СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Введение. | 4 |
| 2 | 1.Принцип работы гироскопического стабилизатора. | 11 |
| 3 | 2.Описание чувствительного элемента ГВК-16 | 12 |
| 4 | 3.Уравнения движения ГС | 16 |
| 5 | 4.Расчет возмущающих моментов, действующих вокруг осей стабилизации. | 19 |
| 6 | 5.Выбор двигателя разгрузки. | 29 |
| 7 |  |  |
| 8 | 6.Расчёт устойчивости. | 31 |
| 9 | 7.Расчет статической и динамической точности стабилизации. | 36 |
| 1 | 8.Описание электрической схемы.  Технологическая часть | 38  41 |

**Введение**

Гиростабилизатор – это прибор, предназначенный для сохранения углового положения некоторого объекта и управления этим положением. Гиростабилизаторы представляют собой замкнутую систему по моменту, т.е. задача заключается в компенсации возмущающих моментов действующих на платформу.

Гиростабилизатор может работать в двух режимах: в режиме стабилизации и в режиме управления.

**Классификация гиростабилизаторов**:

**1. По роли гироскопа в процессе стабилизации:**

—Силовые ГС: возмущающие моменты уравновешиваются гироскопическим моментом гироблока и моментом, создаваемым приводом разгрузки. Постоянные или медленно изменяющиеся моменты уравновешиваются в основном моментом привода разгрузки, а знакопеременные, особенно быстро изменяющиеся, уравновешиваются как приводом разгрузки, так и гироскопическим моментом, а при высоких частотах изменения момента еще и инерционным моментом самой платформы. Для силовых ГС требуются гироскопы с высоким кинетическим моментом .

—Индикаторно - силовые ГС: силовая роль гироскопов снижена. Наличие у гироскопа большого кинетического момента не является обязательным.

— Индикаторные ГС: гироскопический момент практически не участвует в непосредственной компенсации возмущающих моментов и их подавление определяется в основном приводом разгрузки, который должен выбираться из условия уравновешивания всех возмущающих моментов.

**2. По типу чуствительного элемента :**

— ГС на двухстепенных гироскопах.

— ГС на трехстепенных гироскопах.

— ГС на датчиках угловых скоростей.

— ГС на датчиках угловых ускорений.

**3. По количеству осей стабилизации :**

— Одноосные ГС.

— Двухосные ГС.

— Трехосные ГС.

**4. По типу привода :**

— Электромеханические.

— Пневматические.

— Гидравлические.

— Реактивные.

Гироскопические стабилизаторы применяются в различных областях техники: в авиации, на морских судах – для целей навигации и автоматического управления движением корабля; в артиллерии, танках - для определения курса и стабилизации прицелов и орудий на заданном направлении; в горнорудной и нефтяной промышленности – при прокладке шахт и тоннелей, при бурении нефтяных скважин и т.д.

Наклонно направленное бурение постепенно становится основным видом как на суше, так и на море при проходке скважин со стационарных морских платформ. Одновременно существует тенденция повышения требований к точности попадания забоя скважин в заданную точку и к соблюдению проектного профиля скважины. В настоящее время последнее обстоятельство имеет большое значение, так как приходится разведывать все более глубоко залегающие месторождения.

Поэтому наряду с необходимостью повышения точности контроля пространственного положения ствола скважин очень важно использовать надежный и относительно недорогой прибор с целью уменьшения расхода материальных средств на погонный метр проходки.

**Основные задачи инклинометрии.**

Под задачей инклинометрии будем понимать контроль над положением в пространстве оси ствола наклонно направленной скважины. В результате проведения инклинометрических измерений и обработки должны быть получены данные о положении каждой точки ствола скважины в пространстве, например, в виде вертикальных и горизонтальных проекций ствола, об отклонениях фактического профиля от проектного, о положении конечного забоя и о попадании его в круг допуска.

В инклинометрию входят технические средства, методическое и математическое обеспечение. С помощью технических средств измеряют первичные параметры, позволяющие в конечном итоге определить пространственные координаты ствола, а в ряде случаев и обрабатывать информацию. Методическое обеспечение сводится к наиболее рациональному использованию технических средств и обработке данных. Задача математического обеспечения - дать алгоритмы и программы обработки первичной инклинометрической информации. Первичная информация иногда обрабатывается по простейшим тригонометрическим формулам, а иногда требует сложных вычислительных процедур, осуществимых только с использованием ЭВМ.

Принятое понятие инклинометрии несколько шире, чем это следует из самого термина. Инклинометр - это прибор, с помощью которого измеряются зенитный угол (incline - наклон) и азимут в отдельных точках ствола скважины, а инклинометрия - процесс замера с использованием инклинометра и последующее определение пространственных координат ствола.

Наряду с необходимостью повышения точности контроля пространственного положения оси ствола скважин очень важно оперативно получать инклинометрическую информацию и соответственно сокращать время, которое непроизводительно тратится на инклирометрические замеры.

Таким образом, основная задача инклинометрии - определение пространственного положения оси ствола скважины. Развитие и совершенствование инклинометрии происходит в следующих направлениях: повышение точности определения пространственного положения оси ствола скважины, и оперативности получения инклинометрической информации, снижения затрат на производство инклинометрических измерений.

*Условия эксплуатации.*

В связи с тем что инклинометр определяет профиль скважины, разрабатываемое устройство ограничено в диаметре и практически не ограничено по длине. Так как существует тенденция уменьшения диаметра скважины, целесообразно использовать миниатюрные чувствительные элементы, но при этом не терять в качестве измеряемой информации.

С учетом механических воздействий на прибор целесообразно использовать наиболее простые чувствительные элементы, способные выдержать данные перегрузки (Ударное воздействие до 30g, вибрация амплитуды 2g f=5... 500 Гц и др.).

**Выбор методов решения задачи.**

*Определение азимута.*

Существует несколько методов определения азимута. Рассмотрим основные направления этих методов: метод ориентированного спуска, метод последовательных ходов, гироскопический метод.

Метод ориентированного спуска заключается в следующем: инклинометр ориентировано спускается в скважину, после чего или ориентируется в апсидальной плоскости по встроенному в него чувствительному элементу или фиксирует свое положение относительно нее с помощью жидкостного или другого элемента. Азимут скважины определяется расчетным путем по направлению метки нанесенной на конец штанги, выступающей из скважины, с учетом углов поворота меток на концах штанг колонны и показаний инклинометра.

Основными недостатками этого метода являются сложность, трудоемкость и длительность измерения, непрерывное возрастание с глубиной ошибки измерения из-за неизбежного скручивания штанг и, как следствие, ограниченная глубина, малая точность. Однако в настоящее время для измерения направления искривления вертикально забуренных скважин малого диаметра в магнитных средах для небольших глубин этот метод является наиболее практически пригодным.

Метод последовательных ходов основан на поинтервальном измерении изменения направления апсидальной плоскости скважины с помощью тех инклинометров, что и при измерениях с ориентированным спуском на колонне штанг. Он отличается тем, что в скважину спускается сразу два идентичных инклинометра, ориентировано соединенных друг с другом.

Таким образом, при каждом замере сразу двумя инклинометрами определяются зенитные углы и косвенно по апсидальному углу изменения азимута на участке скважины, равном расстоянию между приборами. Данные измерения затем последовательно суммируются.

Метод последовательных ходов технически более совершенен, требует меньших затрат времени и труда, так как спуск производится на кабеле, но он также не свободен от больших ошибок в измерениях. Эти ошибки происходят из-за неточности соединения штанг и установки приборов при сборке снаряда, часто носят систематический характер и непрерывно нарастают. Кроме того при методе последовательных ходов могут возникать и несистематические ошибки из-за влияния на результаты замеров случайных искривлений и неровностей ствола скважины в точках замера, несоосности инклинометра со скважиной и произвольного скручивания штанг при движении по скважине.

Основное преимущество метода последовательных ходов заключается в значительном упрощении процессов спуска и замеров по сравнению с ориентированым. Но зато метод последовательных ходов требует применения сразу двух приборов весьма точно ориентированных друг друга. Все это также сужает эффективную область применения указанного метода.

Гироскопический метод измерений наиболее совершенен, так как им производятся измерения направления скважины относительно проекции вектора угловой скорости вращения земли на плоскость перпендикулярную продольной оси инклинометра. Азимут скважины определяется расчетным путем в соответствии с ориентацией плоскости в пространстве.

Этот метод обладает большими достоинствами: быстрота, многократность и непосредственность измерения, отсутствие необходимости применения колонны штанг для спуска, возможность измерения на большой глубине без увеличения ошибок измерения.

К сожалению, ему присущи и недостатки: конструктивная трудность изготовления миниатюрного гироскопа для измерения скважины малого диаметра, несколько большая стоимость, сравнительно малая надежность, необходимость весьма осторожного обращения и тщательного ухода.

В процессе измерений гироскопическими инклинометрами иногда также наблюдаются значительные ошибки. Они возникают вследствие неправильной установки прибора в скважине, сбивании гироскопа при неизбежных ударах и вращении инклинометра при спуске или из-за неисправности прибора. Обычно неисправность возникает из-за недостаточно тщательного ухода, естественного ухудшения со временем состояния контактных и подшипниковых узлов и т.п.

Таким образом, для определения азимута используем гироскопический метод.

*Определение зенитного угла.*

Существует несколько методов определения зенитного угла. Рассмотрим основные направления этих методов.

Отвес - наиболее простой датчик зенитного угла. Он представляет собой груз, подвешенный в одной точке и отклоняющийся во всех направлениях. В инклинометрах, использующих подобный принцип

измерения зенитного угла, обычно фиксируется величина отклонения нижнего конца отвеса от продольной оси прибора. Изменением длины отвеса получают варианты датчиков с различным диапазоном измерения зенитного угла.

Маятник также является гравитационным датчиком. Он способен отклоняться только в одной плоскости. В состоянии равновесия центр тяжести маятника лежит на проекции вектора силой тяжести на плоскости качения маятника.

Акселерометр - датчик линейных ускорений, предназначенный для измерения ускорения движущегося объекта и преобразования ускорения в электрический сигнал. Сигналы, пропорциональные ускорению, используют для стабилизации и автоматического управления движущимися объектами на траектории. Акселерометр измеряет кажущиеся ускорения, являющиеся разностью между абсолютным линейным ускорением объекта и ускорением силы тяготения Земли.

Для измерения искривления скважин, пробуренных в породах с высокой магнитной интенсивностью, используем сравнительно простой, надежный, достаточно точный и недорогой прибор, в котором определение зенитного угла решает трехосный микромеханический акселерометр, а определение азимута решается гироскопическим методом.

Таким образом, для решения поставленной задачи проекте рассчитывается прибор (инклинометр) способный измерять зенитный угол и угол азимута, для определения пространственного положения ствола скважины. В связи с тем, что инклинометр определяет профиль скважины, то разрабатываемое устройство ограничено в диаметре и практически не ограничено по длине. Кроме того в процессе прохождения инклинометром скважины прибор подвергается механическим воздействиям. Поэтому необходимо использовать достаточно точные, малогабаритные и относительно недорогие ЧЭ способные выдержать данные перегрузки. В качестве датчиков измеряющих зенитный угол используется трехосный микромеханический акселерометр. В качестве чувствительного элемента системы стабилизации используется динамически настраиваемый гироскоп.

**1.Принцип работы гироскопического стабилизатора.**

Рассмотрим принцип действия по кинематической схеме (лист 1). Инклинометр состоит из двух основных блоков: блок измерения зенитного угла(плата акселерометра), который крепится на платформе и блок измерения угла азимута, также расположенного на платформе. Акселерометр устанавливают таким образом, чтобы чувствительные оси были направлены по осям связанной с платформой системы координат. Сигнал с трех ортогональных акселерометров поступает в блок преобразования информации ВУ1, где, учитывая информацию с датчика угла, рассчитывается величина зенитного угла. Сигнал с ДУ подается в ВУ2 для дальнейшей обработки.

Чувствительным элемент гиростабилизатора – ДНГ ГВК-16.

Ось собственного вращения гироскопа направляют на север.

Двигатели разгрузки ДР создает момент, уравновешивающий момент внешних сил, действующих на платформу по оси платформы. В данной конструкции в качестве двигателей разгрузки использованы коллекторные моментные двигатели постоянного тока.

Рассмотрим работу схемы.

1)Режим стабилизации.

Будем рассматривать идеальный чувствительный элемент. При изменении положения инклинометра или в случае появления внешних моментов по оси платформы,она начинает поворачиваться , угол поворота фиксирует ДУ1, выходной сигнал которого через усилитель поступает на двигатель разгрузки ДР. ДР развивает момент, уравновешивающий момент внешних сил.

Второй канал ДНГ работает в режиме ДУС.

2)Режим выставки

Подается управляющий сигнал на ДМ2. Гироскоп начинает прецессировать. ДУ1 фиксирует сигнал, который подается на ДР. Платформа поворачивается за гироскопом.

# **2.Описание чувствительного элемента ГВК-16.**

**2.1 Конструкция, настройка и балансировка ГВК-16**

Гироблок ГВК-16, приведенный на листе 2 представляет собой ДНГ консольного типа с монолитным кардановым подвесом.

Ротор 12 подвешен во вращающемся упругом подвесе 1. Вал привода установлен в радиально упорных шарикоподшипниках 4**,** совмещенного типа, установленных с предварительным усилием осевого типа**.**

В качестве привода применяется синхронный гистерезисный двигатель 6.

Отклонения ротора12фиксируются торцевыми ДУ 3(статор ДУ) индукционного типа, включенным по дифференциальной схеме.

ДМ магнитоэлектрического типа состоят из магнитной системы (два магнитных кольца) 2 , укрепленной на роторе 12 и рамок ДМ 10 ,укрепленных на корпусе 5.

ДНГ имеет крышки 8и 11, герметично закрывающие корпус с токоподводами 9. Внутренний объем гироскопа заполнен гелием при давлении 5 мм рт. ст. и загерметизирован с помощью винта 7.

К операциям настройки и балансировки относятся: динамическая балансировка ротора, вращающихся частей вала привода; радиальная и осевая балансировка, т.е. совмещение центра масс ротора и колец с центром упругого подвеса.

Динамическая балансировка вала привода осуществляется с помощью корректировочных масс, жестко связанных с приводным валом, или перемещением вращающейся части чувствительного элемента (ротора с кардановым подвесом) относительно оси приводного вала.

Основной схемой испытаний при динамической настройке является схема перекрестной «электрической пружины», когда сигнал с ДУ подается на соответствующий ДМ.

Регулировка прибора представляет собой технологические операции, не связанные с перемещением корректировочных масс на вращающихся элементах ДНГ и осуществляется путем изменения относительного положения элементов прибора, выставки элементов в процессе сборки, подбора параметров газовой среды, регулирования параметров электрической схемы.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГВК-16

**2.2. Механические характеристики**

1. масса, не более 75г
2. габариты ∅ 31,5х30,2 мм
3. резонансная частота гироскопа f=460± 0,3 Гц
4. минимальный допустимый угол отклонения ротора от рабочего положения до упора не менее ± 20 угл. мин.

**2.3. Точностные характеристики**

1. постоянная составляющая ухода 15 0/час
2. случайная составляющая ухода в вертикальном положении 0,2 0/час
3. постоянная составляющая, пропорциональная  
    перегрузке ±25 0/(ч – д)
4. квадратурная составляющая ухода < 15 0/час
5. температурный коэффициент ухода не более 0,03 о/час на 1° С
6. время выхода на рабочий режим 10 мин
7. механические воздействия

линейные ускорения до 12 g

1. допустимая скорость углового перемещения   
    постоянно до 200 0/с   
    кратковременно до 700 0/с

**2.4. Технические характеристики**

Ресурс

1. Время непрерывной работы - 8 часов
2. срок службы - до 1000 часов

**2.5. Характеристики гистерезисного двигателя**

1. Питание двигателя прямоугольное двухфазное

f=480±0,096 Гц

U=18±2,7 В (в форсированном режиме)

U=11±1,0 В (в рабочем режиме)

1. число пар полюсов двигателя Р=3
2. время вхождения в синхронизм 60 сек
3. приработка ШП опор ротора 8 часов
4. ускорение вибрации гироскопа в установившемся режиме не более 1,5 g в осевом и радиальном направлениях.

**2.6. Характеристики ДУ**

1. питание ДУ U=2,5 ±0,125В

f=19200±192Гц

1. крутизна ДУ 2,5 ±1mВ/угл. мин
2. фазовый сдвиг выходных сигналов ДУ не более ±30°
3. модуляция сигнала на частоте 160 не более 0,5 угл. мин.
4. ток не более 70 mА

**2.7. Характеристики ДМ**

1. крутизна 1000 0/(с – А)
2. нелинейность характеристики 0,05%
3. максимальный ток 60 мА
4. рабочий ток ∠10 мА

**3. Уравнения движения ГС**

Введем правую прямоугольную систему координат ξηζсвязанную с платформой(лист 1). Ось η направлена на север. Положение корпуса и связанной с ним системы координат XY Z, относительно платформы зададим углом α поворота трехгранника XYZ вокруг оси стабилизации Z.

Из рисунка следует, что п =ωz.Движение трехгранника X1 Y1 Z1, определяющего положение ротора ДНГ относительно связанного с его корпусом трехгранника X Y Zзадано угловой скоростью . Проекции абсолютной скорости движения трехгранника X1 Y1 Z1 относительно трехгранника ξ η ζна оси платформы Z обозначим г . Их величины определяются суммой проекций на эти оси переносной угловой скорости движения корпуса ДНГ, определяемой угловой скоростью п, и относительной скорости, определяемой проекциями  и :

г =п  + ;

Уравнения движения платформы гиростабилизатора составим относительно оси Z1 по принципу Даламбера, учитывая инерционные моменты, вызванные вращением платформы с угловым ускорением п, , демпфирующие моменты, стабилизирующие моменты двигателей и моменты внешних сил:

Jn п + Dn п + Mζ g =Nζв (\*)

Обозначения:

Jn - момент инерции платформы относительно осей

Dn -коэффициент демпфирования, определяемый в основном демпфированием в двигателях разгрузки ДВη, ДВξ.

Mζ g -момент, создаваемый двигателем ДР вокруг оси Z

Nζв -моменты внешних сил, приложенный к платформе вокруг оси ζ

Поскольку момент двигателя Mζ g формируется регуляторами системы стабилизации по углу α, рассогласования между ротором ДНГ и платформой, то, очевидно, уравнения движения платформы должны быть дополнены уравнениями движения ДНГ.

Будем считать, что все условия, обеспечивающие высокую точность ДНГ как датчика положения, выполнены, т.е. проведена динамическая настройка, минимизация моментов аэродинамического сопротивления и связанного с этим момента двигателя, а точность стабилизации платформы достаточно высока, чтобы считать углы α и β малыми. Тогда в качестве уравнений движения ДНГ можно воспользоваться выражениями для внешних моментов, если в них заменить ωz , ωy на введеннй в данном разделе новые обозначения для скоростей движения платформы вокруг оси Z,Y - п,п и добавить ранее опущенные внешние моменты MZв:

(A+B1)  +  (Dα + Dβ) + (C +B1)  =

= - ( A+B1) п + (C +) п+ MZв

(A+B1)  +  (Dα + Dβ) - (C +B1)  =

= - ( A+B1) п + (C + ) п+ MУв

Учитывая (\*), получим

(A+B1) г +  (Dα + Dβ) + (C +B1)  г = () п+ MZв

(A+B1) г +  (Dα + Dβ) - (C +B1)  г = () п+ MУв

Введем обозначение: =Aк

Запишем уравнения (\*), (А) в операторной форме, приняв, что

MZ1д =КуWp(s)α,

где Ку Wp(s) - передаточная функция регулятора, а Ку =Кду Кр Км

Здесь Кду -коэффициент передачи датчика угла ДНГ,

Км - коэффициент передачи по моменту двигателя стабилизации.

В результате получаем

Jn s2αп + Dn sαп + КуWp(s)α =NZв

Aг s2αг + Dп sα +Н sβг = Aк  sβп+ MХ1в

αг = αп + α;

**4.Расчет возмущающих моментов, действующих вокруг оси стабилизации**.

Возмущающие моменты вызывают вынужденное движение платформы гиростабилизатора и, следовательно, приводят к погрешностям. При чрезмерной величине этих возмущающих моментов наступает потеря работоспособности гиростабилизатора. Знание возмущающих моментов необходимо как для определения погрешностей гиростабилизатора, так и для выбора в процессе проектирования его параметров и, в частности, параметров системы разгрузки.

Необходимо знать как величины, так и характер изменения отдельных составляющих возмущающих моментов. По характеру изменения возмущающие моменты могут быть подразделены на:

— постоянные или медленно изменяющиеся (например, моменты, вызываемые линейными ускорениями центра масс и неточной балансировкой карданова подвеса гиростабилизатора);

— моменты знакопеременные (например, моменты от сил трения, возникающие при колебаниях вокруг центра масс).

Если постоянные или медленно изменяющиеся моменты в силовом гиростабилизаторе уравновешиваются в основном моментами привода разгрузки, то знакопеременные, особенно быстро изменяющиеся, уравновешиваются как приводом разгрузки, так и гироскопическим моментом, а при высоких частотах изменения момента и инерционным моментом самой платформы. В индикаторных гиростабилизаторах гироскопический момент практически не участвует в непосредственной компенсации возмущающих моментов и подавление возмущающих моментов определяется в основном приводом разгрузки, который должен выбираться из условия уравновешивания всех составляющих возмущающего момента. Иногда, при затруднениях в создании привода разгрузки индикаторного стабилизатора с требуемыми динамическими характеристиками, возникает необходимость в переходе к силовой гироскопической стабилизации, что вызывает переход на другой тип чувствительного элемента. Таким образом, характер изменения составляющих моментов и их величины влияют на выбор, как параметров привода разгрузки, так и применяемого в гиростабилизаторе чувствительного элемента (гироблока).

Величина и характер изменения возмущающих моментов определяются не только конструктивными особенностями гиростабилизатора, но и эксплуатационными условиями. Расчет возмущающих моментов, действующих вокруг осей стабилизации гиростабилизатора, определяют выбор максимальной величины момента, развиваемого разгрузочным двигателем. Рациональный выбор такого момента особенно важен для гиростабилизаторов.

К возмущающим моментам относятся:

Моменты трения.

Момент тяжения токоподводов.

Момент от остаточной несбалансированности.

Момент, обусловленный неравножесткостью карданова подвеса.

Инерционный момент рам карданова подвеса.

Для расчета возмущающих моментов необходимо знать массы элементов гиростабилизатора.

Массы элементов гиростабилизатора:

Выберем для платформы алюминий ().

Масса ГВК-16: 

Масса датчика угла: 

Масса датчика момента:

Масса платформы 

Масса полуоси: выберем для оси сталь ()



Масса платформы с установленными на ней элементами:



**4.1.Моменты трения.**

Моменты трения, действующие вокруг осей карданова подвеса гиростабилизатора, определяются трением в токоподводах и датчиках угла контактного типа, трением в опорах карданова подвеса и моментами трения в двигателях разгрузки, приведенными к оси карданова подвеса. Моменты трения контактных датчиков и токоподводов представляют даже при большом количестве токоподводов относительно малые величины из-за небольших контактных давлений.

Для большинства конструкций гиростабилизаторов, моменты трения в двигателях разгрузки даже при относительно больших передаточных числах редукторов разгрузки имеют меньшие значения по сравнению с моментами трения в опорах гиростабилизаторов применяют однорядные шариковые подшипники. Момент трения шарикоподшипников слагается из следующих составляющих:

а) момента трения качения шариков с наружным и внутренним кольцами;

б) момента трения скольжения шариков относительно наружного и внутреннего колец;

в) момента трения скольжения шариков относительно сепаратора;

г) момента, вызываемого сопротивлением движению смазки.

Величины указанных составляющих момента трения определяются конструктивными параметрами подшипников, воспринимаемой ими нагрузкой и скоростями вращения его колец, поэтому при выбранном типе подшипника момент трения зависит от нагрузки и угловой скорости относительного движения его колец.

При движении основания на подшипники действуют как осевая, так и радиальная нагрузки. Рассмотрим проекции ускорений подвижного объекта на оси  и :



Осевая и радиальная нагрузка опор платформы:



Максимальная радиальная нагрузка при αп=0˚

Получаем



Для устранения люфта в опорах шарикоподшипники установлены с предварительным осевым натягом. При комбинированной нагрузке, имеющей место для подшипников ГС из-за произвольного вектора линейного ускорения подвижного объекта относительно гироплатформы минимальная величина усилия предварительного натяга:



Формула для вычисления момента трения пары подшипников:



Предварительно для опор рамы и платформы выберем ш/п с внутренним диаметром 7 мм, имеющие следующие коэффициенты эмпирического соотношения:



Тогда момент трения ш/п платформы:



Так как частота вибрационных колебаний лежит значительно выше нутационных частот гиростабилизатора, то компенсация переменных составляющих моментов трения, обусловленных изменением реакций в опорах, происходит в основном за счет инерционных моментов наружной рамы и платформы.

**4.2.Моменты тяжения токоподводов.**

Так как современные гиростабилизаторы являются сложными электромеханическими устройствами, то для обеспечения функционирования как самих стабилизаторов, так и стабилизируемых приборов, устанавливаемых на платформе требуется передача большого количества электрических сигналов. Количество необходимых токоподводов достигает нескольких десятков и даже сотен, причем передаваемые по ним токи лежат в пределах от долей миллиампера до десятков ампер. Конструкцией токоподводов должна быть обеспечена высокая надежность передачи сигналов через них в условиях жестких эксплуатационных воздействий и при больших углах поворота карданова подвеса. При выборе типа токоподводов для гиростабилизаторов величины моментов, создаваемых токоподводами, не играют, в отличие от других гироскопических приборов, определяющей роли, так как используется система разгрузки. Применяются два типа токоподводов:

- многоконтактые коллекторные

- различные виды гибких проводников.

Коллекторные токоподводы применяют тогда, когда необходимо получать в стабилизаторе малые величины моментов трения, практически не зависящие от углов поворота рам карданова подвеса и эксплуатационных условий.



**4.3. Моменты от остаточной несбалансированности.**

В процессе сборки гиростабилизатора производится его балансировка вокруг каждой оси карданова подвеса. При линейных перегрузках неточность балансировки наряду с моментом трения в опорах создаёт значительную часть возмущающих моментов, уравновешиваемых системой разгрузки и гироскопическим моментом, а в случае индикаторного гиростабилизатора только системой разгрузки. При расчетах возмущающих моментов определяют максимальную величину моментов от остаточной несбалансированности.

Так, для одноосного гиростабилизатора при нулевых начальных углах отклонения рам карданова подвеса и составляющих nx, ny, nz, линейной перегрузки, направленных по осям x, y, z платформы, если предположить, что моменты несбалансированности по всем осям равны Δ = Δx = Δy = Δz, величины максимальных моментов относительно осей карданова подвеса

Мнб x = Δ(ny – nz);

Мнб y1 = Δ(nz – nx);

При определении максимальных моментов от несбалансированности эти ускорения принимают равными своим экстремальным значением:

Мнбzmax = Δ(n max – n min).

Вследствие несбалансированности гиростабилизатора при вибрационных ускорениях также возникают возмущающие моменты, которые изменяются с высокой частотой, соответствующей частоте вибрации, и уравновешиваются в основном инерционным моментом платформы. Поэтому при определении максимально необходимого момента разгрузки эти составляющие возмущающих моментов не учитывают.

При Δ = Δxп = Δyп = Δzп =1·10-3 Нм

получим: Мнбzmax = 1,2 Нм.

**4.4. Возмущающие моменты, создаваемые приводами разгрузки при движении основания.**

Развороты или угловые колебания создают обкатку ротора двигателя разгрузки относительно стабилизированной рамы гиростабилизатора и тем самым инерционный момент. Инерционный момент обкатки пропорционален угловому ускорению движения основания и приведенному моменту инерции двигателя с редуктором.

Для безредукторных двигателей разгрузки, или моментных датчиков разгрузки, приведенный момент инерции, благодаря которому создается возмущающий инерционный момент обкатки, отсутствует, что является одним из существенных преимуществ такого привода разгрузки.

Широкое распространение в качестве двигателей разгрузки получили электродвигатели. Их преимущество – легкость подвода управляющих сигналов и распространенность применения электроэнергии. При использовании электродвигателей в качестве безредукторных приводов разгрузки применяют коллекторные двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов (круговые моментные датчики). Ротор такого двигателя устанавливают непосредственно на оси карданова подвеса. Эти двигатели в отличие от безредукторных двигателей переменного тока (двухфазных моментных датчиков с короткозамкнутым ротором) развивают достаточно большие моменты разгрузки, но при этом потребляемые мощности управления являются также достаточно большими, что не всегда допустимо.

Моменты вязкого трения, создаваемые двигателями разгрузки вследствие переносного движения основания, также являются возмущающими моментами для гиростабилизатора.

При угловых колебаниях по гармоническому закону величина возмущающего момента, создаваемого вследствие обкатки и демпфирования двигателя разгрузки:

, где -амплитуда колебаний, -частота.

Сделаем предварительный расчет для ДМ3.

Так как система разгрузки безредукторная, то .

Тогда возмущающий момент:



Величина удельного демпфирующего момента двигателя определяется как,

где - крутизна характеристики

- максимальное значение тока

- скорость холостого хода

Тогда 

Значение демпфирующего момента в двигателе:



**4.5Определение суммарного возмущающего момента.**

Возмущающие моменты, рассмотренные в предыдущих параграфах, либо весьма медленно изменяются во времени, как, например, моменты, возникающие при линейных ускорениях центра масс ПО (подвижного объекта) (от люфта, несбаланасированности и др.), либо изменяются с частотами колебаний ПО вокруг центра масс. Так как частоты изменения этих возмущающих моментов лежат значительно ниже частот среза привода разгрузки стабилизаторов, то при расчете стабилизаторов все эти моменты учитываются как постоянно действующие.

В общем случае, для множества гиростабилизаторов каждый из рассмотренных возмущающих моментов является случайной величиной, определяемой как условием движения данного ПО, так и параметрами гиростабилизатора, полученными при его изготовлении. Так, например, момент тяжения токоподводов по величине и направлению зависит от величины и направления поворота ПО относительно платформы гиростабилизатора. Направление и величина момента несбалансированности зависит от направления и величины остаточного смещения ЦТ платформы гиростабилизатора, полученного при изготовлении, и направления и величины линейного ускорения ПО. Величина составляющей возмущающего момента трения, не зависящая от ускорения, определяется в основном параметрами подшипников, примененными в гиростабилизаторе, а ее направление – направлением угловой скорости вращения ПО. В то же время величина составляющей момента трения, зависящая от ускорения, определяется не только характеристиками примененных подшипников, но и величиной ускорения ПО. Отсюда следует, что как величины, так и знаки отдельных составляющих возмущающего момента являются случайными, и эти составляющие могут суммироваться как случайные не зависящие величины. Однако обычно определяют максимальный возмущающий момент арифметическим суммированием составляющих моментов, так как известно, что даже при кратковременном превышении возмущающим моментом максимального момента разгрузки гиростабилизатор теряет способность стабилизации из-за ограничений по углам прецессии его чувствительных элементов. Так как условия движения ПО различны и, следовательно, различны и величины отдельных составляющих момента, то суммарный возмущающий момент определяют для наиболее характерных участков, а при определении необходимого максимального момента разгрузки исходят из наибольших величин, полученных для рассчитанных параметров движения. При таком методе суммирования составляющих возмущающего момента и определения максимального момента разгрузки создается некоторый запас по моменту привода разгрузки, который необходим вследствие неточного знания эксплуатационных условий работы гиростабилизатора.

Значение суммарных возмущающих моментов:



**5. Выбор двигателя разгрузки**.

В целях повышения качества системы стабилизации (отсутствие люфтов и запаздываний), а также учитывая небольшие суммарные возмущающие моменты: МвозмZ = 0.0525 Нм

В качестве двигателей разгрузки выберем безредукторные двигатели (датчики момента).

Датчик момента выбираем исходя из максимальных возмущающих моментов.

Данному требованию удовлетворяет коллекторный моментный двигатель постоянного тока ДМ–5.

Двигатель ДМ–5 предназначен для использования качестве исполнительных элементов в различных системах автоматики, телемеханики и измерительной технике. Выпускается в бескорпусном исполнении.

Выберем Двигатель ДМ–5 в качестве двигателя разгрузки, разрабатываемого гиростабилизатора. Характеристики двигателя приведены в таблице 1.

Табл.1

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальный момент, Нм | 0.14 |
| Крутизна моментной характеристики, Нм/А | 0.11 |
| Сопротивление обмотки, Ом | 183 |
| Максимальный ток в течение 1.5 мин, А | 1.3 |
| Нелинейность момента по току | 10% |
| Постоянство момента по углу поворота | 10% |
| Перегрев при токе 0.6 А, оС | 50 |
| Момент трения, Нм | 0.007 |
| tmax нагрева обмоток, оС | 130 |
| Рабочий диапазон температур, оС | -60…+80 |
| Ресурс работы, час | 2000 |
| Время непрерывной работы, час | 20 |
| Номинальный ток, А | 0.6 |
| Диаметр наружный, мм | 50 |
| Диаметр внутренний, мм | 15 |
| Толщина, мм | 13.1 |
| Вес, г | 170 |

**6. Расчет устойчивости.**

Дифференциальное уравнение, описывающее движение индикаторного гиростабилизатора по оси платформы, имеет вид:

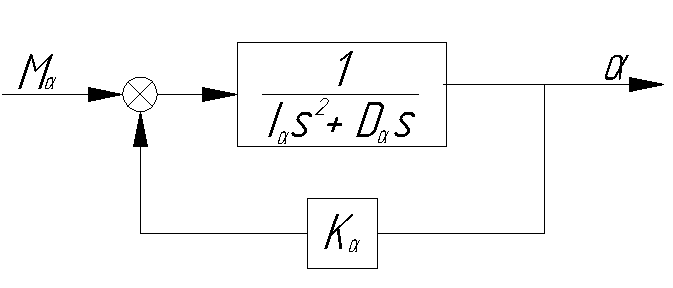
Jααׂׂ + Dα αׂ + Мдсα = Мвнα

В операторной форме записи :

Jαs2 α + Dα sα + KрWp(S)α= Мвнα

Где Мвнα=МαΣ

Структурная схема системы стабилизации по каналу платформы имеет вид:



Будем полагать, что демпфирование полностью определяется демпфированием внутри двигателя разгрузки (датчика момента), поэтому можно воспользоваться коэффициентам демпфирования

Dα= 97.610-3 Нмс

Моменты инерции гиростабилизатора по оси платформы равен:



Максимально допустимая статическая ошибки стабилизации в соответствии с техническим заданием равна: αст=1’. Также в соответствии с техническим заданием необходимо обеспечить коэффициент подавления колебаний на частоте f=2 Гц не менее L=40 дБ.

На основании приведенных данных можно оценить необходимую величину коэффициента усиления канала отрицательной обратной связи:





Передаточная функция разомкнутой нескорректированной системы имеет следующий вид:



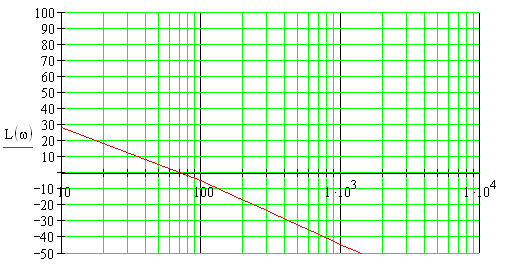


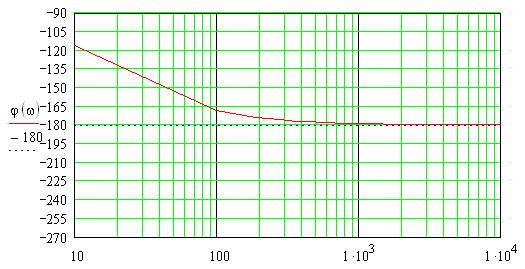
Построим логарифмические амплитудно и фазо-частотные характеристики для нескорректированной системы:





ЛАЧХ нескорректированной системы:





Частота среза:

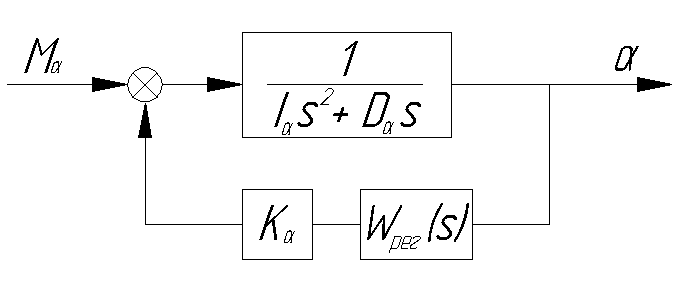
Запас устойчивости по амплитуде стремится к бесконечности.

Запас по фазе:



Для обеспечения устойчивости и улучшения регулировки необходимо ввести в структурную схему корректирующее устройство.

Структурная схема скорректированной системы:



В качестве корректирующего звена будем использовать интегро-дифференцирующее звено.

Передаточная функция корректирующего звена (регулятора):



Выберем постоянные времени для корректирующего устройства:









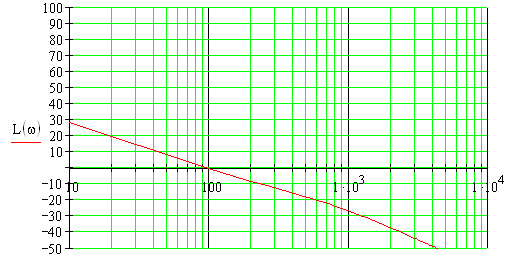


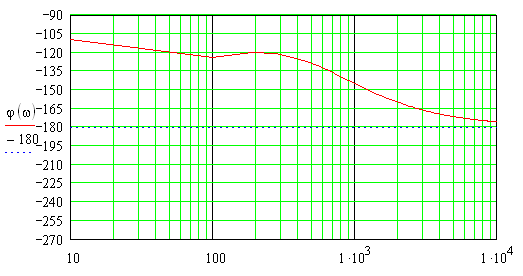


Тогда передаточная функция скорректированной системы будет иметь вид:



Построим логарифмические амплитудно и фазо-частотные характеристики для скорректированной системы:





Запас по амплитуде стремится к бесконечности.

Запас по фазе



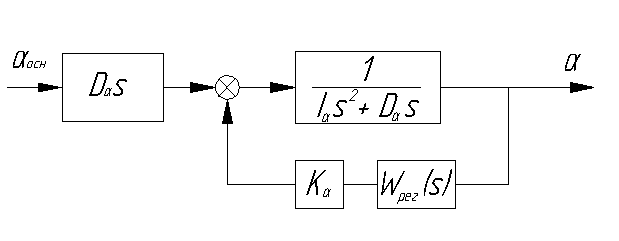
**7. Расчет статической и динамической точности стабилизации.**

**7.1.Расчет коэффициента подавления колебаний.**

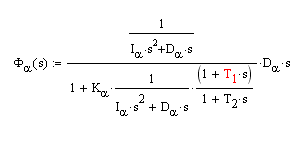
Проверим требование по коэффициенту подавления колебаний Кпод=40дБ на частоте качки f=2 Гц. Для этого необходимо построить логарифмическую амплитудно-частотную характеристику замкнутой системы стабилизации по каналу α . Проверим величину коэффициента на указанной частоте.

Для изменения коэффициента подавления колебаний необходимо изменять величину коэффициента усиления в цепи обратной связи (коэффициент системы разгрузки гиростабилизатора) – Кα.

При качке основания возмущающий момент может передаваться на гиростабилизатор в основном только через демпфирование по этой оси. То есть на входе нашей замкнутой системы появляется дифференцирующее звено - Dα·s , и структурная схема замкнутой системы принимает вид:

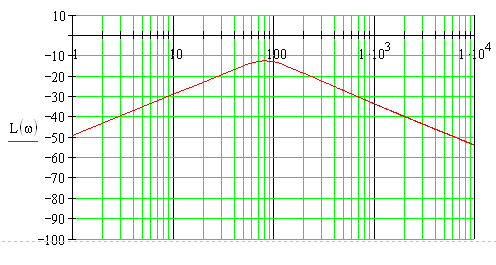


Передаточная функция замкнутой системы:





Построим логарифмическую амплитудно-частотную характеристику:



Коэффициент подавления колебаний – 43 Дб на частоте 2Гц , что удовлетворяет техническому заданию.

**7.2. Поверочный расчет точности стабилизации.**

Передаточная функция замкнутой системы:

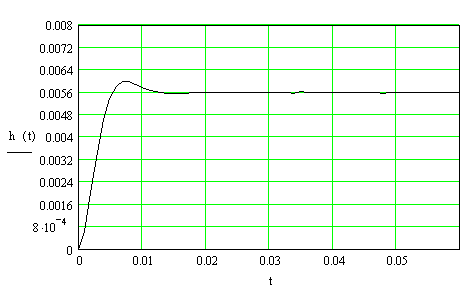




Построим переходной процесс как реакцию на единичное ступенчатое воздействие.







Время переходного процесса: 0.03 с.

Перерегулирование: 7 %

Из приведенных расчетов можно заключить, что спроектированная система с корректирующим устройством в цепи обратной связи полностью соответствует требованиям технического задания, как в плане точности, так и требований к управляемости и качеству переходного процесса, а также в плане ослабления колебаний на частоте основания.

8.Описание электрической схемы.

На листе 5 представлена электрическая схема электро–механического узла.

На платформе гиростабилизатора установлен гироскоп ГВК-16 (А2).

На оси стабилизации платформы установлен синусно-косинусный трансформатор в качестве датчика угла (В1) и коллекторный моментный двигатель постоянного тока (М1).

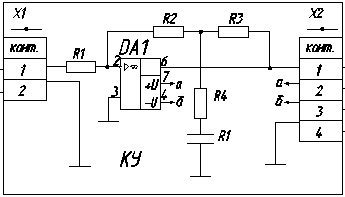
Так как углол прокачки платформы достигает 360о, в гиростабилизаторе применены коллекторные токоподводы (Х1).

В блок электроники для гиростабилизатора, установленный на платформе, входят предварительные усилители (А3.А4), фазочувствительные выпрямители(А5.А8),корректирующие усилители (А7,А9) и усилители мощности(А7.А10) .

Блок питания(А11) и соединительный разъем(Х2) установлены на корпусе.

**Расчет корректирующего звена**.

Для реализации ПФ корректирующего звена используем следующую схему:

****

Передаточная функция:

W(s)=-k(T1S+1)/(T2S+1)

W(s)=-Zoc(s)/R1



T1=0.002 c

T1=0.0002 c

Выберем, учитывая значения T1,T2 следующие значения:

R1=30 кОм

R2=70 кОм

R3=70 кОм

R4=20 кОм

С1=50мкФ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Определение показателей технологичности конструкции приборов.**

С целью обеспечения оптимальности затрат ресурсов (производственных средств, времени, и т. д.) на этапе проектирования технологического процесса сборки необходимо оценить технологичность конструкции изделия (ТКИ). На ТКИ при сборке влияют разнообразные факторы, важнейшими из которых являются:

* конструктивно-технологические параметры изделия как объекта производства;
* тип, техническая и энергетическая вооруженность производства, программа выпуска и характер производства (серийность).

Для характеристики ТКИ используются численные показатели.

Показатели технологичности конструкции приборов разработаны на основании ГОСТ 14201-73, 14202-73, 14203-73, методики Госстандарта СССР, ОСТ и обобщения опыта по отработке и оценке технологичности конструкции изделий.

Данные показатели применены к конструкции отдельных функциональных элементов, используемых в САУ и измерительных комплексах. Они определяются на этапе рабочего проектирования и входят в комплект документации на изделие, передаваемое в серийное производство.

Технологичным является такое изделие, которое при условии выполнения всех технических требований более удобно в эксплуатации и позволяет при данной серийности производства изготовить его с минимальными затратами труда, материалов и с наименьшим производственным циклом.

Исходя из этого положения строится методика определения показателей технологичности конструкции приборов. Основная идея методики заключается в том, что технологичная конструкция изделия обеспечивает наибольшую производительность труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого его качества.

Показатели технологичности используются для:

а) количественной оценки технологичности конструкции прибора перед передачей его в серийное производство;

б) указания конструкторам требований по технологичности при выдаче задания на проектирование нового прибора.

Система показателей содержит:

а) базовые частные коэффициенты, к которым относятся коэффициенты освоенности ***Kосв****,* унификации деталей ***Ку.д*** и унификации материалов ***Ку.м****;*

б) комплексный коэффициент технологичности ***Ктех***.

Выражения для определения значений всех частных показателей технологичности должны для «идеального» прибора стремиться к 1; фактические значения частных показателей технологичности ***К*** должны находиться в пределах ***0 < К < 1***.

Значения коэффициентов определяются на основе анализа технической документации на изделие (сборочного чертежа и спецификации). Для расчета коэффициентов ***Ку.д***, ***Kосв*** составляется таблица:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Общее количество деталей без (крепежных) | В том числе | | | | Количество крепежных деталей |
| собственные | заимствованные | стандартные | покупные |
| **nΣ=15** | **nсб=94** | **nзм=0** | **nст=4** | **nп=2** | **nкр=2** |
| **NΣ=15** | **Nсб=94** | **Nзм=0** | **Nст=4** | **Nп=2** | **Nкр=36** |

В таблице n *–* число наименований деталей в изделии;

*N –* общее число деталей в изделии.

Коэффициенты освоенности прибора и унификации его деталей определяются по формулам:



Примечания:

1. К стандартным относятся детали, охваченные ГОСТом и ОСТом, отраслевой нормалью.

2. К заимствованным относятся детали, взятые из других аналогичных разработок, и детали, изготовляемые по стандартам предприятий (СТП).

3. К собственным относятся детали, которые применяются только в данном приборе и на которые разработаны чертежи в проекте на прибор.

4. Сборочные единицы, полученные армированным литьем или прессованием из пластмасс, принимаются за одну деталь.

5. К крепежным деталям относятся гайки, винты, болты, шпильки, заклепки и т.п., а также монтажные провода, товарные знаки, изоляционные прокладки и т.п.

Коэффициент унификации материалов ***Ку.м.*** определяется только для собственных деталей прибора по формуле



где ***СΣ*** – количество сорторазмеров материалов для изготовления собственных деталей прибора;

где ***nсб*** – общее число наименований собственных деталей прибора.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество | Металлы | | | Пластмассы | Керамика | Сумма |
|  | Черные | Цветные | Драгоценные |
| Сорторазмеров материалов | 1 | 2 | **–** | **–** | **–** | 3 |
| Собственных деталей | 3 | 6 | **–** | **–** | **–** | 9 |

Сорторазмер обусловлен маркой материала и определяющим размером. Для определения *Ку.м.* составляется таблица:

Тогда коэффициент унификации материалов



Комплексный коэффициент технологичности определяется как произведение базовых частных коэффициентов

****

#### Расчёт размерной цепи

*Размерная цепь* – это замкнутая система взаимосвязанных размеров, относящихся к одной или нескольким деталям, определяющим относительное положение поверхностей или осей этих деталей. Размерная цепь, выражающая взаимную связь деталей сборочного соединения, называется *сборочной размерной цепью*.

*Звеном* размерной цепи называют размер, определяющий расстояние между поверхностями (осями) или их угловое расположение.

*Замыкающее звено* - это звено размерной цепи, которое в процессе сборки формируется в последнюю очередь, замыкая размерную цепь. Размер замыкающего звена зависит от размеров остальных звеньев размерной цепи, называемых составляющими.

Чаще всего замыкающим звеном является размер детали-компенсатора.

После определения замыкающего звена оставшиеся звенья размерной цепи в зависимости от их влияния на замыкающее звено подразделяют на увеличивающие и уменьшающие размеры.

Увеличивающие размеры – размеры, с увеличением которых замыкающий размер увеличивается.

Уменьшающие размеры – размеры, с увеличением которых замыкающий размер уменьшается.

Задачей расчёта размерных цепей является обеспечение заданной точности замыкающего звена.

Существует два основных метода расчёта размерной цепи.

*Расчёт по методу максимума – минимума*. Предполагается, что все детали, входящие в сборочную единицу, имеют предельные максимальные и минимальные отклонения от номиналов и сборку производят при самом неблагоприятном сочетании размеров деталей, т.е. когда максимальные предельные ошибки складываются.

*Расчёт на основе теории вероятностей.* Считают, что все размеры деталей партии являются случайными величинами и имеют рассеяние фактических значений в пределах поля допуска.

Поскольку количество деталей, имеющих размеры на границах допуска, невелико, то при расчёте на основе теории вероятностей даётся более широкий допуск на изготовление деталей, чем расчёте на максимум – минимум. Расширение допуска приводит к некоторому риску – из некоторых деталей данной партии не удастся собрать узел, поскольку условие взаимозаменяемости для них не оказывается невыполнимым.

На листе №7 графической части проекта представлена размерная цепь для расчёта размера компенсационной прокладки ( поз.23).

Рассчитаем размерную цепь по методу максимума – минимума.

Расчёт проведём для 8 квалитета.

Размеры и предельные отклонения звеньев приведены в таблице:

При расчёте размерных цепей по методу максимума – минимума среднее (хср) или номинальное (хном) значения замыкающего звена определяются по формулам:





где ,  - сумма средних (номинальных) значений увеличивающих звеньев;

,  - сумма средних (номинальных) значений уменьшающих звеньев.



Значение  поля рассеивания (поля допуска) замыкающего звена хср находят по формуле: , где - значения допусков составляющих звеньев (размеров) размерной цепи.

Значение замыкающего звена может быть в пределах хср ± 0,5. Для номинального значения замыкающего звена хном его верхнее () и нижнее () отклонения определяются по выражениям:

= ;

=,

где  и - алгебраические суммы верхних и нижних отклонений увеличивающих звеньев, число которых s;

 и - алгебраические суммы верхних и нижних отклонений уменьшающих звеньев, число которых t.

Так как в данном случае поле допусков симметричное, то хср = хном

В результате расчёта получим: хср=2 мм;





