Московский государственный технический университет

имени Н. Э. Баумана

Кафедра «Технологии машиностроения»

Домашнее задание №2

по курсу «Технология машиностроительного производства»

Выполнил: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

дата, подпись

Проверила: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

дата, подпись

Москва 2020

**Оглавление**

[1 Проектирование технологического процесса сборки узла. 3](#_Toc59749360)

[1.1 Назначение редуктора и описание его конструкции 3](#_Toc59749361)

[1.2 Анализ основных технических требований и разработка схем их проверки 11](#_Toc59749362)

[1.3 Анализ технологичности конструкции узла с расчетом показателей технологичности 16](#_Toc59749363)

[1.4 Выбор методов достижения точности сборки и расчет размерных цепей 17](#_Toc59749364)

[1.5 Разработка технологических схем и эскизов сборки 19](#_Toc59749365)

[Список литературы 27](#_Toc59749366)

# 1 Проектирование технологического процесса сборки узла.

## 1.1 Назначение редуктора и описание его конструкции

Двухступенчатый горизонтальный цилиндрический редуктор – устройство, преобразующее высокую угловую скорость вращения входного вала в более низкую на выходном валу, повышющее при этом вращающий момент.

Редуктор с цилиндрическими зубчатыми передачами относится к наиболее широко применяемому виду редукторов. Благодаря своим высоким эксплуатационным преимуществам, цилиндрические редукторы занимают лидирующие позиции среди подобных устройств. Данный тип передаточных устройств нашел широкое применение в металлорежущем оборудовании, применяется в грузоподъёмных механизмах и другом оборудовании. Цилиндрические редукторы имеют практически неограниченную сферу применения, определяемую только показателями экономической и технической целесообразности. Цилиндрические редукторы могут иметь горизонтальное или вертикальное расположение, широкий диапазон передаточных чисел и мощностей что позволяет их использовать для решения широкого спектра задач в современной технике.

Наиболее важные преимущества, которые обеспечили популярность данного типа устройств:

- высокий КПД;

- высокая передаваемая мощность;

- повышенная кинематическая точность;

- хорошие показатели работы при неравномерных нагрузках, а также при большом количестве запусков и остановок;

- отсутствие самоторможения и возможность ручного проворота выходного вала;

- минимальный нагрев благодаря высокому КПД, рациональное использование энергии;

- высокая надежность;

- широкая вариативность подбора зубчатых передач для различных задач

К недостаткам цилиндрических устройств можно отнести:

- отсутствие обратимости;

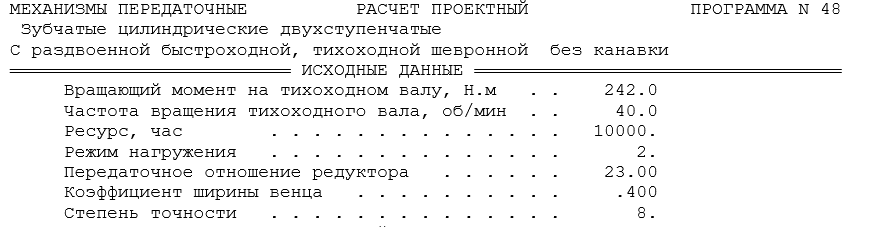
- высокий уровень шума при работе устройства;

- сравнительно малое передаточное число.

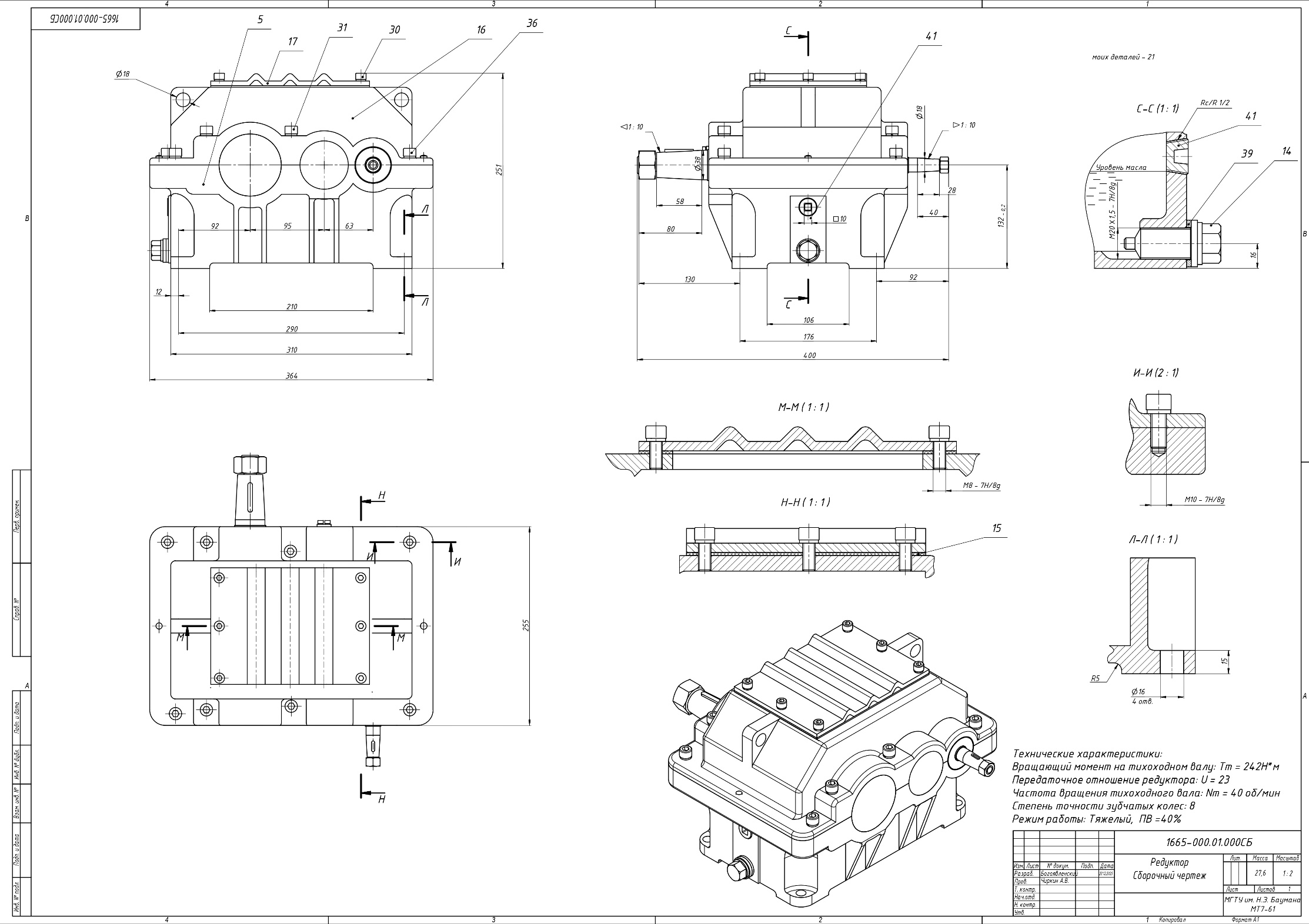
В серийном производстве широко распространены стандартизованные литые корпуса редукторов. Чаще всего в тяжёлой промышленности и машиностроении применяются корпуса из литейного [чугуна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D1%83%D0%B3%D1%83%D0%BD), реже из литейных [сталей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C). Когда требуется максимально облегчить конструкцию применяют легкосплавные корпуса. На корпусе редуктора чаще всего имеются места крепления — лапы и/или уши, за которые перемещают и/или крепят редукторы к основанию. На выходе валов располагают уплотнения для предотвращения вытекания масла. На корпусах редукторов зачастую располагают конструкционные элементы, предотвращающие увеличение давления внутри редуктора, возникающее от нагрева редуктора при его работе.

Чертеж цилиндрического редуктора представлен на рисунке 1

Технические характеристики редуктора:



Производство редуктора – массовое.



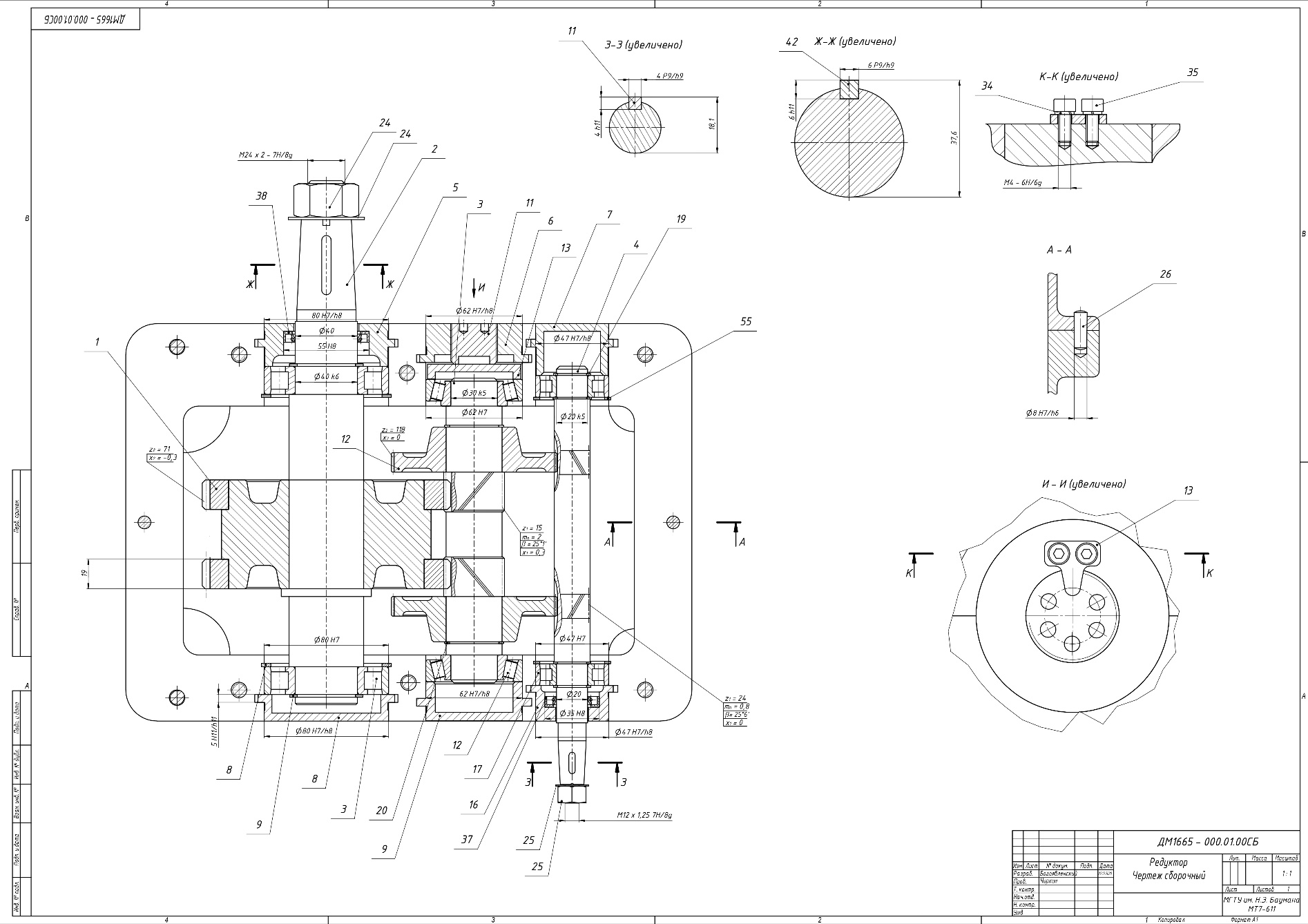
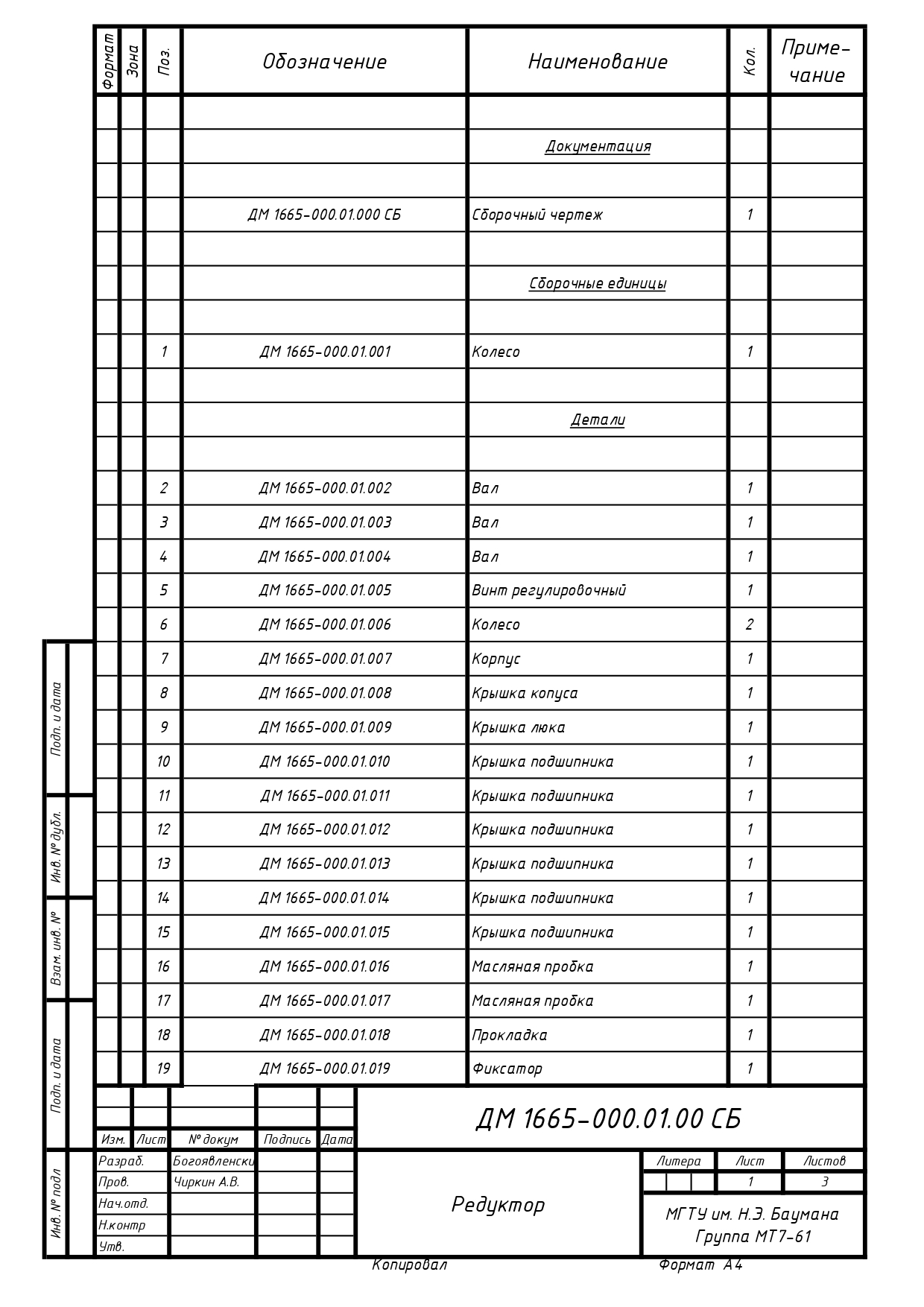
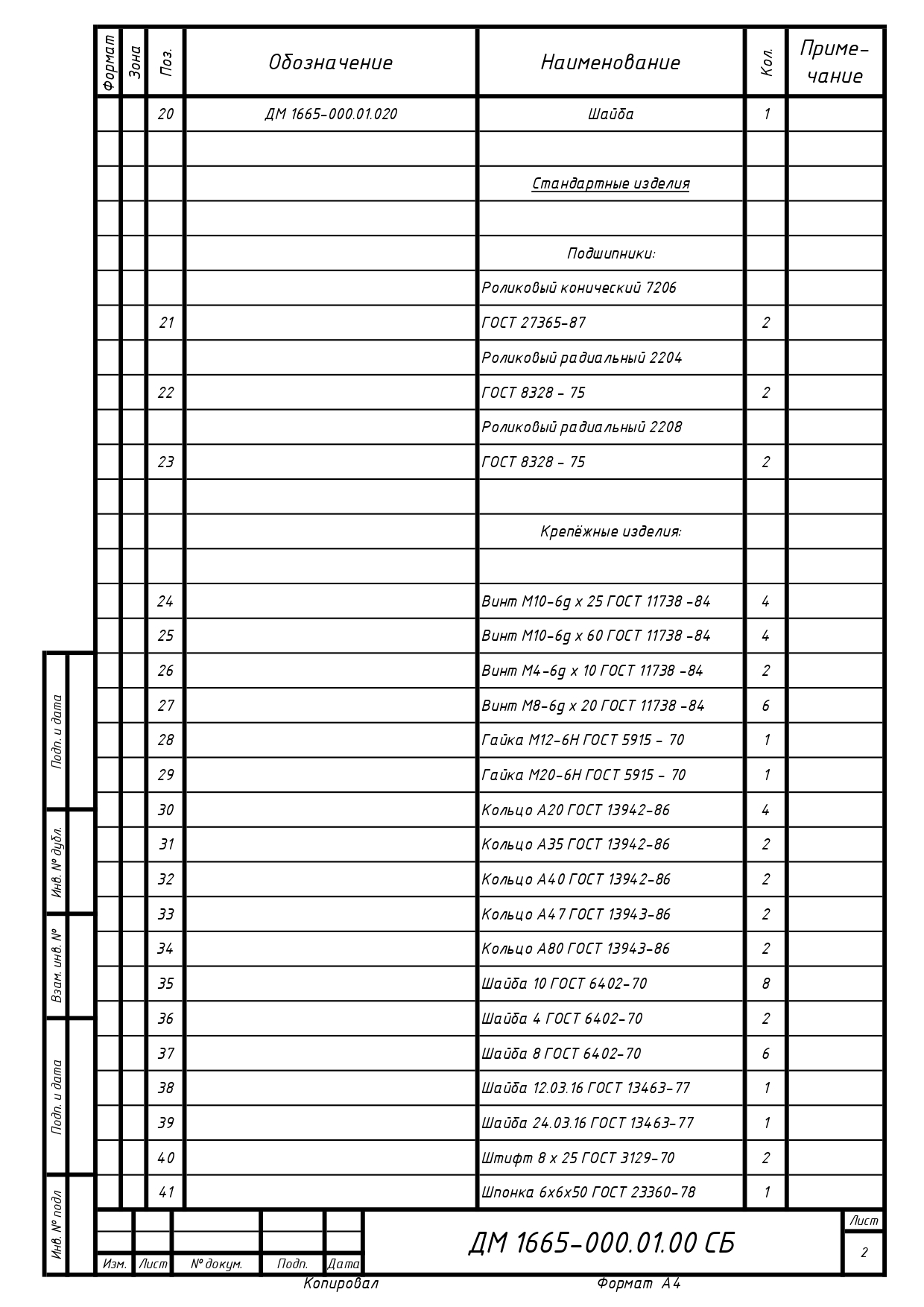


Рисунок 1 – Редуктор (чертеж сборочный)





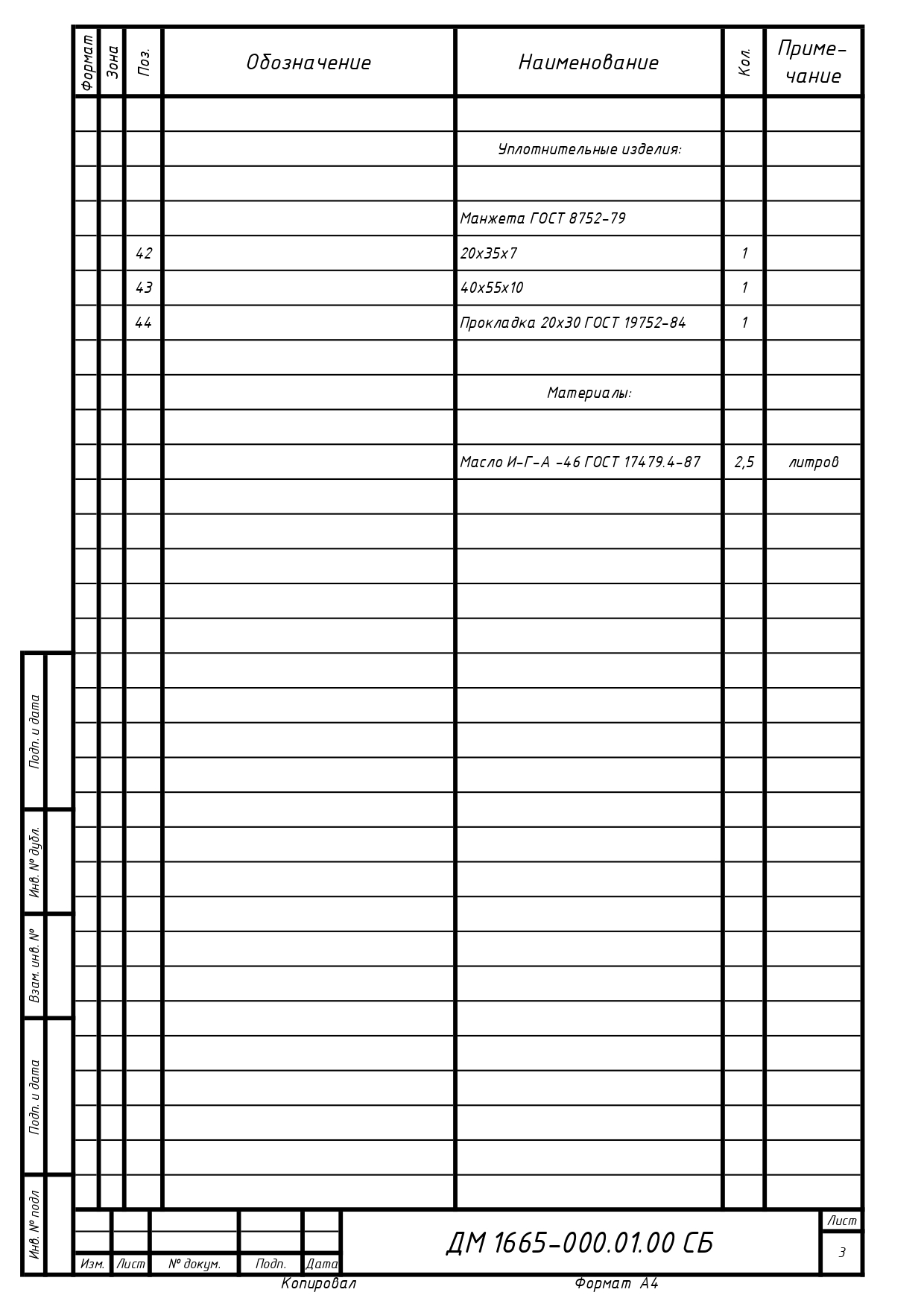


Таблица 1. Спецификация на редуктор.

Редуктор состоит из следующих основных деталей (таблица 1):

- корпус редуктора (поз. 7);

- быстроходный вал-шестерня (поз. 4);

- промежуточный вал (поз. 3);

- тихоходный вал (поз. 2);

- колесо зубчатое тихоходной ступени (поз. 1);

- колесо зубчатое промежуточной ступени (поз. 12).

Помимо вышеперечисленных позиций, в редуктор входят: подшипники, закладные крышки, крышка корпуса редуктора, пробка для слива масла с магнитом, манжеты и крепежные изделия.

## 1.2 Анализ основных технических требований и разработка схем их проверки

Анализ технических требований на сборку цилиндрического редуктора:

1. Для корректной работы цилиндрического редуктора при его сборке необходимо обеспечить посадки сопрягаемых цилиндрических поверхностей, указанные на сборочном чертеже.

Наиболее точные посадки это:

- Посадка зубчатых колес на валы выполнена по 6-му, 7-му и 8-му квалитетам (посадки H7/s6, H8/x8, R7/k6 применяются в соединениях, подверженных переменным нагрузкам, ударам и вибрациям). Отверстие зубчатого колеса является посадочной поверхностью при сборке узла, такая посадка назначена с целью недопущения перекосов и заеданий при установке зубчатого колеса на вал.

- Посадка внутренних колец подшипников выполнена по 5-му квалитету для тихоходного вала и по 6-му для промежуточного и быстроходного (k5 и k6).

- Посадка наружных колец подшипников в корпус редуктора или закладные крышки выполнена по 7-му квалитету (H7) – посадка с зазором.

- Посадка закладных крышек с манжетным уплотнением на валы – по 9-му квалитету (d9) (при сборке возникают радиальные смещения крышек валов относительно осей отверстий в пределах посадочного зазора. Это приводит к тому, что уплотнения манжет становятся несоосным осям вращения соответствующих валов, что приводит к ненадежной работе манжеты и следствием этого является вытекание масла).

- Посадка колеса и детали на шпонку – 6Р9/h9 и 4Р9/h9. Посадка с гарантированным зазором.

- Болты на крышки затягивать с усилием 10,5 Н·м.

2. При запрессовке на вал подшипников нужно добиться плотности прилегания внутреннего кольца к заплечику вала, чтобы исключить возможный перекос кольца в процессе работы редуктора. Для контроля плотности прилегания используется щуп толщиной 0,02 мм.

3. Для компенсации теплового удлинения вала во время работы редуктора (что обеспечит его вращение без заклинивания) важно предусмотреть осевые зазоры в подшипниках.

4. Осевой зазор в подшипнике измеряется щупом, который вставляют между торцем одного из роликов и бортом наружного кольца после разборки блока подшипника. Измерения производят в трех местах при повороте наружного кольца вокруг оси. За осевой зазор принимают его минимальное значение. Осевой зазор в подшипнике можно определять в собранном виде на приборе или на приспособлении (рис. 2). Для этой цели на плиту прибора устанавливают бортовое внутреннее кольцо (поз. 10) - бортом вниз. На кольцо устанавливают блок измеряемого подшипника, а на его ролики - прижимное кольцо (поз. 9), закрепляемое гайкой (поз. 6). При помощи рычага (поз. 1) поднимают и опускают наружное кольцо; штифт индикатора, упираемый в конец наружного кольца, определяет осевой зазор. В этом случае за осевой зазор в подшипнике принимают наименьшее значение из трех измерений при повороте наружного кольца на 120° вокруг оси.

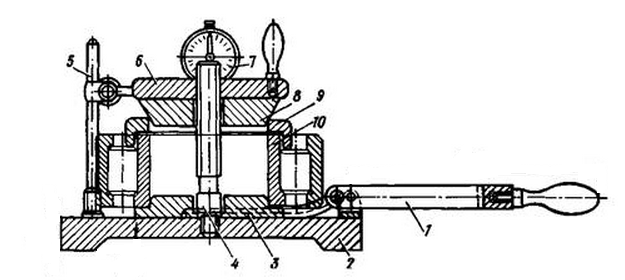


Рисунок 2 – Приспособление для измерения осевого зазора: 1 – рычаг; 2 – плита; 3 – основание; 4 – стойка; 5 – стойка штатива; 6 – гайка; 7 – индикатор; 8 – направляющий конус; 9 – прижимное кольцо; 10 – внутреннее кольцо измеряемого подшипника

5. Контроль пятна контакта зубьев.

Основной причиной неправильного пятна контакта зубьев по длине является обычно непараллельность и перекос осей отверстий в корпусе или те же погрешности в узле колесо-вал. Нарушение контакта зубьев по высоте – результат неправильного их профиля, что приводит более быстрому износу зубьев колеса. Неправильное пятно контакта зубьев по длине приводит либо к увеличенному зазору между зубьями (нарушение плавности передачи), либо к уменьшенному зазору (возможность заклинивания передачи). Также следует контролировать твердость поверхностного слоя зубьев, для этого необходимо соблюдать необходимые условия термообработки и нормализации. Нарушение приведет к более быстрому износу зубьев колеса.

Для контроля по пятнам контакта боковые поверхности зубьев малого колеса окрашивают тонким слоем краски (берлинской лазурью, синькой и др.) и вращают колесо на два - четыре оборота в одну и другую сторону. При нормальном зацеплении пятна контакта располагаются в среднем участке боковой поверхности. У зубчатых передач средней точности пятна контакта охватывают 0,45…0,5 высоты зуба и 0,6...0,7 длины зуба.

6. Установка колёс и шестерен на промежуточный вал регулируется методом групповой взаимозаменяемости.

7. Для контроля валов со шпоночными пазами применять поэлементный калибр-скобу ПР и НЕ для наружного диаметра вала d: поэлементный пазовый калибр ПР и НЕ для ширины пазов; поэлементный калибр-глубиномер ПР и НЕ для контроля глубины паза.

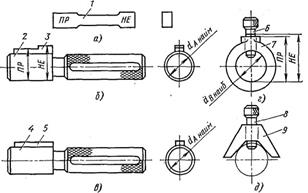


Рисунок 3. Пример поэлементного калибра

8. Для всех валов выбираем измерительные средства, необходимые для контроля всех линейных и угловых размеров и шероховатости поверхностей. Для контроля шероховатости поверхностей подшипниковых шеек, выполненных по 6 квалитету, принимаем профилометр (ГОСТ 19300-73) типа А II модели 296. для контроля шероховатости остальных поверхностей вала применять образцы сравнения параметров шероховатости.

9. Отклонения от круглости измерять на кругломерах.

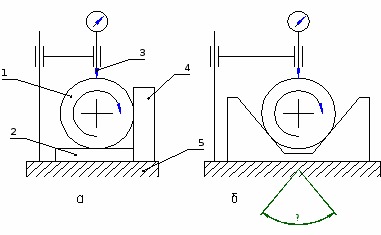


Рисунок 4. Схема кругломера

11. Измерение отклонения от соосности шеек вала относительно общей оси выполняется в крайних сечения детали 1 с помощью двух измерительных головок 2. Величина отклонения от соосности будет равна половине разности отсчета по шкале индикатора при полном обороте вала вокруг оси.

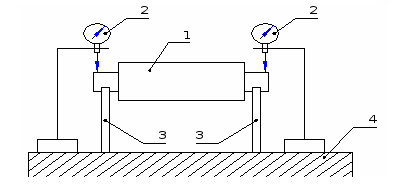


Рисунок 5. Схема измерения отклонения соосности

12. Проверка работы редуктора в сборе.

После обкатки валы любой ступени должны легко проворачиваться от руки без заеданий. Если после обкатки в обоих направлениях вал проворачивается от руки туго, то это значит, что неверно подобраны толщины прокладок, регулирующих зацепление. При плохой регулировке будет происходить повышенное трение в зацеплении, крошение зуба колеса, не будет плавности передачи, будет возникать повышенный шум.

## 1.3 Анализ технологичности конструкции узла с расчетом показателей технологичности

Компоновка данного редуктора является относительно простой. Сборку можно осуществлять из предварительно собранных узлов. Корпус редуктора (рис.1 поз.7) имеет технологическую базу, обеспечивающую достаточную устойчивость в процессе сборки. Нет необходимости в использовании специальных приспособлений. При сборке возможно осуществлять подвод винто-гайковертов к местам соединения деталей (для сокращения времени сборки). Помимо этого, можно легко заменять быстро изнашиваемые детали детали (подшипники, прокладки). Таким образом данную конструкцию редуктора можно считать технологичной.

Проводим количественную оценку технологичности изделия. Она выражается коэффициентом стандартизации изделия:

,

где – число сборочных единиц и стандартных сборочных единиц в изделии; – число деталей и число стандартных деталей, не вошедших .

Поскольку , то изделие стандартизировано.

Коэффициент сборности конструкции:

Поскольку , то сборка имеет некоторые затруднения.

На основании вышеизложенных качественных и количественных оценок технологичности редуктора, его можно считать технологичным для условий данного типа производства.

## 1.4 Выбор методов достижения точности сборки и расчет размерных цепей

На рисунке 4 представлена схема вала, зафиксированного в двух опорах. Данная схему применяют с определенными ограничениями по расстоянию между опорами – это связано с изменением зазоров в подшипниках вследствие нагрева деталей при работе. При нагреве подшипников зазоры в них уменьшаются, а при нагреве вала его длина увеличивается. Вследствие увеличения длины вала осевые зазоры в подшипниках уменьшаются. Во избежание защемления вала в опорах, при сборке предусматривается осевой зазор (Δ). Значение зазора должно быть несколько больше ожидаемой тепловой деформации подшипников и вала. Из опыта эксплуатации известно, что в узлах с радиальными шарикоподшипниками Δ = 0.2…0.5 мм.

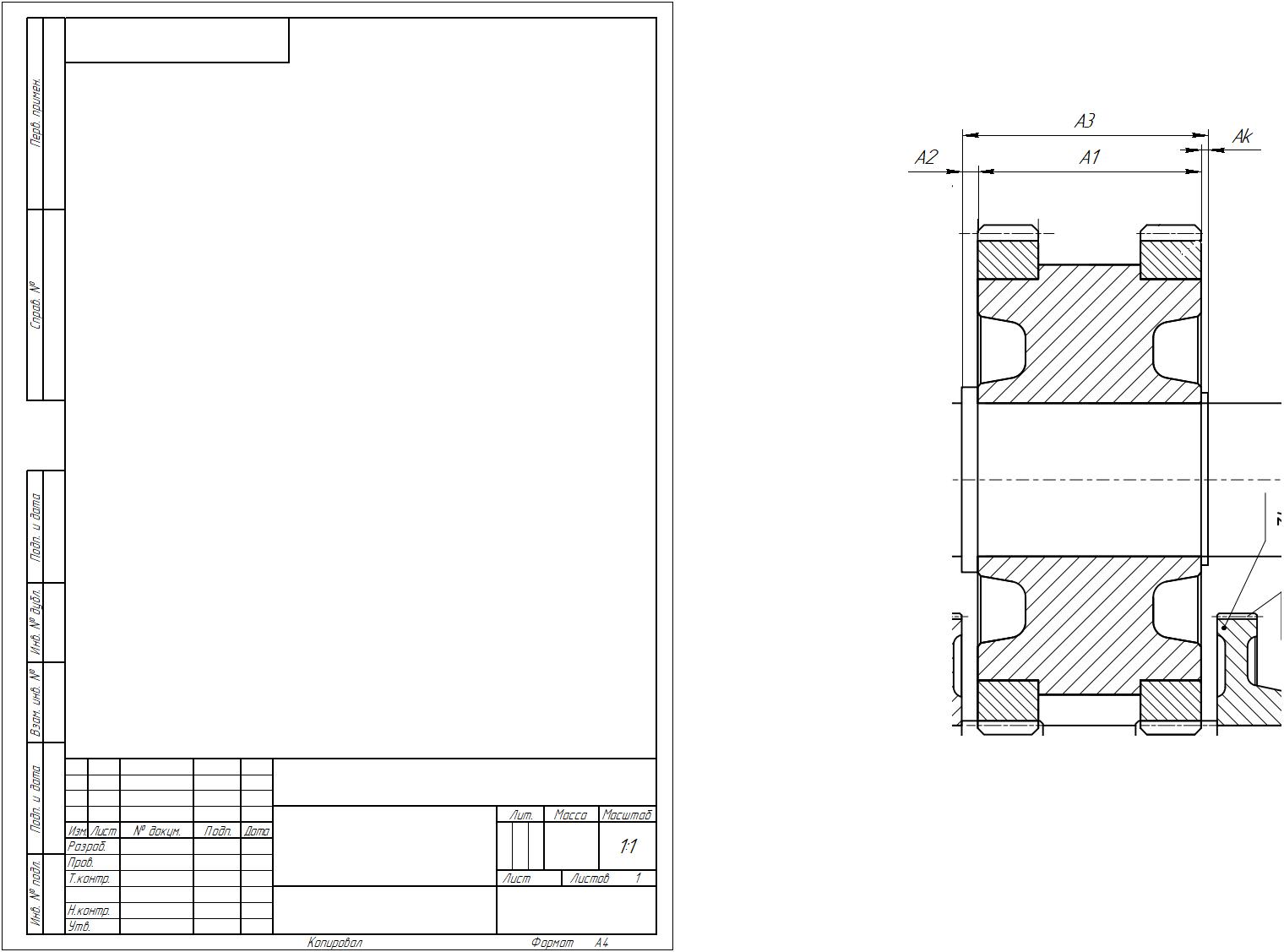


Рисунок 6 – Расчет размерной цепи

Регулирование осевого положения вала-шестерни выполняют изменением толщины прокладки (размер ). Толщину и число прокладок определяют из решения размерной цепи.

Исходные данные:

- высота колеса: ;

- высота борта: ;

- расстояние между кольцом и бортом:;

Номинальный размер компенсатора определяют из уравнения:

где – номинальные размеры увеличивающих и уменьшающих звеньев цепи.

0 = (70+5) – 77 +

Таким образом:

Верхнее отклонение компенсатора можно найти из соотношения:

– верхнее отклонение увеличивающего размера; – нижнее отклонение уменьшающего размера; верхнее отклонение замыкающего размера.

0,2 = (0,31+0,15) – (-0,31) -

0,57 мм

Максимальный и минимальный размеры компенсирующего звена:

Число регулировочных прокладок:

где – диапазон регулирования; - допуск на размер замыкающего звена цепи.

Толщина прокладки:

По ряду Ra 10 принимаем толщину прокладки S = 0,4 мм

Принимаем число компенсирующих прокладок N = 3

Толщина постоянной прокладки:

По ряду Ra 40 принимаем толщину постоянной прокладки равной 1,4 мм

Последовательные размеры компенсирующего звена:

## 1.5 Разработка технологических схем и эскизов сборки

Технологическая схема сборки узла составляется для использования в составлении маршрутной карты сборки, и наглядного изображения последовательности сборки.

При составлении технологической схемы сборки необходимо выбрать вариант, обеспечивающий заданную точность, простоту исполнительных сборочных механизмов, удобство сборки, надежность и производительность сборочного процесса.

Сборку редуктора осуществляется горизонтально. За базовую деталь выбран корпус редуктора (рис. 1 поз 7), так как данная деталь обеспечивает достаточную устойчивость редуктора в процессе его сборки. При разработке ТП сборки изделие необходимо разделить составные на элементы таким образом, чтобы конструктивные условия позволяли осуществить сборку наибольшего количества этих элементов независимо друг от друга.

Разделим изделие на следующие основные узлы:

а) Сборочные единицы первого порядка:

- вал тихоходный в сборе (рис. 4);

- вал промежуточный в сборе (рисунок 5);

- быстроходный вал в сборе (рисунок 6).

б) Сборочные единицы второго порядка:

- крышка закладная тихоходного вала (рисунок 7);

- крышка закладная быстроходного вала (рисунок 8).

Сборка данных узлов выполняется запрессовкой.

Ниже приведены технологические схемы сборки сборочных единиц первого и второго порядка, а также схема сборки редуктора.

Маршрутная карта общей сборки редуктора представлена в приложении 1.

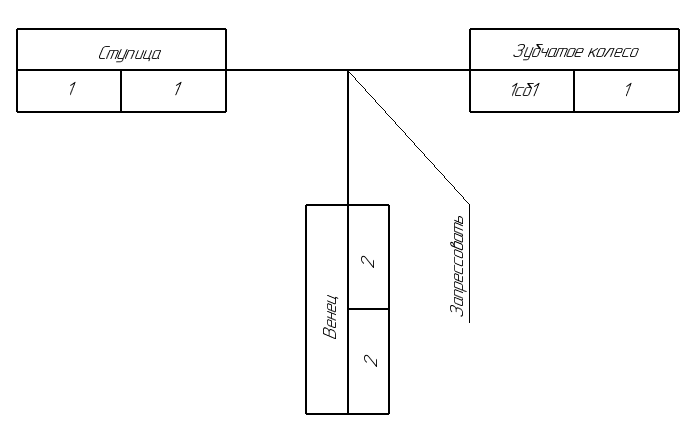


Рисунок 7. Технологическая схема узловой сборки зубчатого колеса тихоходного вала

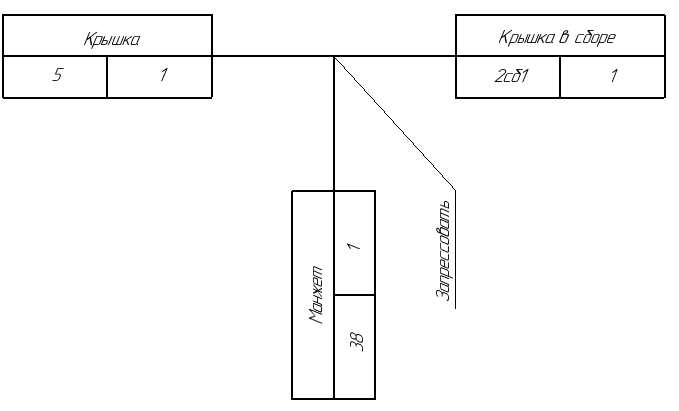


Рисунок 8 – Технологическая схема узловой сборки закладной крышки тихоходного вала

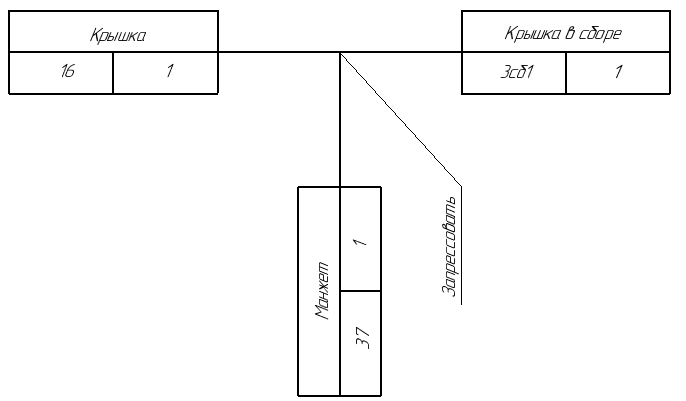


Рисунок 9 – Технологическая схема узловой сборки закладной крышки быстроходного вала

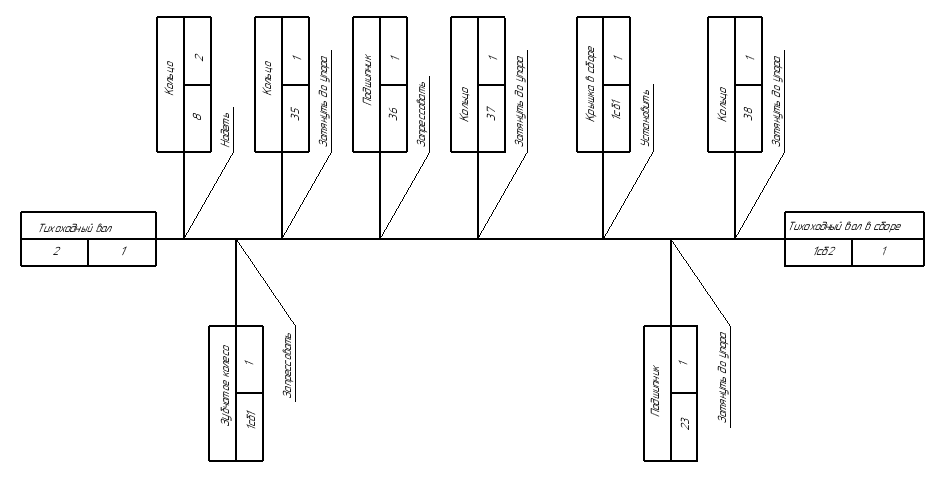


Рисунок 10 – Технологическая схема узловой сборки тихоходного вала

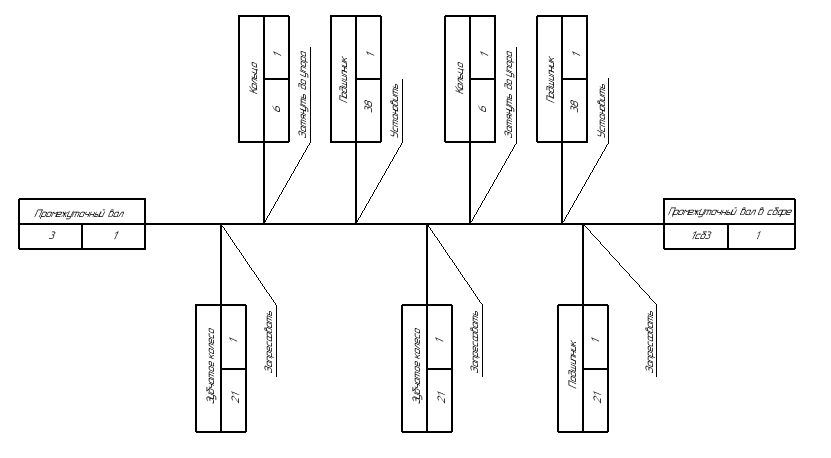


Рисунок 11 – Технологическая схема узловой сборки промежуточного вала

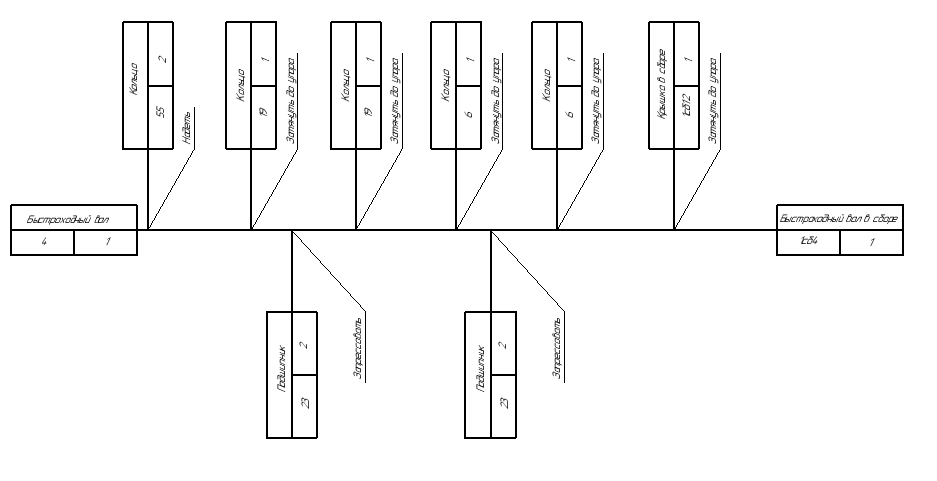


Рисунок 12 – Технологическая схема узловой сборки быстроходного вала

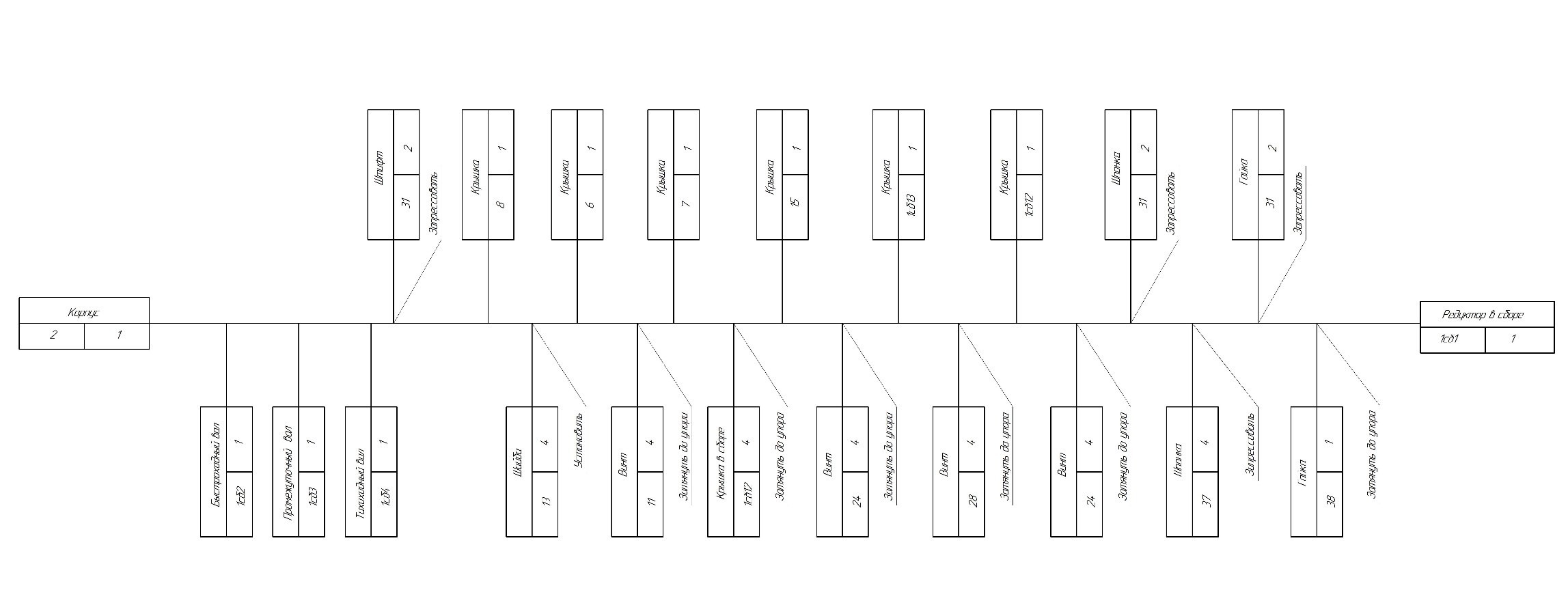


Рисунок 13 – Технологическая схема общей сборки редуктора

# Список литературы

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование. Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов. —2-е изд., перераб. и доп. — Высш. шк. , 1990. — 399 с., ил;

2. Технология сборки машин: учеб. пособие / В.В. Беспалов; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 203 с.; 3. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. Издание пятое, исправленное. — М.: Машиностроение, 1980. — 298 с.

3. Г.Н. Мельников. Технологии машиностроения. Том 1 – Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2001.

4. А.И. Кондаков. Разработка маршрутных технологических процессов - Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2003.

**Приложение 1**

Маршрутная карта общей сборки редуктора.