

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Гусеничные машины и прикладная механика»
Секция «Детали машин и прикладная механика»

СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Методические указания
к выполнению курсового проекта, лабораторных и практических работ
по курсам «Детали машин и основы конструирования»,
«Основы проектирования» для студентов направлений:
190109.65, 190110.65, 150700.62, 151900.62,
190600.62, 190700.62, 221700.62, 050100.62

Курган 2013

Кафедра: «Гусеничные машины и прикладная механика»

Дисциплины: «Детали машин и основы конструирования»,
«Детали машин», «Основы конструирования»,
«Основы проектирования», «Прикладная механика»

(направления 190109.65; 190110.65; 150700.62; 151900.62; 190600.62; 190700.62;
221700.62; 050100.62)

Составили: канд.техн.наук, доцент Л.Н. Тютрина,
канд.техн.наук, доцент Д.А. Курасов

Утверждены на заседании кафедры «11» сентября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета «7» октября 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Редуктор – это механизм, выполненный в виде отдельного агрегата, служащий для понижения угловой скорости и увеличения вращающего момента. Редукторы широко применяются в различных отраслях машиностроения и поэтому они весьма разнообразны по своим кинематическим схемам и конструктивному исполнению. Редукторы бывают с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами, а также с червячными парами. Вид и конструкция редуктора определяется типом, расположением и количеством отдельных передач (ступеней).

Целью данной работы является ознакомление с основными требованиями к конструированию червячных передач редукторов, назначением и способами регулировки узлов редуктора и определение параметров червячного зацепления, образованного стандартным режущим инструментом.

1 ОПИСАНИЕ РЕДУКТОРА

Червячные редукторы применяются для передачи вращательного движения между валами, у которых угол скрещивания осей составляет 90° . Наиболее важными характеристиками редуктора являются крутящий момент на тихоходном валу, КПД и частота вращения быстроходного вала.

Основные достоинства червячных передач – возможность реализации больших передаточных чисел в одной ступени (у силовых передач от 8 до 80, у кинематических до 1000), плавность и бесшумность в работе, возможность самоторможения.

Основным недостатком червячной передачи является сравнительно низкий КПД. К сопутствующим недостаткам следует отнести значительное выделение тепла в зоне зацепления червяка с червячным колесом, склонность к заеданию в зацеплении, необходимость применения для венцов червячных колес дорогих антифрикционных материалов, повышенный износ. Указанные недостатки ограничивают применение червячных редукторов по мощности (обычно до 80 кВт и реже до 300 кВт)

Наибольшее применение червячные редукторы находят в подъемно-транспортных машинах, в коробках передач станков, в механизмах рулевого управления транспортных средств, т.е. в механизмах периодического действия при относительно низких скоростях.

Основные кинематические схемы одноступенчатых червячных редукторов представлены на рисунке 1. На схемах быстроходный вал обозначен буквой Б, тихоходный – Т.

Наибольшее распространение получили одноступенчатые червячные редукторы. По относительному расположению червяка и червячного колеса различают три основные схемы червячных редукторов: с нижним (рисунок 1 а), верхним (рисунок 1 б) и боковым (рисунки 1 в, 1 г) расположением червяка.

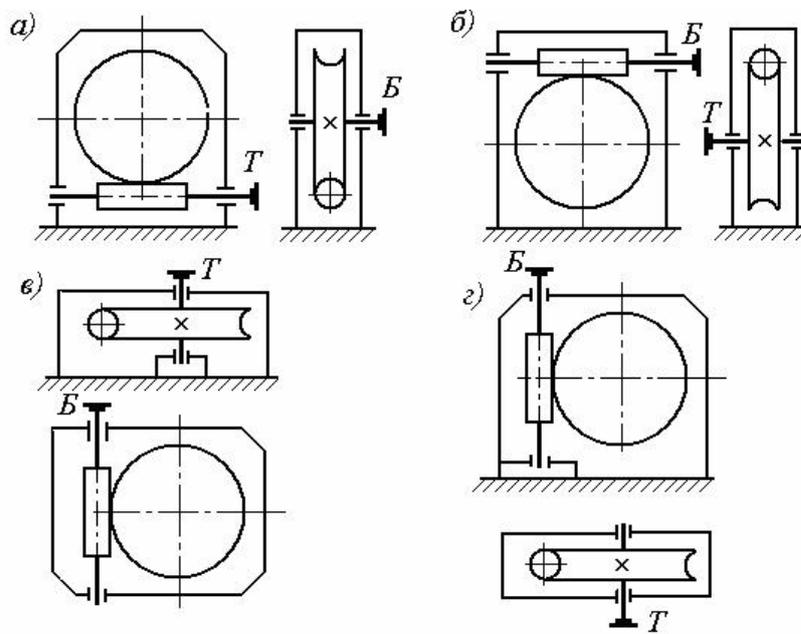


Рисунок 1 – Кинематические схемы
одноступенчатых червячных редукторов

По форме поверхности, на которой нарезают резьбу, различают цилиндрические (рисунок 2 а) и глобоидные червяки (рисунок 2 б).

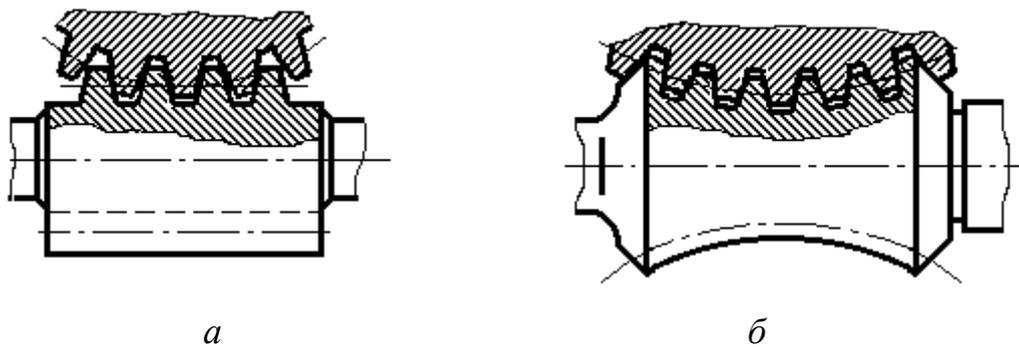


Рисунок 2 – Формы поверхности для нарезки резьбы

По форме профиля витков червяка в осевом сечении различают червяки с прямолинейным профилем (рисунок 2 а) и криволинейным (рисунок 2 б). Червяки с прямолинейным профилем называют архимедовыми червяками, так как в торцевом сечении витка получается спираль Архимеда. Червяки с криволинейным профилем называют эвольвентными, так как в торцевом сечении витка получается эвольвента.

Как и все винты, червяки могут быть одновитковыми и многовитковыми (однозаходными и многозаходными). В зависимости от передаточного числа червячной передачи число витков (заходов) червяка может быть равно 1, 2 и 4.

В червячном редукторе (рисунок 1) червячная передача состоит из червяка 1, т.е. винта с трапецеидальной или близкой к ней резьбой, и червячного колеса 2 с зубьями дуговой формы, охватывающими часть червяка. Червяк может быть расположен над колесом (при окружных скоростях до 4...5 м/с) или под колесом (при окружных скоростях до 10 м/с). Смазка зацепления осуществляется погружением части колеса или червяка в масло.

Червяк 1 выполняется из стали. Боковые поверхности витков тщательно обрабатываются (шлифуются или полируются). Часто поверхности витков червяка закаливаются до высокой твердости, при этом уменьшается опасность схватывания и заедания.

Червячное колесо в целях экономии цветных металлов выполняют сборным, состоящим из *обода (венца) 2* из антифрикционного материала (бронза, чугун) и *стального или чугунного центра 3*.

Венец посажен на центр с гарантированным натягом. При нагреве венца в процессе работы посадка может ослабнуть, т.к. коэффициент линейного расширения бронзы больше, чем чугуна или стали, поэтому стык венца и центра ввертываются *винты 4* с последующим срезанием головок.

Центр червячного колеса установлен на *вал 5* с натягом, чтобы предотвратить угловые колебания средней плоскости колеса относительно оси червяка.

Опоры червяка и вала колеса выполнены в виде подшипников качения. Назначение опор – удерживать вращающиеся детали в нужном для правильной работы взаимном положении.

В червячном зацеплении при работе возникает сила, которая может быть представлена тремя взаимно-перпендикулярными составляющими (рисунок 2). Все силы с подвижных деталей передаются на неподвижный корпус через элементы качения, что уменьшает потери энергии на трение. Осевая сила F_{2a} , действующая на колесо, передается на корпус через *внутреннее кольцо подшипника б*, *ролики б_а*, *наружное кольцо б_б*, *крышку 7* и *винты 8* (рисунок 1).

В червячных редукторах используются такие подшипники качения, которые способны воспринимать радиальную и осевую нагрузки.

Червяки с небольшим расстоянием между опорами в редукторе малой тепловой напряженности устанавливаются на радиально-упорных подшипниках по одному в опоре (рисунок 1). При больших расстояниях между опорами червяка, при частом реверсировании и высокой температуре нагрева осуществляют осевую фиксацию в одной опоре (ставят два радиально-упорных подшипника), а в другой опоре ставят плавающий в осевом направлении радиальный подшипник (рисунок 3).

Уплотнения 11 (рисунок 1) ставят в крышках, через которые выходят концы валов. Назначение уплотнений – предотвратить попадание механических частиц внутрь редуктора, а также предотвратить вытекание смазки из редуктора. Уплотнение может осуществляться войлочными кольцами или резино-металлическими манжетами. В отдельных случаях в редукторах с верхним расположением червяка для уплотнения входного вала применяют лабиринтные и щелевые уплотнения.

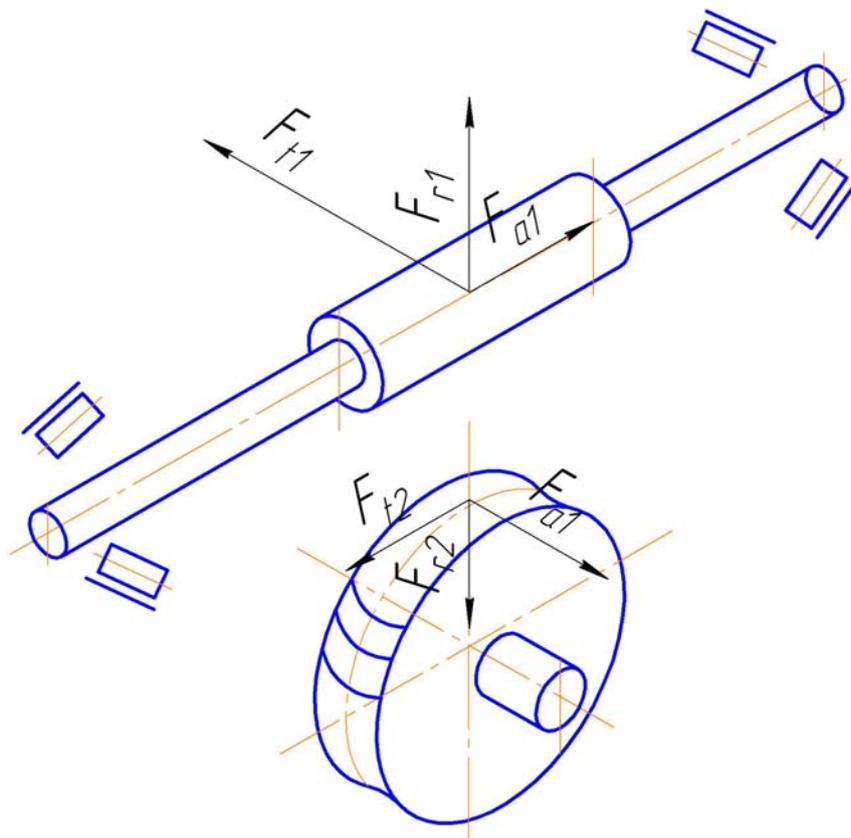


Рисунок 2 – Силы, действующие в червячной передаче

Корпус редуктора 9 (рисунок 1) выполняют из чугуна или алюминиевого сплава. Конструкция корпуса должна обеспечивать легкую установку в него узлов червяка и червячного колеса, а также возможность регулирования зацепления.

Часто корпус редуктора делают разъемными по горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала колеса. В редукторе (рисунок 1) корпус неразъемный. Для постановки колеса в корпус (с валом и подшипниками) с боков корпуса сделаны отверстия с диаметром, большим диаметра колеса. Отверстия закрыты крышками.

Корпус одновременно служит и резервуаром для масла. Для контроля уровня масла служит щуп 15. Пробка 14 предназначена для слива масла.

Крышка 12 закрывает люк через который наблюдают пятно контакта зубьев червяка и колеса при регулировке правильности зацепления.

В крышке 10 в рукоятке сделаны отверстия для выравнивания давления воздуха внутри корпуса по отношению к наружному. В противном случае при нагревании во время работы воздух выдавливался бы через уплотнения и на корпусе образовывались масляные подтеки.

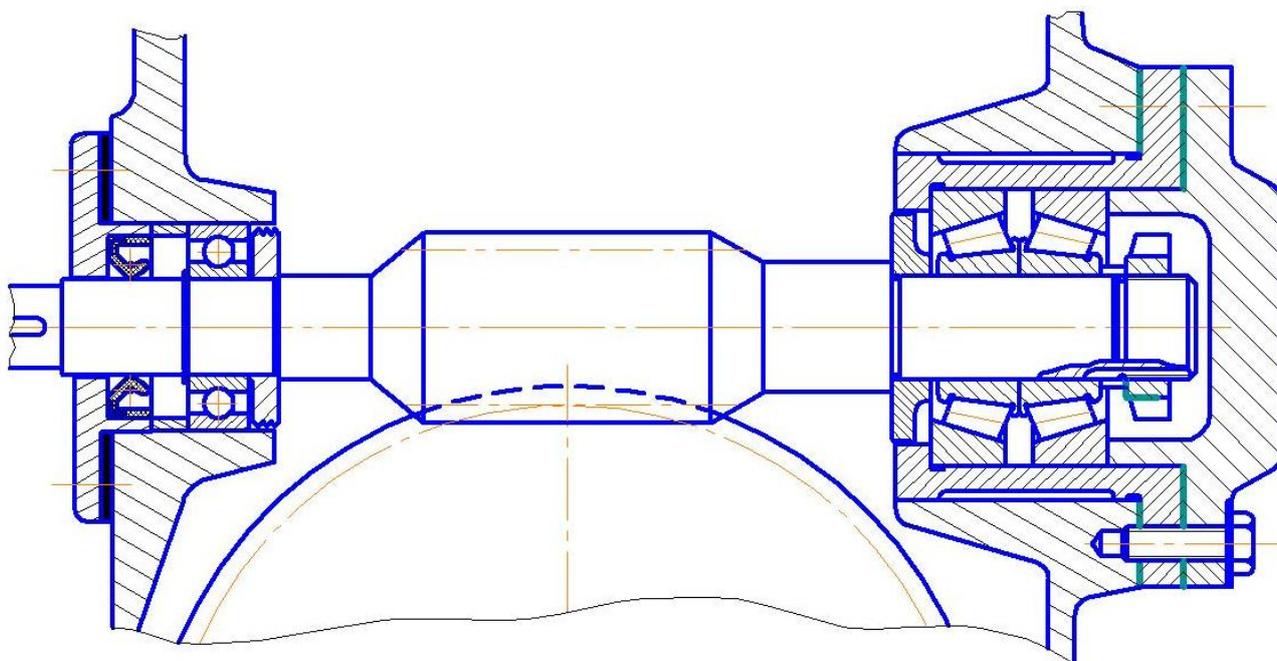


Рисунок 3 – Способ установки подшипников в червячной передаче

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

а) разборка редуктора по узлам

Замеряют В и Г (рисунок 1) штангенциркулем с ножкой. Разборку редуктора производят в следующем порядке:

1 Отвертывают *винты 8* (рисунок 1) *боковых крышек 7*, снимают крышки и вынимают червячное колесо с валом. Если крышки в корпусе поставлены с натягом, их вынимают заворачиванием двух винтов в *резьбовые отверстия 13* крышек до упора в корпус.

2 Отвертывают *винты 16* *крышек 17, 18*, снимают крышки и вынимают червяк с подшипниками.

3 Подшипники качения и червячное колесо с валов не снимаются. *Наружные кольца подшипников б_о* из *крышек 7* не выпрессовывают.

4 Отвертывают винты и снимают *крышки 10, 12*.

5 Отвертывают *пробку 14*, вынимают *маслоуказатель 15*.

6 Знакомятся с конструкцией и назначением деталей (раздел 2).

б) определение параметров зацепления с архимедовым червяком

Расшифровка выполненного червячного зацепления является сложной операцией и требует точных замеров на специальных измерительных приборах. Но параметры червячного зацепления с архимедовым червяком, изготовленного стандартным режущим инструментом, можно определить через

замеры отдельных элементов червяка и колеса обычным штангенциркулем. Измерение элемента нужно производить несколько раз. Разность между максимальным и минимальным значениями будет указывать на возможную ошибку при определении параметров зацепления (точность измерения). Можно предложить следующий порядок определения параметров зацепления.

1 Измеряется штангенциркулем два-три раза межосевое расстояние a_w через размеры В, Г (рисунок 1) и округляется до стандартного, если оно лежит в пределах точности измерения (таблица 1 или 2).

Таблица 1 – Сочетание модулей m и коэффициентов диаметров q при $Z_1 = 1; 2; 4$ (по ГОСТ 2144-43)

Модуль m , мм	(2)	(2,5)	3	(3,5)	4	(4,50)	5	6	(7)	8	(9)	10
q	13	12	12	12	11	11	10 (12)	9 (11)	9 (11)	8 (11)	8 (11)	8 (11)
Ряд межосевых расстояний a_w , мм	80, 100, 125, 160, 180, 250, 315 и т.д.											
Примечание. В скобках – допустимые сочетания.												

2 Измеряется два-три раза осевой шаг P (рисунок 4) и диаметр d_{a1} червяка, диаметр выступов d_{a2} колеса в средней плоскости.

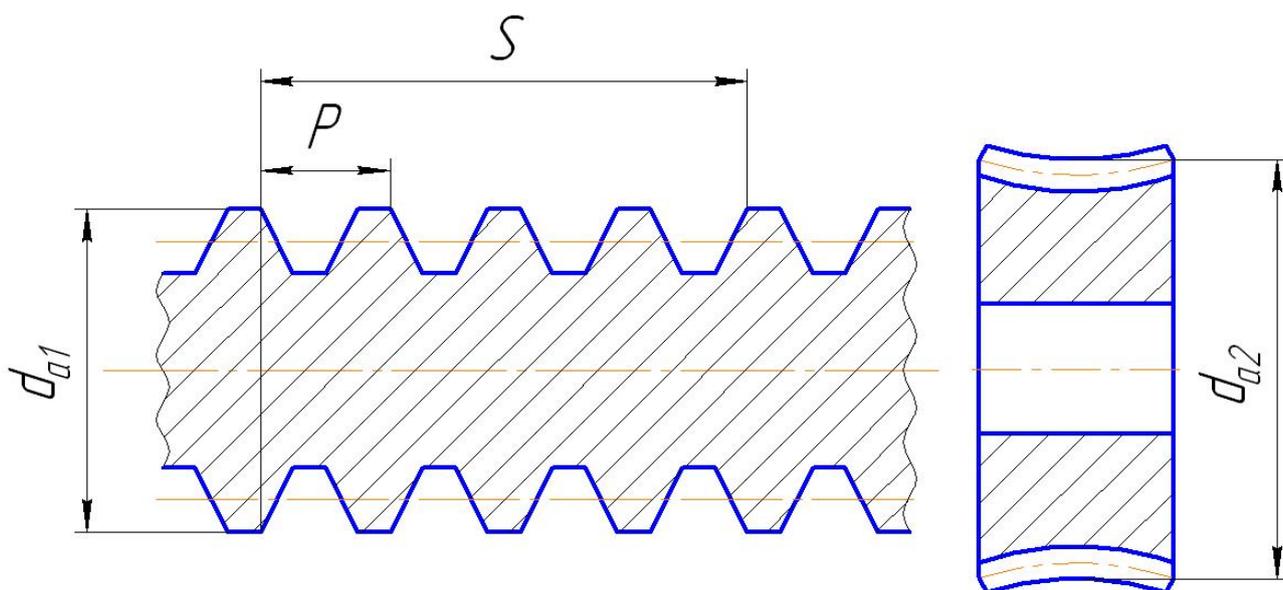


Рисунок 4 – Параметры для замера в червячной передаче

3 Определяется модуль зацепления (осевой) в мм:

$$m = P/\pi,$$

Таблица 2 – Сочетание модулей m коэффициентов диаметров q при $Z_1 = 1; 2; 4$ (по ГОСТ 2144-76)

Модуль m , мм	2	2,5	(3)	3,5	4	5	(6)	6,3	8
q	8,0 (12,0) 15,5 16,0 20,0	8,0 10,0 (12,0) 15,5 16,0	(10,0) (12,0)	8,0 10,0 12,5	8,0 (9,0) 10,0 (12,0) 12,5 16,0 20,0	8,0 10,0 12,5 16,5 20,5	(9,0) (10,0)	8,0 10,0 12,5 14,0 16,0 20,0	8,0 10,0 12,5 16,0 20,0
Ряд межосевых расстояний a_w , мм	1-й ряд: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315 2-й ряд: 140, 180, 225, 280, 355, 450								
Примечание: 1 В скобках – допустимые сочетания; 2 1-й ряд a_w является предпочтительным.									

а также число модулей q в диаметре делительной окружности червяка d_1 :

$$q = d_1/m,$$

где

$$d_1 = d_{at} - 2h_a^* m,$$

h_a^* – коэффициент высоты головки зуба основной рейки $h_a^* = 1,0$, реже $h_a^* = 0,8$.

Значения m и q округляют до стандартных, если они лежат в пределах точности измерения (таблицы 1 и 2).

4 Подсчитывают число зубьев колеса Z_2 и число заходов червяка Z_1 . Определяют передаточное число:

$$u = Z_2/Z_1.$$

5 Определяют межосевое расстояние:

$$a_w = (m (q + Z_2)/2) + mx,$$

где $x = \frac{2 \cdot a_w - m(q + Z_2)}{2 \cdot m}$ – смещение в червячном зацеплении.

При отклонениях значений m , q , a_w от стандартных, выходящих за пределы точности измерения, можно полагать, что в конструкции они выбраны нестандартными и для их определения требуются точные измерения на специальных приборах.

в) сборка редуктора

Рациональная конструкция редуктора позволяет осуществлять узловую сборку. Собираются отдельно узлы, требующие применения пресса (колесо, вал, подшипники, а также червяк). Далее собранные узлы монтируются в корпусе редуктора без особых усилий.

В данной работе производится только монтаж узлов в корпусе и их регулировка. Перед сборкой зубья колеса протираются, чтобы убрать следы краски от предыдущей сборки. Сборка производится без смазки деталей (в отличие от производственных условий).

Сборка производится одновременно с регулировкой осевого люфта подшипников качения и проверкой правильного зацепления.

Порядок сборки:

1 Устанавливают *боковую крышку 7* редуктора и предварительно заворачивают два *винта 8* по диагонали.

2 Устанавливают колесо с валом и закрывают второй *боковой крышкой 20*. Прижимая крышку рукой или предварительно закрепив двумя винтами по диагонали, определяют щупом зазор δ между фланцем *крышки 7* и *корпусом 9* (рисунок 5).

3 Из набора подбирают *кольцевые прокладки 19*, так, чтобы в сумме они составляли толщину $(\delta + 0,1)$ мм.

4 Делят прокладки примерно две равные части δ_1 и δ_2 по толщине и ставят под *боковые крышки 7 и 20* (рисунок 1). Затягивают все болты. При этом вал колеса не должен иметь осевого люфта и в то же время должен свободно проворачиваться рукой. В противном случае следует уменьшить или увеличить на одну прокладку. Осевые перемещения валов измеряются индикатором.

Величина осевого зазора упорных подшипников, устанавливаемых без преднатяга, зависит от их размеров. Например, для роликоподшипников с внутренним диаметром до 30 мм осевой зазор 0,03-0,1 мм, с диаметром от 30 до 50 мм – 0,04-0,11 мм.

5 На боковую поверхность червяка наносится тонкий слой краски. Вал червяка собирается в такой же последовательности, как вал колеса (пункты 2, 3, 4).

6 Ставят на место остальные детали, кроме *крышки 12* (рисунок 1).

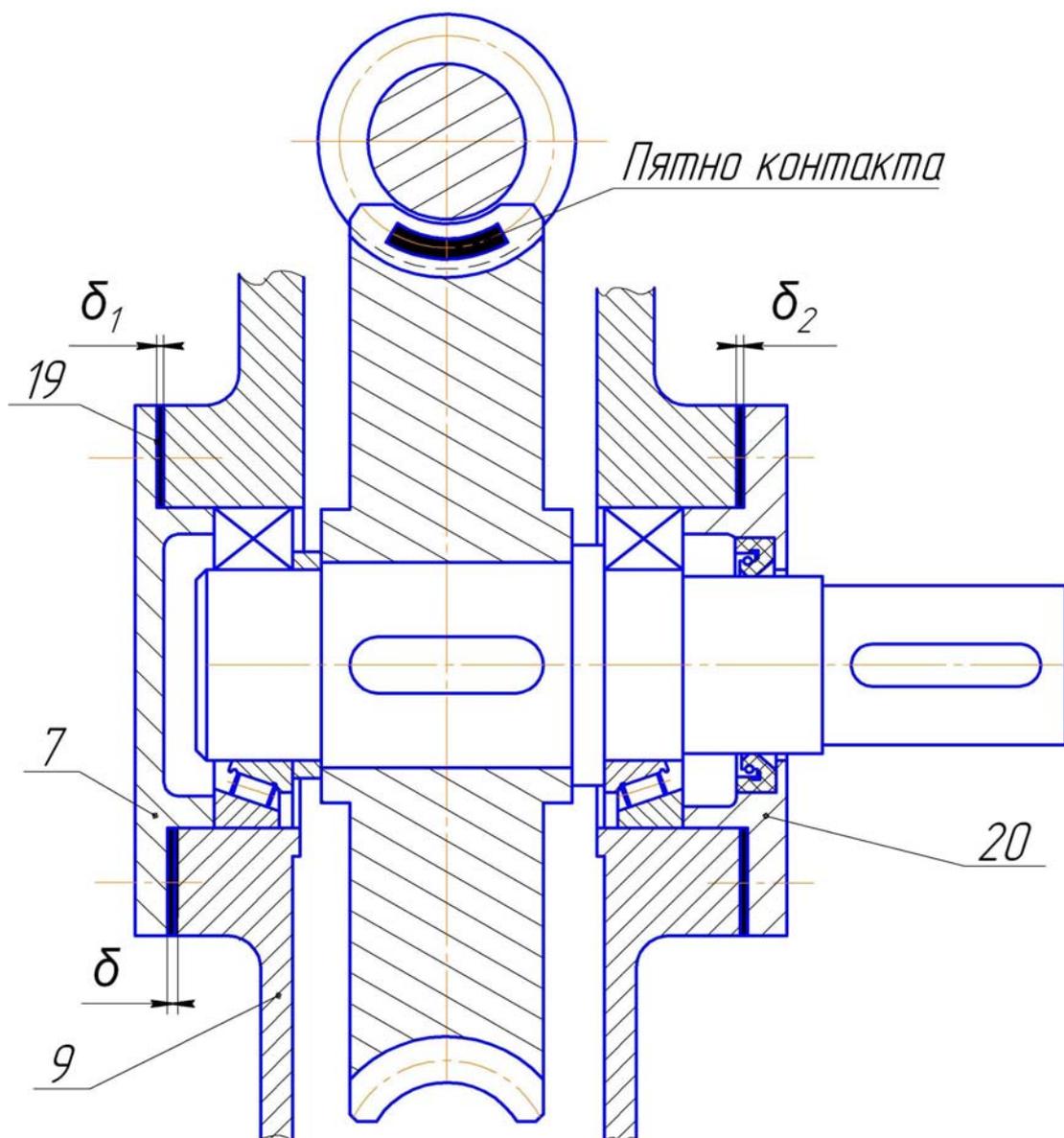


Рисунок 5 – Регулировка зацепления в червячной передаче

г) проверка правильности зацепления

Для правильного зацепления необходимо, чтобы средняя скорость червячного колеса проходила через центр червяка (рисунок 4). Это определяется по пятну контакта. Для этого за рукоятку 21 проворачивают червяк, создавая рукой реактивный момент на валу колеса. Через люк 12 наблюдают пятно контакта. Если оно примерно симметрично относительно главной плоскости (рисунок 5), то зацепление правильное; если оно смещено вправо (рисунок 6 а) или влево (рисунок 6 б), то необходимо с противоположной стороны из-под крышки вынуть одну прокладку δ , и поставить под крышку на другой стороне. При этом колесо и подшипниками относительно корпуса переместится в сторону постановки прокладки. После этого вновь проверяют пятно, контакта. Перестановку прокладок ведут до симметричного расположения пятна контакта.

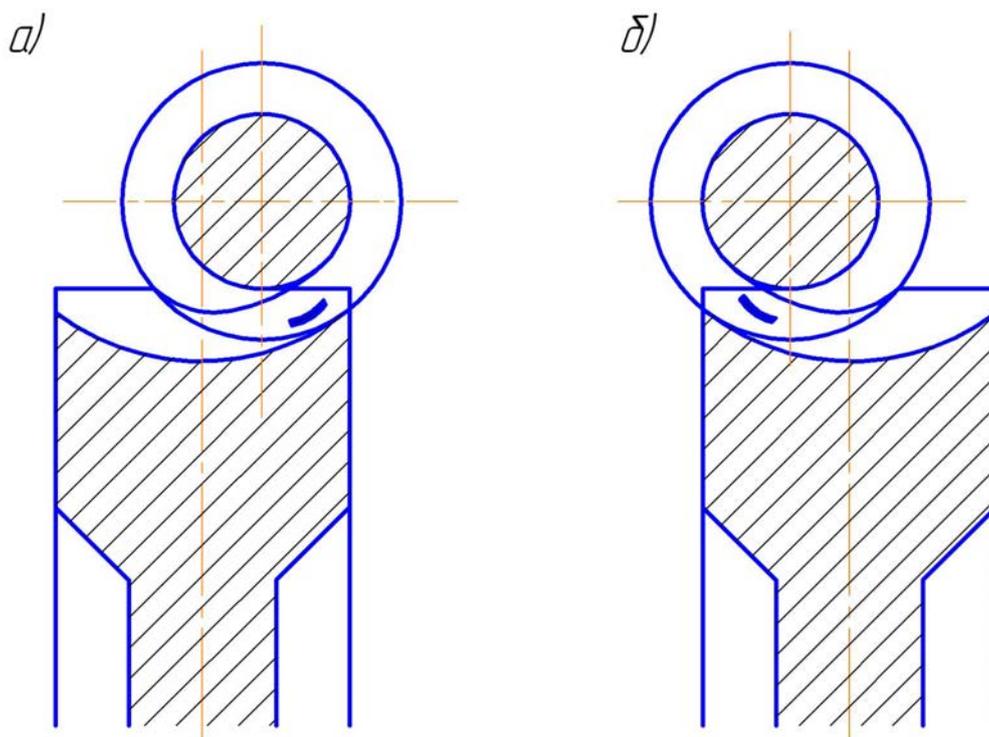


Рисунок 6 – Регулировка зацепления по пятну контакта

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Из каких материалов выполняют червяки и венцы червячных колес?
- 2 Покажите, через какие детали передается осевая составляющая усилия на червяке на корпус.
- 3 Что такое коэффициент диаметра червяка?
- 4 Опишите порядок регулировки червячной передачи по пятну контакта.
- 5 Каково назначение прокладок под крышками подшипников червячного колеса?
- 6 Что такое осевой модуль червяка?
- 7 Каким образом определить уровень масла в редукторе?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дунаев, П. Ф. Детали машин: Курсовое проектирование [Текст] : учебное пособие для студентов учреждений среднего профобразования, обучающихся по машиностроительным специальностям / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 5-е изд., доп. - М. : Машиностроение, 2004. – 560 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя [Текст] : в 3 т. Т.1 / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.
- 3 Чернавский, С. А. Курсовое проектирование деталей машин [Текст] : учебное пособие для учащихся машиностроительных специальностей средних специальных учебных заведений/ С. А. Чернавский [и др.]. – 3-е изд., стереотип. Перепечатка с изд 1987. - М. : Альянс, 2005. - 415с.

Тютрина Лариса Николаевна

Курасов Дмитрий Алексеевич

СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Методические указания
к выполнению курсового проекта, лабораторных и практических работ
по курсам «Детали машин и основы конструирования»,
«Основы проектирования» для студентов направлений:
190109.65, 190110.65, 150700.62, 151900.62,
190600.62, 190700.62, 221700.62, 050100.62

Редактор Е.А. Могутова

Подписано к печати 11.12.13	Формат 60 x 84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл.печ.л. 1,0	Уч.-изд.л. 1,0
Заказ 208	Тираж 25	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.