{1,36} = 0,74 \text{ м/с.}$$

Максимальная частота вращения направляющих роликов равна:

$$\omega = \frac{2 \cdot 0,74}{0,045} = 32,89 \text{ с}^{-1},$$



$$n = \frac{30}{\pi} \cdot 32,89 = 314 \text{ об/мин,}$$

Долговечность подшипника рассчитывается по формуле:

$$L = \left(\frac{C}{Q}\right)^{\alpha}, \quad (6.6)$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (6.7)$$

Где  $L$  - долговечность подшипника, млн.об;

$L_h$  - долговечность подшипника, час.;

$C$  – грузоподъемность, Н;

$\alpha$  - коэффициент, зависящий от формы кривой контактной усталости и принимаемый для шариковых подшипников  $\alpha = 3$ .

Долговечность подшипника равна:

$$L = \left(\frac{6050}{16,3}\right)^3 = 51133386,9 \text{ млн.об.},$$

$$L_h = \frac{51133386,9 \cdot 10^6}{60 \cdot 314} = 2714086350 \text{ час.},$$

## **6.2 РАСЧЁТ ОСИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РОЛИКА НА ПРОЧНОСТЬ.**

Рассчитаем ось на прочность по допустимому напряжению, так как ось работает только на изгиб, то расчетная схема будет выглядеть следующим образом (рисунок 6.2). [4]

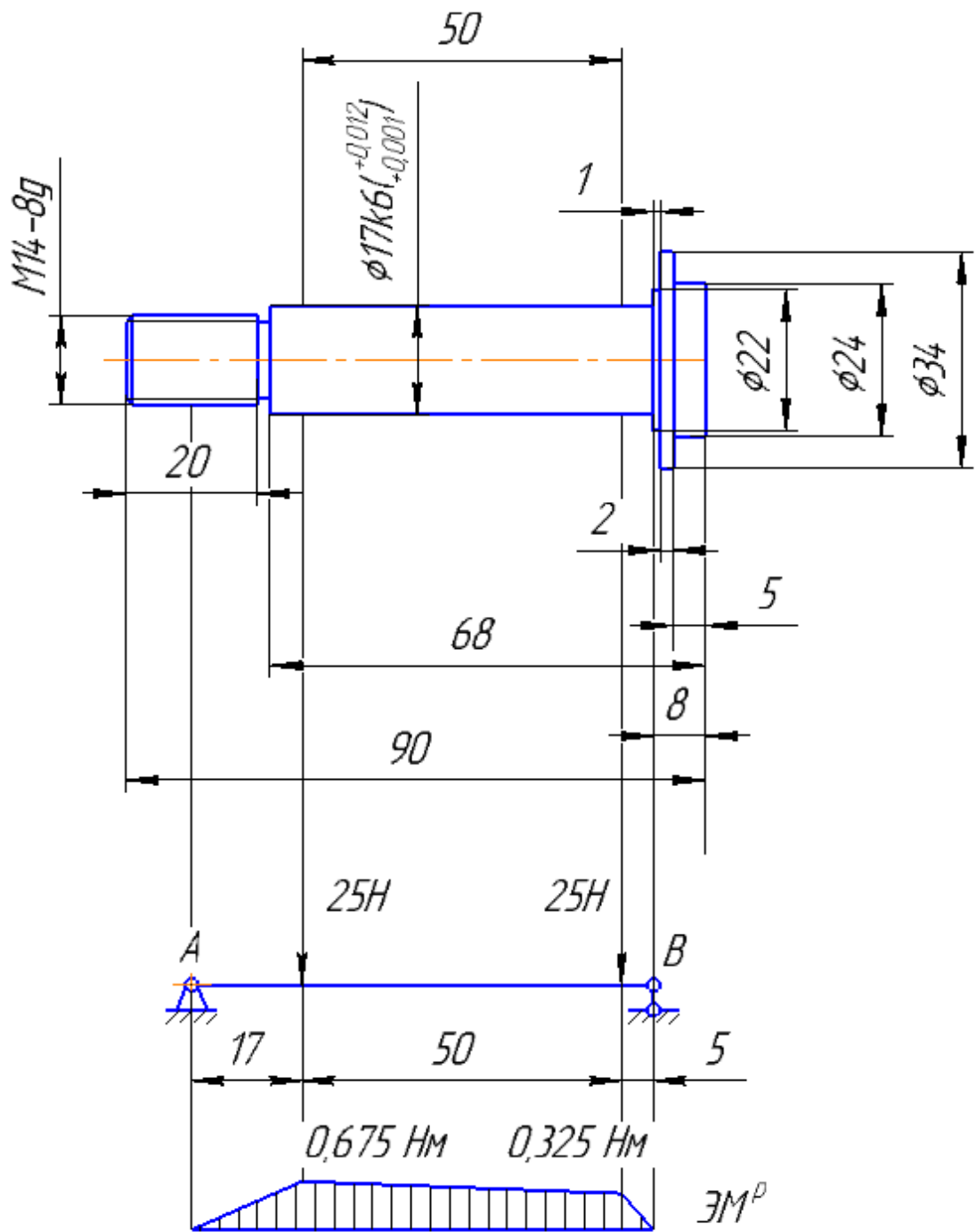


Рисунок 6.2 – Расчёт оси на прочность.

$$M_{из1} = P \cdot l.$$

$$M_{из1} = 25 \cdot 0,027 = 0,675 \text{ Нм.}$$

$$M_{из2} = 25 \cdot 0,013 = 0,325 \text{ Нм.}$$

Ось имеет опасное сечение – гладкий участок с максимальным моментом. Нормальные напряжения, возникающие в стержне, будем рассчитывать по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}i}}{W_{xi}},$$

где  $\sigma_{\text{из}}$  – нормальное напряжение изгиба;

$M_{\text{из}i}$  – изгибающий момент рассматриваемого сечения;

$W_{xi}$  – момент сопротивления поперечного сечения рассматриваемого участка, равный

$$W_{xi} = 0,1 \cdot d_i^3,$$

где  $d_i$  – диаметр поперечного сечения рассматриваемого участка.

Таким образом:

$$\sigma_{\text{из}i} = \frac{0,625}{0,1 \cdot 0,017^3} = 1,27 \text{ МПа},$$

Так как в первом поперечном сечении есть канавка, проведем расчет учитывающий влияние концентратора напряжений, введением коэффициента  $k$ , равного:

$$k_{\sigma} = 1 + \frac{\sigma_{\text{в}} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}},$$

где  $\sigma_{\text{в}}$  – временный предел прочности стали 45, равный 750 МПа;

$$\delta_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}},$$

где  $t$  – глубина канавки, равная 0.7 мм;

$\rho$  – радиус закругления канавки, равный 0.5 мм;

$$\delta_2 = \frac{(3 \cdot \sqrt{\beta + 1} + 1) \cdot (3 \cdot \beta - 0.4 \cdot \sqrt{\beta + 1}) + 4.3}{4 \cdot (3 \cdot \beta + 2.2 \cdot \sqrt{\beta + 1} + \frac{1.3}{1 + \sqrt{\beta + 1}} + 3)} - 1,$$

где

$$\beta = \frac{2 \cdot d}{\rho}$$

Таким образом, получим:

$$\beta = \frac{2 \cdot 0.05}{0.0005} = 200;$$

$$\delta_2 = \frac{(3 \cdot \sqrt{200 + 1} + 1) \cdot (3 \cdot 200 - 0.4 \cdot \sqrt{200 + 1}) + 4.3}{4 \cdot (3 \cdot 200 + 2.2 \cdot \sqrt{200 + 1} + \frac{1.3}{1 + \sqrt{200 + 1}} + 3)} - 1 = 9.199;$$

$$\delta_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.7}{0.5}} = 2.36;$$

$$k_\sigma = 1 + \frac{750 \cdot 2.36 \cdot 9.199 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{9.199^2 + 2.36^2}} = 1.71.$$

Таким образом, получим напряжение в первом сечении:

$$\sigma_{\text{макс}} = k_\sigma \cdot \sigma_{\text{изл}} = 1,71 \cdot 1,27 = 2,17 \text{ МПа.}$$

Допустимое напряжение рассчитаем по следующей формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[n]},$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести стали 45, равный 500 МПа;

$[n]$  – коэффициент запаса, принимаем равным 5.

Отсюда:

$$[\sigma] = \frac{500}{5} = 100 \text{ МПа.}$$

Так как максимальное напряжение не превышает допустимое напряжение, условие прочности выполняется.

## 7. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА И ВЫБОР МОТОР-РЕДУКТОРА ТЯНУЩЕГО УСТРОЙСТВА

Определяем общий КПД, выполняем анализ кинематической схемы и выявляем источники потери мощности:

- 1) двух цилиндрических передач;
- 2) трех пар подшипников качения.

По справочным данным устанавливаем значение КПД источников потери мощности.

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{цил}}^2 * \eta_{\text{н/к}}^3, \quad (7.1)$$

где  $\eta_{\text{цил}}$  - КПД цилиндрической передачи;  $\eta_{\text{чеп}} = 0,97$  [5];

$\eta_{\text{н/к}}$  - КПД подшипников качения;  $\eta_{\text{н/к}} = 0,99$  [5];

$$\eta_{\text{общ}} = 0,97^2 * 0,99^3 = 0,913.$$

Подбор электродвигателя:

$$N_{\text{д.т.}} = \frac{PV}{1020\eta}, \quad (7.2)$$

где  $P$ - усилие волочения, Н;  $P=5 \text{ кН}$ ;

$V$ - скорость волочения, м/с;  $V=1 \text{ м/с}$ ;

$$N_{\text{д.т.}} = \frac{5000 * 1}{1020 * 0.913} = 5,37 \text{ кВт};$$

Подбираем электродвигатель с мощностью  $N_{\text{д}} \geq N_{\text{д.т.}}$  и частотой вращения  $n_{\text{д}}$  близкой к  $n_{\text{д.т.}}$ . Выбираем цилиндрический двухступенчатый соосный мотор-редуктор серии 4МЦ2С-63 мощностью  $N_{\text{д}} = 5.5 \text{ кВт}$ , крутящий момент на выходном валу  $T_{\text{ном}}=880 \text{ Нм}$ , частотой вращения  $n_{\text{д}} = 1000 \text{ мин}^{-1}$ , передаточное число редуктора  $U=16$  и частотой вращения выходного вала редуктора  $n_{\text{пр}}= 56 \text{ мин}^{-1}$ .

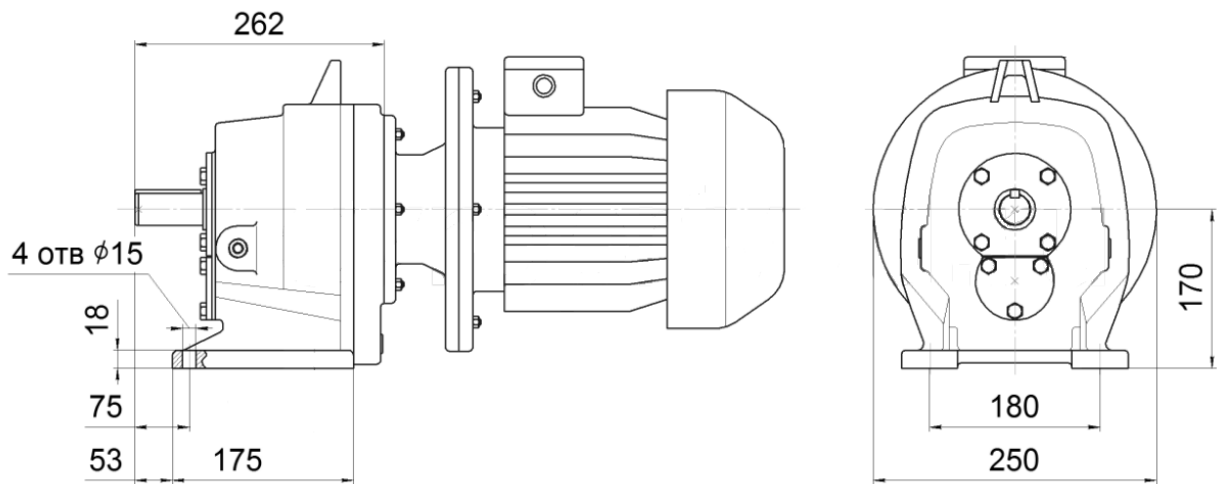


Рисунок 7.1 - Основные габаритные и присоединительные размеры [6].

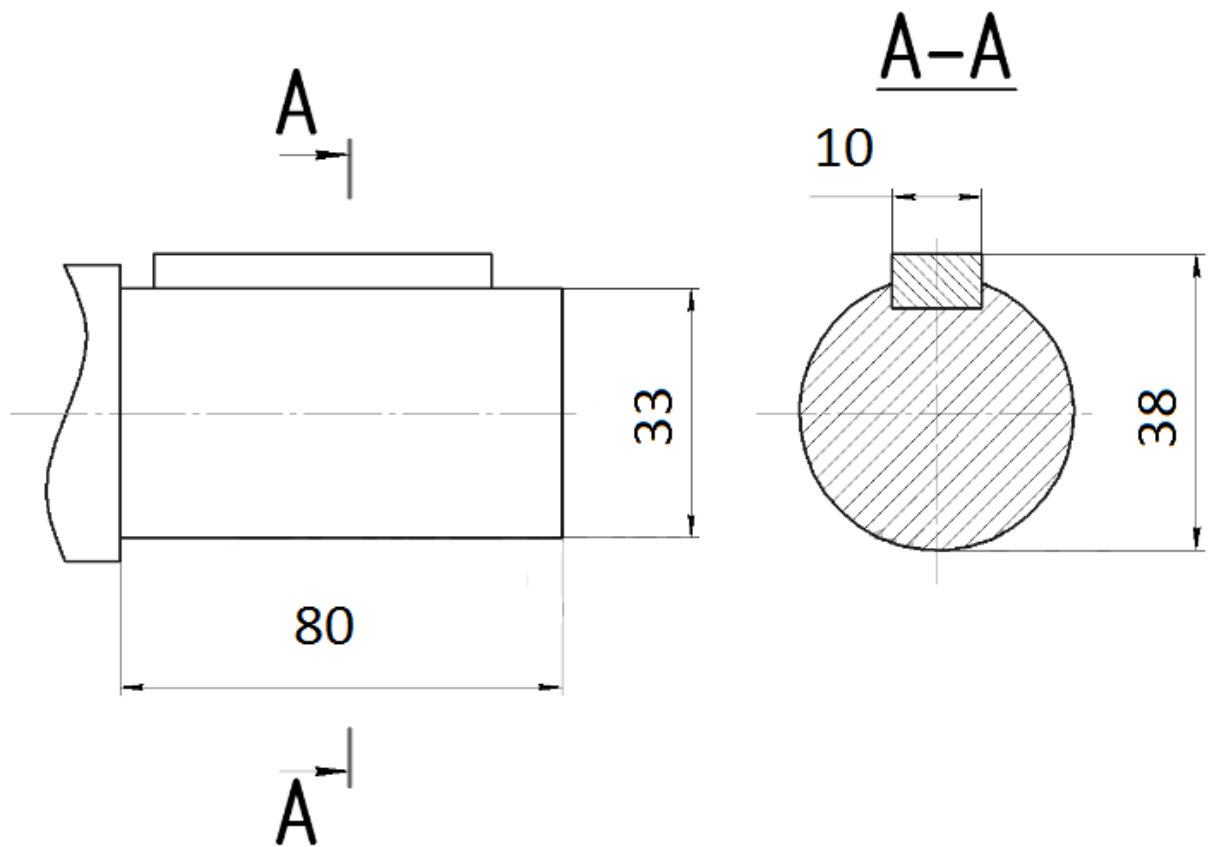


Рисунок 7.2 - Размеры концевого вала [6].

## 8. ВЫБОР УПОРНОГО ПОДШИПНИКА

Подшипник упорный шариковый одинарный ГОСТ 7872-89, выбран так как способен воспринимать большие осевые нагрузки, которые удовлетворяют условиям прочности в разрабатываемой конструкции.

В соответствии с ГОСТ 7872-89 «Подшипники упорные шариковые одинарные двойные» выбираем подходящий по размеру подшипник.

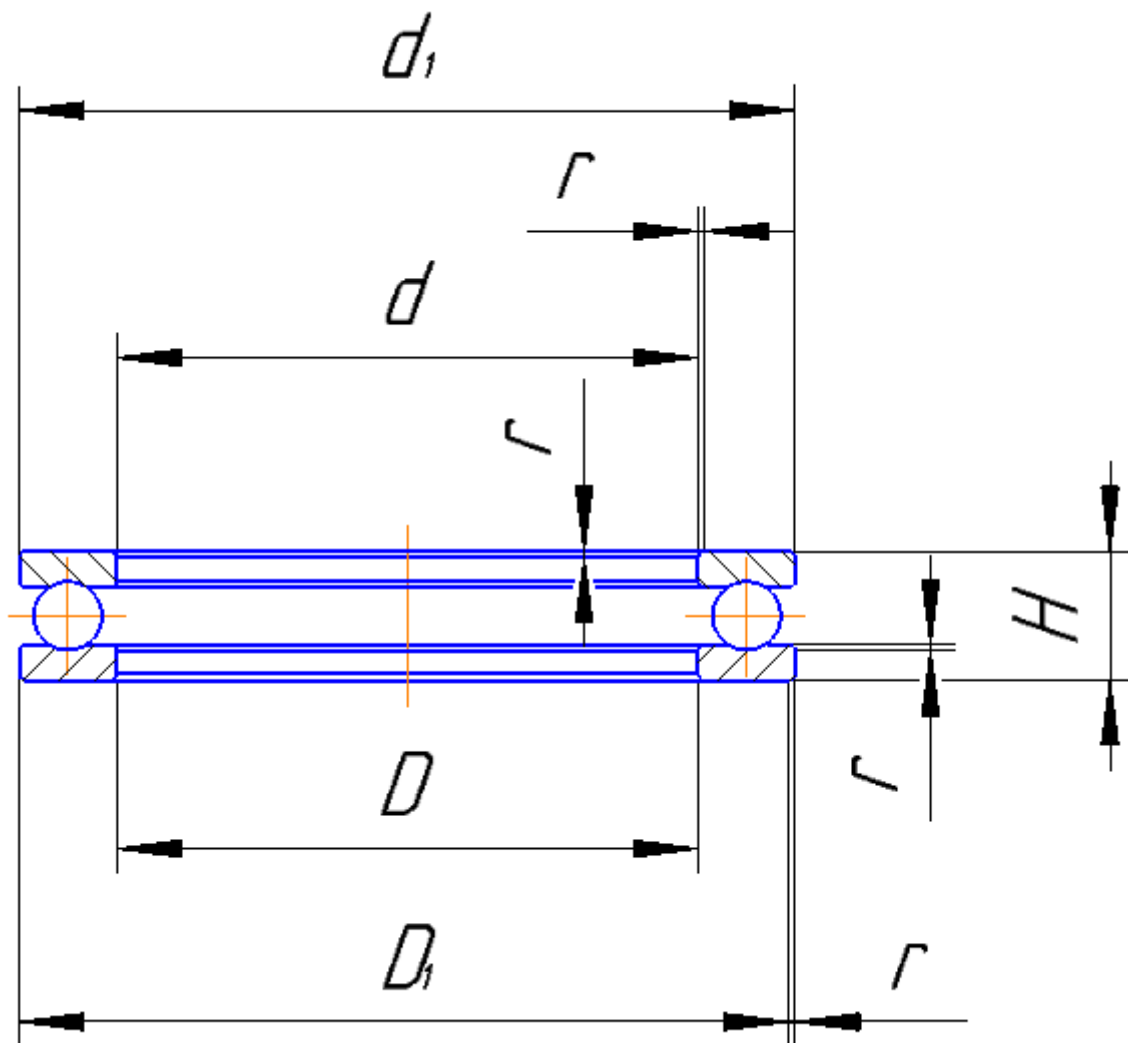


Рисунок 8.1 - Подшипник качения упорный шариковый.

Где  $d$  – номинальный диаметр отверстия тугого кольца;

$d_1$  – номинальный наружный диаметр тугого кольца;

$D$  - номинальный наружный диаметр свободного кольца;

$D_1$  - номинальный диаметр отверстия свободного кольца;

$H$  – номинальная высота подшипника;

$r$  – координата монтажной фаски.

Материал: ШХ15; допустимое значение удельного давления  $[p]=2160$  МПа.

Условное обозначение: Подшипник 1008909 ГОСТ 7872-89.

Таблица 8.1 - Характеристики подшипника качения

Обозначение	d, мм	D1, мм	D, мм	H, мм	r, мм	Масса, кг	Грузоподъемность, Н	
							C	C0
1008909	45	45,2	60	10	0,5	0,083	23400	50000

Где  $C$  - динамическая грузоподъемность;

$C_0$  - статическая грузоподъемность.

Расчет основных параметров подшипника.

Расчёт подшипника качения ведём по методике для упорных подшипников [3].

На подшипник действует осевое усилие от барабана  $F_a$ , которое равно усилию на барабан  $P$  при волочении.

Осевое усилие находится по формуле:

$$F_a = P, \quad (8.1)$$

$$F_a = 5 \text{ кН},$$

Эквивалентная нагрузка на подшипник рассчитывается по формуле:

$$Q = F_a, \quad (8.2)$$

Эквивалентная нагрузка на подшипник равна:

$$Q = 5 \text{ кН},$$

Максимальная частота вращения барабана рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{2V}{D}, \quad (8.3)$$

$$n = \frac{30}{\pi} \omega, \quad (8.4)$$



Где  $\omega$ - угловая частота вращения валков,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$ - скорость волочения,  $1 \text{ м/с}$  ;

$R$ - радиус барабана,  $\text{м}$ ;

$D$ - диаметр барабана,  $\text{м}$ ;

$n$ - максимальная частота вращения барабана  $\text{об/мин}$ .

Максимальная частота вращения барабана равна:

$$\omega = \frac{2 \cdot 1}{0,35} = 5,71 \text{ с}^{-1},$$

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot 5,71 = 54,55 \text{ об/мин},$$

Долговечность подшипника рассчитывается по формуле:

$$L = \left( \frac{C}{Q} \right)^{\alpha}, \quad (8.5)$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (8.6)$$

Где  $L$  -долговечность подшипника, млн.об;

$L_h$ - долговечность подшипника, час;

$C$  – грузоподъемность, Н;

$\alpha$  - коэффициент, зависящий от формы кривой контактной усталости

и принимаемый для шариковых подшипников  $\alpha = 3$ .

Долговечность подшипника равна:

$$L = \left( \frac{23,4 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3} \right)^3 = 102,5 \text{ млн.об.},$$

$$L_h = \frac{102,5 \cdot 10^6}{60 \cdot 54,55} = 31316,8347 \text{ час.}$$

## 9. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩЕГО РОЛИКА

Материал валка сталь 40Х ГОСТ 4543-71: плотность  $\rho=7820$  кг/м<sup>3</sup>,

Сталь 40Х является конструкционной легированной сталью.

Таблица 9.1 - Химический состав стали 40Х

Марка стали	Массовая доля элемента, %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
40Х	0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5- 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,036	0,8- 1,1	до 0,3	≈ 97

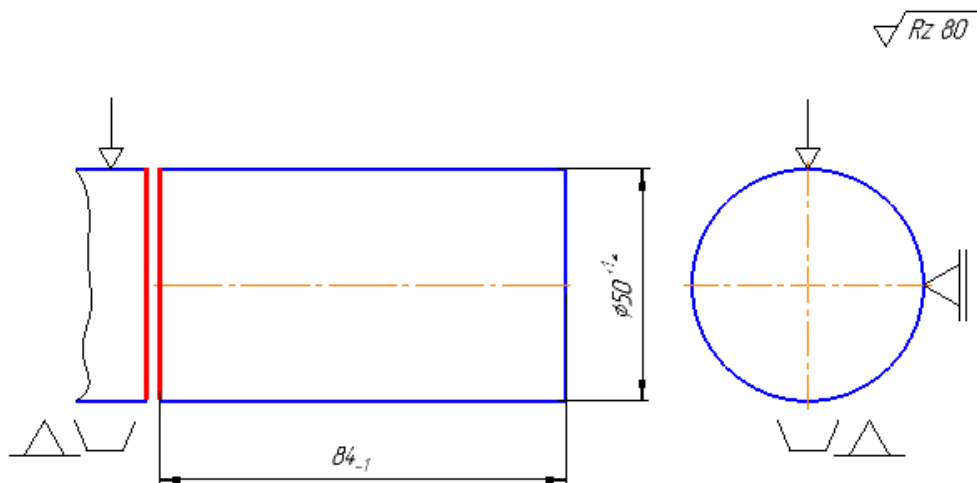
Таблица 9.2 - Маршрутный технологический процесс

№ операции	Название операции	Оборудование
003	Отрезная	Отрезной станок
005	Вертикально-сверлильная	Вертикально-сверлильный станок
010	Токарная	Токарный станок
015	Термическая	ТВЧ установка
020	Токарная	Токарный станок
025	Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок
030	Контрольная	Стол ОТК

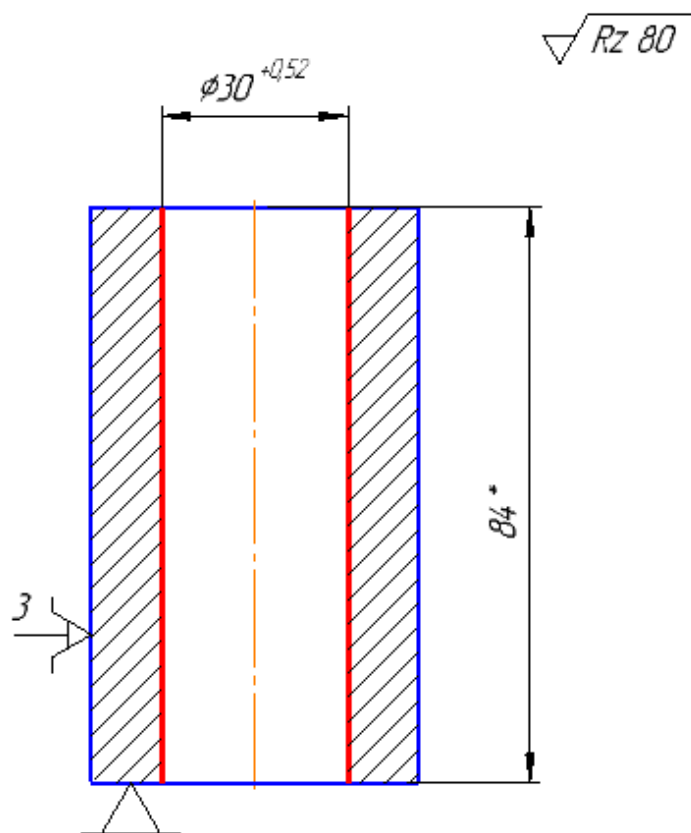
Примечание: на всех операциях механической обработки в качестве станочного приспособления используется трёхкулачковый патрон Kitagawa В-204.

9.1 Операционные эскизы технологического процесса изготовления детали вал.

003. Отрезная

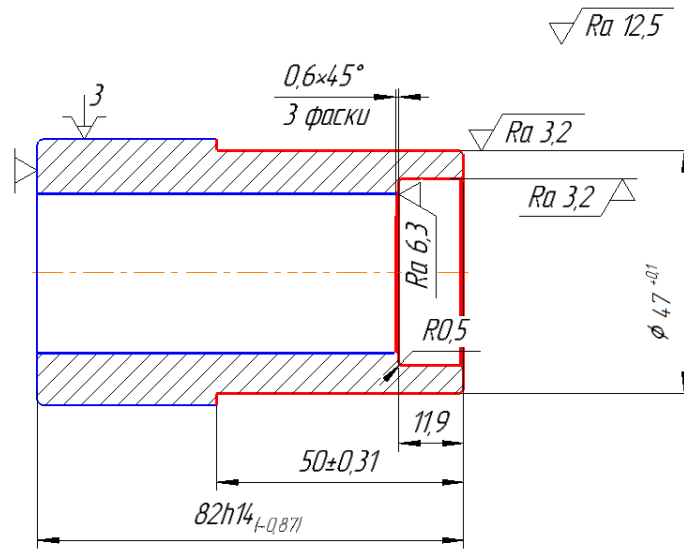


005 Вертикально-сверлильная

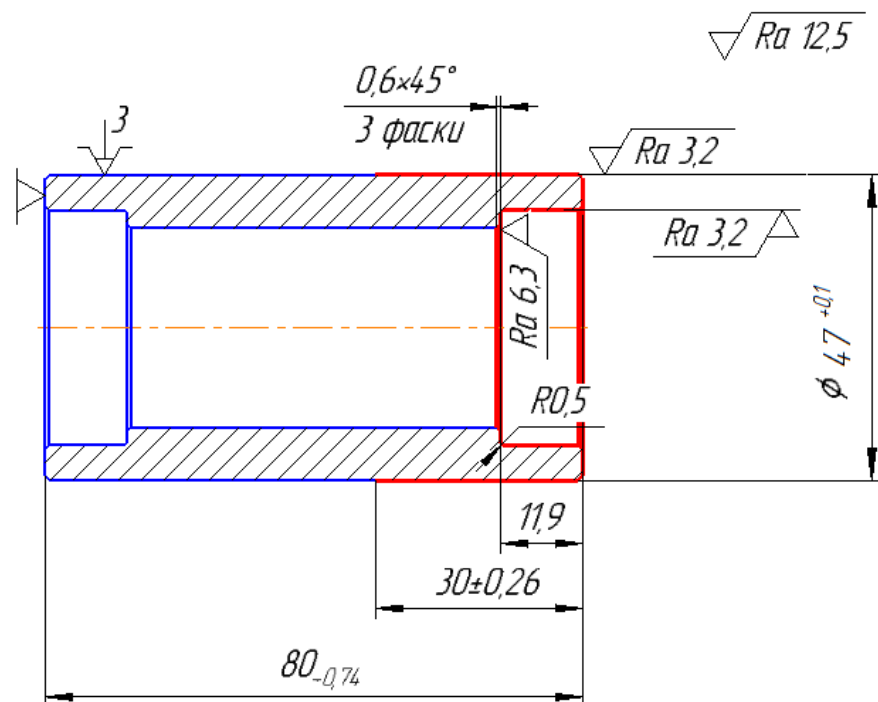


010 Токарная

1-ый установ



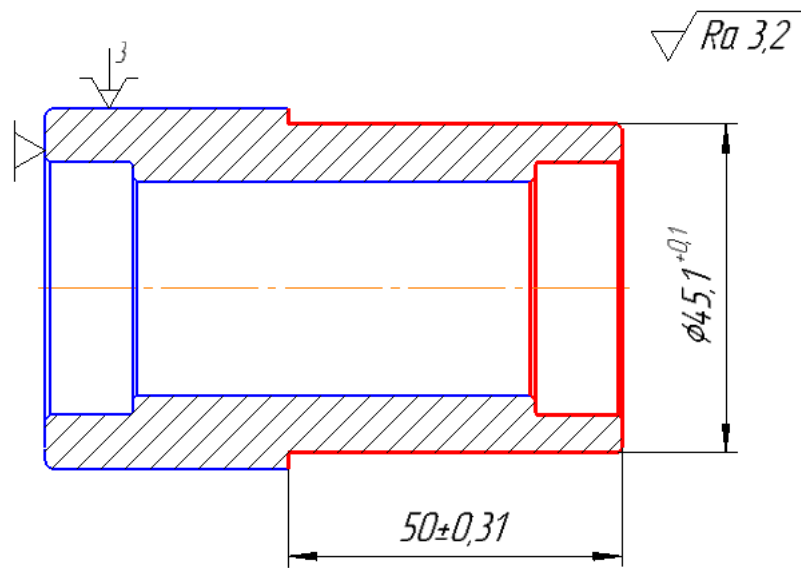
2-ой установ



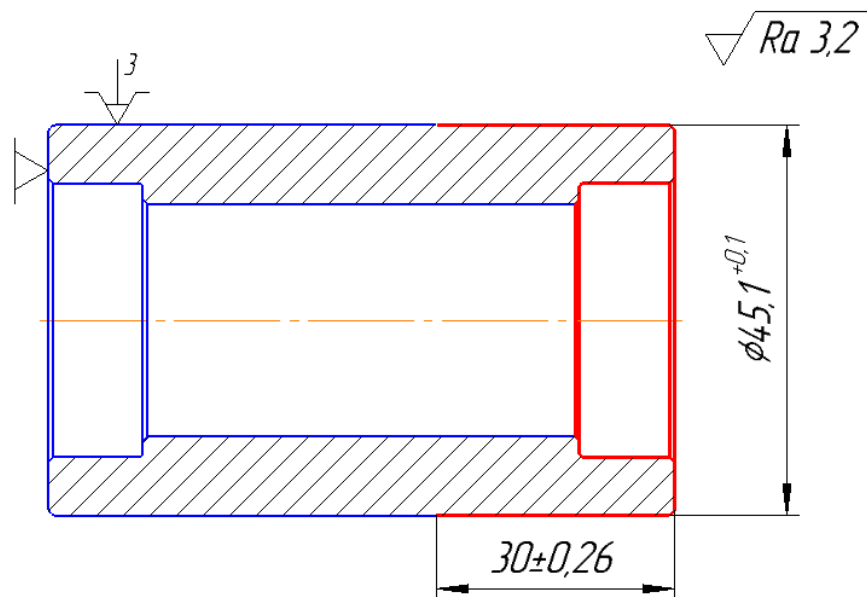
015. Термическая

020 Токарная

1-ый установ

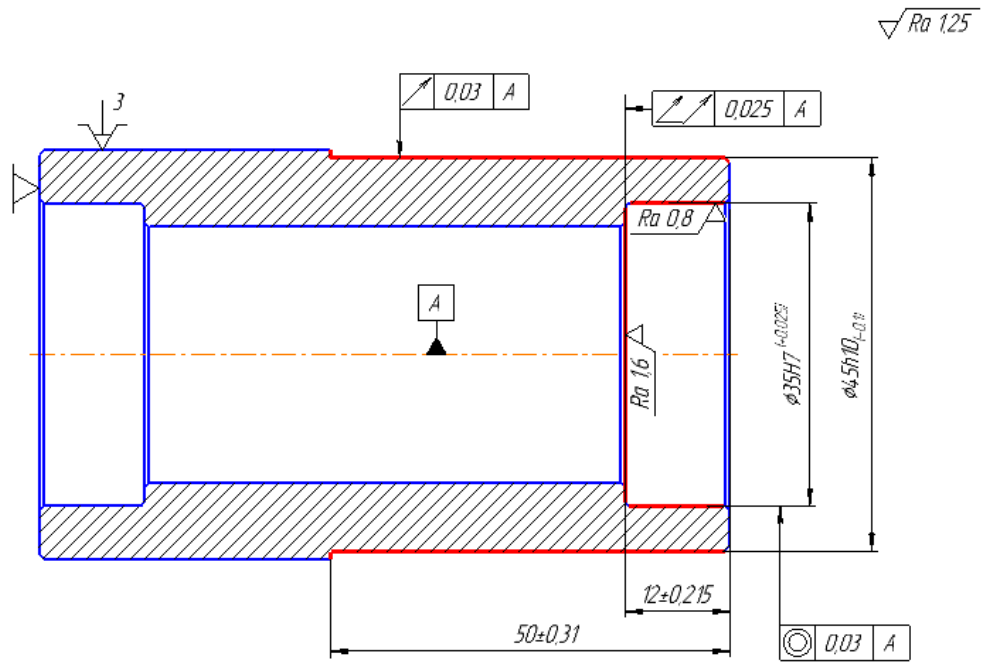


2-ой установ

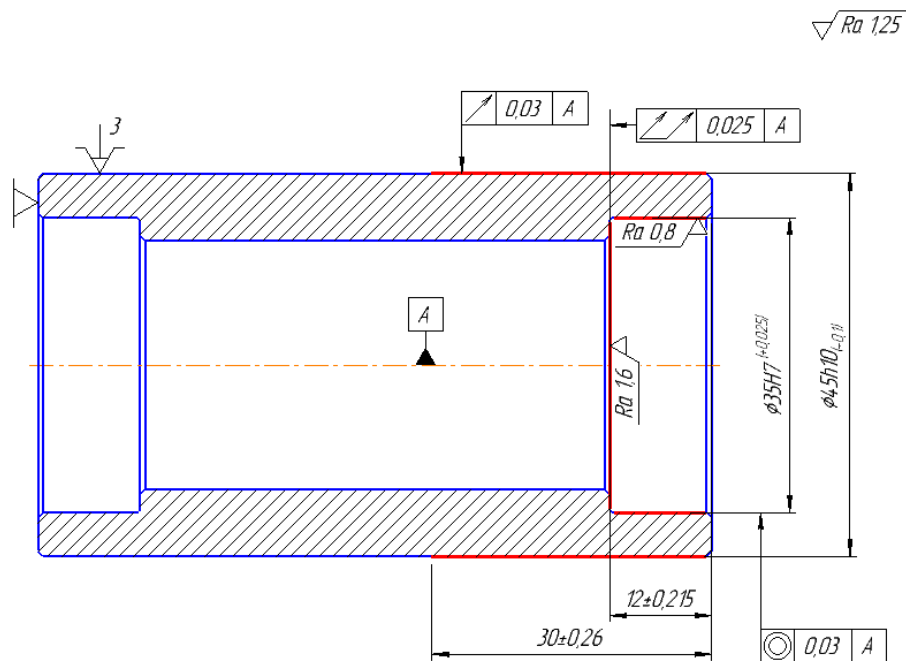


## 025. Шлифовальная

### 1-ый установ



### 2-ой установ



## 030. Контрольная

## **10. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ БАРАБАННЫХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ**

Особо опасной операцией при обслуживании барабанных волочильных станов являются заправка стана, а также случаи обрыва проволоки во время волочения. При заправке стана требуется большая осторожность в момент захвата крючка клещей барабаном. В это время возможны травмирования рабочего в тот момент, когда он будет держать крючок клещей и пальцы его будут находиться между крючком и барабаном. Так держать клещи нельзя. Следует на клещах предусматривать специальную гладкую рукоятку, при помощи которой удобнее надевать клещи для захвата конца проволоки. В случае пуска барабана рукоятка свободно выскальзывает из рук волочильщика, не причиняя ему никаких повреждений. С увеличением скорости волочения опасность обрыва проволоки и увечья обслуживающего персонала увеличивается, если не принять соответствующих мер предосторожности. Во-первых, все предохранительные устройства, предусмотренные на стане, должны быть в исправности. Все электрические блокировки, исключающие запуск стана в случае неправильной установки защитных устройств, должны быть также в исправности и их искусственное замыкание (закорачивание) должно быть строго запрещено.

На барабанных станах предусматривают щиты, установленные вдоль стана с противоположной стороны обслуживания. Эти щиты предназначаются для защиты от увечья в случае обрыва проволоки или срыва клещей во время заправки стана волочильщика, обслуживающего рядом параллельно стоящий стан

Эти щиты обычно имеют электрическую блокировку, исключающую возможность пуска стана, если щиты не установлены в надлежащее положение. На станах, где применяются средние скорости волочения до 600 м/мин, чистовые барабаны ограждают специальными кожухами, которые открывают только на время заправки барабана и снятия готового бунта. На случай обрыва проволоки между барабанами или запутывания проволоки

между разматывающими фигуркой и станом устанавливают выключатели автоматически останавливающие стан. Вдоль всего стана устанавливают барьерные выключатели, позволяющие выключить стан с любого места, при этом выключение осуществляется прижатием барьера к стану. Барьер должен поворачиваться легко, т. е. без приложения больших усилий. Аварийная остановка должна выполняться очень быстро, с момента включения барабан должен повернуться не больше чем на 0,25—0,5 оборота. Во избежание случаев нарушения волочильщиком правил безопасности при обслуживании стана устанавливают фотореле, выключающие двигатель стана как только рука волочильщика окажется в опасной зоне.

Высокоскоростные станы снабжают ограждениями для всех барабанов. Подъем ограждения на одном из барабанов приводит к остановке стана. Ограждения изготовляют из рамок, обтянутых проволочными сетками, позволяющими вести наблюдение за работой отдельных барабанов, или из листового железа с отверстиями.

Эффективность всех защитных устройств может быть обеспечена при хорошем инструктаже рабочих и достаточном их знакомстве с оборудованием, а также зависит от исправного состояния всех защитных устройств и оборудования стана [2].



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Горловский, М.Б., Меркачев, В.Н. Справочник волочильщика проволоки / М.Б. Горловский, В.Н. Меркачев. – Москва: «Металлургия», 1993. – 336 с.
- 2 Когос, А.М. Механическое оборудование волочильных и лентопрокатных цехов: учебник для вузов / А.М. Когос. – 2-е изд.. – М.: «Металлургия», 1964. – 680с.
- 3 Перель, Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник / Л.Я. Перель. – М.: «Машиностроение», 1983. – 543 с.
- 4 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. / В.И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1992. 720 с.
- 5 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия»., 2004 – 496 с.
- 6 Кременкульский редукторный завод ЕвроПривод  
<http://www.evroprivod.ru/>