Министерство образования и науки РФ
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых»

Кафедра БЭСТ

Методические указания и задания к курсовой работе и курсовому проекту по дисциплине «Проектирование и конструирование приборных систем, блоков и узлов»

Составители:
В.П. Легаев
А.Д. Панова

Владимир 2016

УДК. 621.9.06.

Приведены цели, задачи и требования к курсовой работе и курсовому проекту по дисциплине «Проектирование и конструирование приборных систем, блоков и узлов». Разработаны варианты заданий. Изложены требования к оформлению текстовой и графической частей проекта, организации проектирования и порядку защиты курсового проекта.

Предназначены для магистров обучающихся по направлению подготовки 12.04.01 - приборостроение.

Целью курсового проекта является развитие навыков самостоятельного решения задач по конструированию и расчету измерительных приборов, систематизация и закрепление теоретических знаний, полученных при изучении лекционного курса, а также приобретение навыков оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД ГОСТ.

Тематика курсового проекта основывается на теоретических положениях лекционного курса и предполагает самостоятельную работу студентов по изучению существующих, созданных промышленностью аналогичных изделий, но отличающихся по техническим данным задания. При выполнении курсовой работы предусматривается проектирование универсальных измерительных приборов следующих видов: зубчатые, рычажно-зубчатые измерительные головки (например, индикаторы часового типа), пружинные измерительные головки (микрокатор, микатор, миникатор, и др.), пружинно-оптические головки. При выполнении курсового проекта предусматривается проектирование специальных измерительных приборов, таких как эвольвентомеры, оптические делительные головки, приборы для проверки накопленной погрешности окружного шара или универсальных измерительных приборов.

В процессе курсового проектирования ставится следующие задачи: усвоить методику расчета и конструирования измерительных приборов, научиться, при разработке проекта пользоваться технической литературой, справочниками, каталогами, нормалями и ГОСТ, развивать навыки выполнения и оформления текстовых документов, чертежей общего вида и рабочих чертежей с простановкой размеров, посадок, квалитетов точности и шероховатости поверхности по ЕСКД.

Состав и объем курсового проекта. Готовый курсовой проект должен состоять из 3-5 листов чертежей формата А1 и текстовых документов в 15-30 листов в формате А4. Курсовая работа – 1,2 листа чертежей формата А1 и текстовых документов 10-15 листов формата А4.

Содержание графической части проекта:

1) сборочный чертеж прибора (1-2 листа формата А1) и спецификация его деталей, которая выполняется на отдельных листах по ГОСТ 2.108-68;

2) кинематическая схема прибора (формат А4….А2);
3) рабочие чертежи деталей прибора (1,5…3,5 листа формата А1)

Содержание графической части курсовой работы:

1) чертежи общего вида (1-2 листа формата А1);
2) кинематическая схема А4…А2).

1. Содержание и оформление текстовых документов

Текстовые документы в общем случае должны содержать:

1. Титульный лист;
2. Ведомость курсового проекта (работы);
3. Пояснительную записку;
4. Программу и методику испытаний (по заданию преподавателя).

Титульный лист выполняется согласно прил.1.

Ведомость курсового проекта (работы) должна содержать все включенные в курсовой проект (работу) конструкторские документы в порядке, установленном ГОСТ 2.105 - 58.

Пояснительная записка в общем случае должна содержать:

1. Оглавление.
2. Введение.
3. Назначение и область применения разрабатываемого изделия.
4. Техническую характеристику.
5. Описание и обоснование выбранной конструкции.
6. Расчеты, подтверждают работоспособность и надёжность конструкции.
7. Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия.
8. Ожидаемые технико-эхономические показатели.
9. Уровень нормализационной оценки или уровень унификации.

В разделе "Введение" указываются наименование, номер и дата выдачи, краткая характеристика области и условий применения изделия, основные данные, которые должны обеспечивать стабильность показаний качества изделия в условиях эксплуатации.

В разделе «Технические характеристики» приводят: сведения о соответствии или отклонении от требований, установленных техническим заданием с обоснованиями отклонений.

В разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции»

приводят: описание и обоснование выбранной конструкции, схем и других технических решений, принятых и проверенных на стадии разработки курсового проекта (работы). При необходимости приводят иллюстрации, оценку технологичности изделия (по заданию преподавателя). Обоснование необходимости применения дефицитных изделий и материалов. Сведения о транспортировании и хранении (по заданию преподавателя). Сведения о соответствии изделия требованиям техники безопасности и производственной санитарии (по заданию преподавателя).

В разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надёжность конструкции» приводят:

а) Расчёты, подтверждающие работоспособность изделия (кинематические, электрические, точностные и др.;

Кинематическим расчетом определяется общее передаточное отношение прибора, которое затем распределяется между элементарными звеньями. Здесь же определяются и геометрические параметры элементарных звеньев, например, соотношение плеч рычажной передачи для обеспечения заданного передаточного отношения или диаметры основных окружностей зубчатых колес и так далее; с учётом полученных геометрических параметров звеньев вычерчивают компоновочную схему, продумывают конструкцию и условия сборки прибора.

Наряду с кинематическим расчётом расчетная часть пояснительной записки должна содержать расчёт параметров отсчётного устройства, расчёт зубчатых передач (если они есть), определение параметров натяжного волоска и расчёт силовой пружина, расчёт рычажных передач по условию наименьшей теоретической ошибки.

После выполнения кинематического и силового расчёта приступают к определению погрешностей проектируемого прибора, вызванных как схемной ошибкой измерения, получаемой за счет погрешностей элементарных звеньев (например, при использовании рычажных передач погрешность является результатом непостоянства передаточного отношения), так и разбросом геометрических параметров деталей при их изготовлении. Суммарная величина погрешности проектируемого прибора не должна превышать 0,5 цены деления шкалы. Для компенсации технологических погрешностей применяют различного рода компенсаторы, которые позволяют в небольших пределах изме-

нять общее передаточное отношение прибора.

В курсовой работе расчёт заканчивается определением предельно допустимых первичных ошибок, в курсовом проекте - назначением допусков на детали измерительной цепи.

б) Расчёты, подтверждающие надежность изделия (расчёты показателей долговечности, ремонтопригодности и др.) (только для курсового проекта).

В разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» приводят сведения об организации работ с изделием на месте эксплуатации, в том числе: описание специфических приёмов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием; описание порядка способов транспортировки, монтажа и хранения изделия и ввод его в действие на месте эксплуатации; оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобств обслуживания, устойчивости против воздействия внешней среди и возможности быстрого устранения отказов).

В разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» приводят ориентировочный расчет экономической эффективности; ориентировочный расчет цены изделия (по заданию преподавателя).

В разделе «Уровень стандартизации и унификации» приводят: сведения о стандартных, унифицированных и заимствованных сборочных единицах и деталях , которые была применены при разработке изделии, а также показатели уровня унификации изделия (по заданию преподавателя).

В приложении к пояснительной записке приводят: копию технического задания: цветной рисунок изделия (по заданию преподавателя); перечень используемой литературы.

При выполнении расчётной части записки, за каждой формулой в буквенном выражении записывается эта же формула в цифрах и результат с указанием размерности. Каждая буква формулы должна быть расшифрована в тексте или на иллюстрации. На каждую Формулу или эмпирический коэффициент должна быть ссылка на источник, заключенная в квадратные скобки, например, [5. с.12]. В списке используемой литературы указываются автор, издательство, место издания и год издания.

После зашиты все текстовые и графические материалы должны

быть подшиты в альбом.

При выполнении курсового проекта (работы) по специальному задание возможны отклонения как по объёму, так и по излагаемым разделам проекта (работы).

2. Оформление графических материалов

Все чертежи курсового проекта и курсовой работы выполняются карандашом на ватмане с соблюдением действующих стандартов, либо с использованием компьютерных технологий.

Линии на чертежах и схемах должны быть чёрными, контрастными, типы линий и их толщина должны соответствовать ГОСТ 2.303-68.

При выполнении чертежей следует применять стандартные масштабы (ГОСТ 2.303 - 68): 1:2; 1:2.5; 1:4 - для уменьшения и 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1 – для увеличения. ГОСТ 2.104 - 68 устанавливает для всех видов чертежей (сборочных, деталировки и др.) одну основную надпись, которую размещают в правом нижнем углу чертежа. Все графы основной надписи чертежа должны быть заполнены.

Чертеж общего вида выполняется на одном листе формата А1 (594х841) мм и должен содержать:

а) изображение изделия, текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

б) наименование и обозначение составных частей изделия:

в) габаритные, установочные, присоединительные размеры:

г) указания о выбранных посадках деталей (наносятся размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей по ГОСТ 2.307-68;

д) технические требования.

Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД рабочих чертежей. Отдельные изображения составных частей изделия размещают на одном листе с изображением всего изделия или на отдельных (последующих) листах чертежа общего вида.

Наименования и обозначения составных частей изделия могут быть указаны одним из следующих способов:

1) на полках линий выносок;

2) в таблице, размешенной на том же листе. что и изображение изделия;

3) в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа общего вида.

При наличии таблицы на полках линий выносок указывают номера позиций составных частей, включенных в таблицу. Таблица состоит из граф: "Позиция", "Обозначение", "Наименование", "Количество". "Дополнительные указания". Запись составных частей в таблицу производится следующим образом:

1) заимствованные изделия;

2) покупные изделия;

3) вновь разрабатываемые изделия.

Элементы чертежа общего вида выполняют по правилам ЕСКД для рабочих чертежей. Сборочный чертеж прибора выполняется на 1-2 листах формата А1 (594х841*)* и должен содержать:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Указать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т.п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.). Допускается помещать специальные технологические указания, если они являются единственными, гарантирующими качество сборки, например, развальцевать, обжать и т.п.;

г) номера позиций подсборок, входящих в состав сборочной единицы деталей и стандартных изделий. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа и группируют их по вертикальной и горизонтальной прямой;

д) габаритные размеры, определяющие предельные внешние или внутренние очертания прибора, например, посадку, длину, ширину или наибольший диаметр. Движущиеся детали прибора показыва-

ются в рабочем состоянии;

е) установочные, присоединительные и другие справочные размеры по ГОСТ 2.305-68; 2.311-68; 2.315-68, предусматриваются условности и упрощения деталей, резьбы и ее элементов, крепежных деталей на сборочных чертежах.

Кинематическая схема прибора выполняется на листе Формата А4...А3 и представляет собой условное изображение всех принципиально важных элементов, по которым можно представить принцип работы прибора. Если прибор помимо кинематических содержит электрические, пневматические или гидравлические части, необходимо выполнить комбинированную схему.

Схема выполняется без соблюдения масштаба. Расположение частей прибора учитывается приближенно. Элементы на схеме изображаются условно по правилам ЕСКД, а если в ЕСКД отсутствуют условные обозначения данных элементов, то их изображают полуконструктивно, либо в аксонометрии.

Рабочие чертежи прибора вычерчиваются на стандартных листах установленной формы, На чертеже каждой детали проставляются все необходимые размеры, посадки, квалитеты точности сопряженных поверхностей и шероховатость всех поверхностей детали. На чертеже указывают материал детали, термообработку, вид защитных покрытий, если это нужно для данной детали, а также допускаемые предельные отклонения размеров деталей.

Чертеж детали должен содержать минимальное число видов разрезов и сечений, но достаточное для определения ее формы и возможности простановки размеров. Так, например, для изготовления вала достаточно на чертеже показать один вид, дополнив его лишь сечениями и изображением отдельных элементов. Деталь рекомендуется изображать на чертеже в положении, соответствующем ее установке на станке. В этом случае облегчается чтение чертежа, при ее изготовлении.

3. Организация проектирования и порядок защиты курсовых проектов

Курсовое проектирование предполагает сочетание самостоятельной работы студента с процессом изучения существующих, созданных промышленностью аналогичных приборов и устройств. По-

этому, выполняя курсовой проект, студент должен ознакомиться с научно-технической литературой по теме выданного задания; изучить и проанализировать конструкции аналогичных устройств приборов, составить принципиальные и расчетные схемы, добиваясь наиболее простого конструктивного решения при наиболее полном удовлетворении технического задания на проект; произвести технические расчеты по разработанным схемам, используя знания, приобретенные по курсам: "Теоретическая механика", "Сопротивление материалов", "Прикладная механика", "Элементы приборов", "Теория, расчет и проектирование измерительных приборов", «Приборы автоматического контроля» и др.; провести технико-экономическое обоснование проекта; изготовить чертежи общего вида сборочных единиц и отдельных деталей проектируемого измерительного прибора; составить необходимые описания и пояснения к проекту.

Приступая к конструированию, необходимо руководствоваться следующим:

1) основной задачей при конструировании является получение рациональной конструкции, т.е. конструкции у которой все детали и узлы обладают одинаковой степенью соответствия к требованиям по надежности, точности, жесткости и прочности;

2) компоновка загрузочного устройства прибора должна быть такой, чтобы обеспечить наименьшие габаритные размеры, удобство сборки и регулировки, возможность замены деталей и узлов;

3) при выборе материала деталей и термообработки необходимо учитывать в зависимости от условий их работы такие физико-механические свойства материала, как прочность, жесткость, износостойкость; кроме того, к материалу могут быть выдвинуты дополнительные требования обеспечения малой массы детали, антикоррозийной стойкости и др.

4) конструктор обязан разработать технологичную конструкцию прибора и деталей, входящих в него, для изготовления которых требуются минимальные затраты времени, труда и средств в условиях данного производства:

5) необходимо использовать стандартные изделия (подшипники, разъемы, болты, винты, крышки и т.п.), а также учитывать, что при конструировании деталей стандартизованы геометрические формы и размеры их элементов, такие, как центровые отверстия, выточ-

ки, галтели, заплечики, выбег резьбы в глухих отверстиях и др.;

6) требования к шероховатости поверхности имеют важное значение для поверхностей, по которым происходит относительное перемещение и вращение деталей.

Защита проекта производится перед комиссией преподавателей, состоящей из 2 - 3 человек, с обязательным присутствием руководителя проекта. В процессе защиты проекта студент должен сообщить тему проекта, объяснить назначение и принцип действия спроектированного измерительного прибора, пояснить его конструкцию, а затем ответить на вопросы членов комиссии. Вопросы, задаваемые студенту, должны выявить глубину понимания принципа действия и конструкции измерительного прибора, последовательности его сборки, целесообразности выбранных конструктивных решений, обоснованности назначения материалов деталей и химико-термической обработки их, назначения посадок, предельных отклонений и т.п.

4. Варианты заданий по курсовому проекту (работе)

При выполнении курсового проекта (работы) требуется спроектировать универсальный измерительный прибор по схеме, соответствующей названию прибора с метрологическими характеристиками, приведенными в задании. Недостающие метрологические характеристики выбрать самостоятельно.

Примеры вариантов заданий по курсовому проекту (работе):

1. Малогабаритная пружинная головка (микатор) ИПМ: цена деления с=0,002мм, предел измерения ± 50 дел.;
2. Пружинная измерительная головка (микрокатор) ИГП: цена деления с=0,0005мм, предел измерения ±20 дел.;
3. Многооборотный индикатор МИГ: цена деления с=0,001мм, предел измерения 5мм;
4. Многооборотный рычажно-зубчатый индикатор ИГМ: цена деления с=0,001мм, предел измерения 10 мм;
5. Индикатор часового типа: цена деления с=0,02мм, предел измерения 5мм;
6. Торцевой индикатор с двумя измерительными стержнями: цена деления с=0,005мм, предел измерения 10мм;
7. Пружинно-оптическая головка (оптикатор): цена деления с=0,001мм, предел измерения ±250мкм.

5. Указания к выполнению курсового проекта (работы)

Приступая к проектированию, первым делом необходимо определиться с кинематической схемой, типоразмерами конструкции и техническими характеристикам. После чего, рассчитать передаточные числа прибора, погрешность измерения, произвести кинематический расчет прибора.

Далее приведены кинематические схемы и конструкции измерительных приборов [6].

Малогабаритная пружинная головка (микатор):

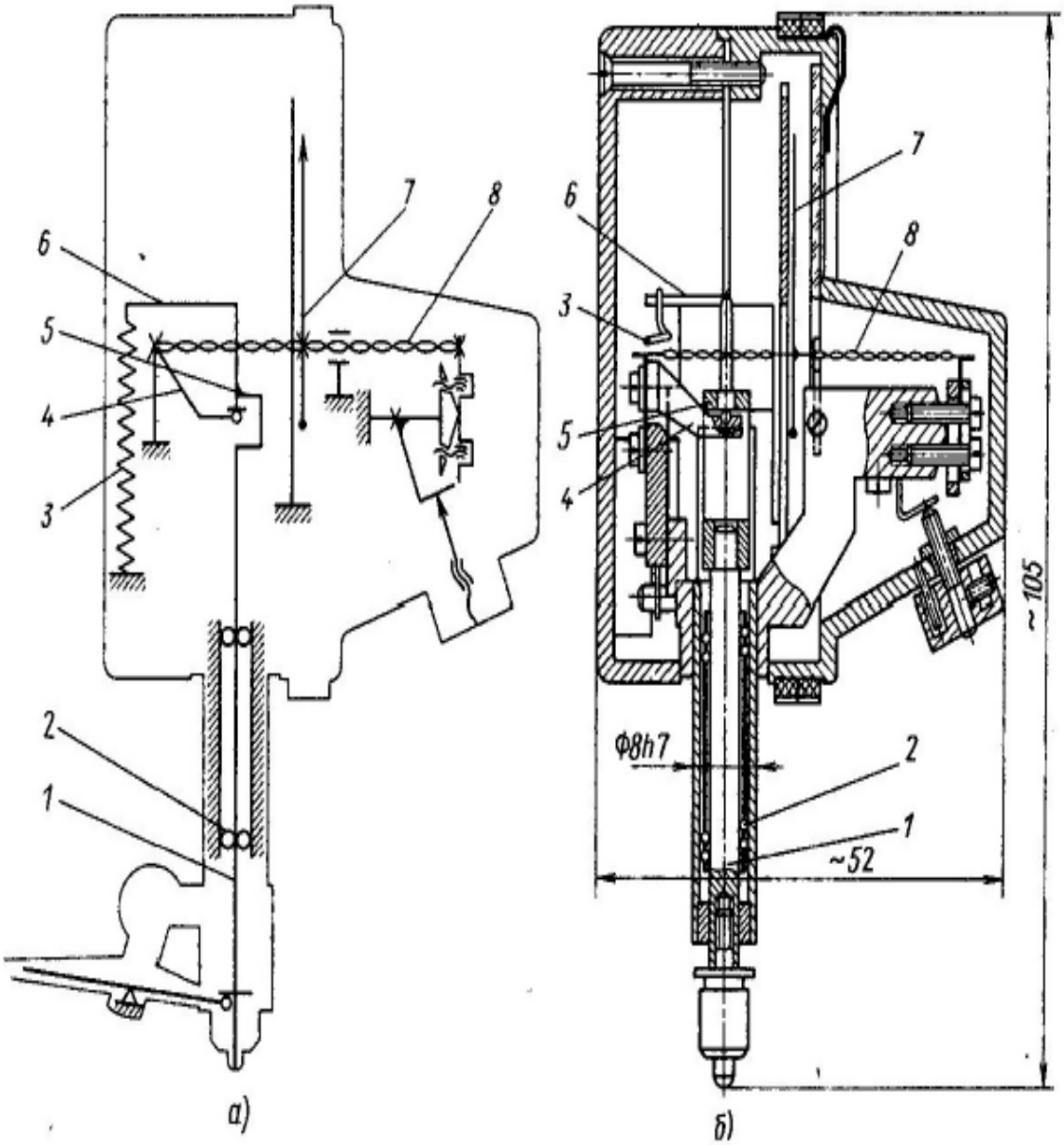

Рисунок 5.1 – Пружинная малогабаритная измерительная головка (микатор): а - схема; б - конструкция

Пружинная измерительная головка (микрокатор):

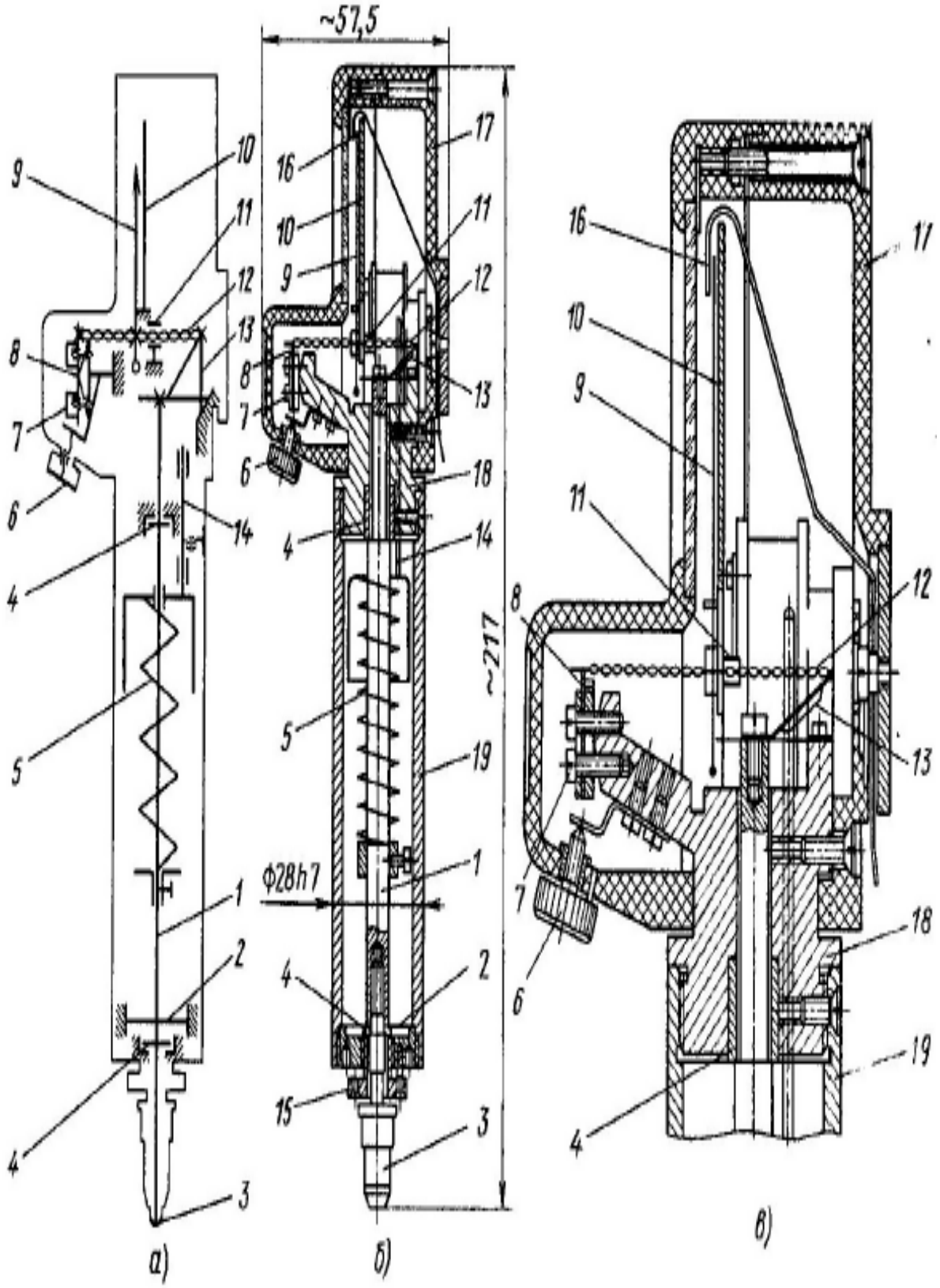

Рисунок 5.2 – Пружинная измерительная головка (микрокатор): а- схема; б-конструкция микрокатора; в-конструкция верхней части микрокатора

Индикатор часового типа:

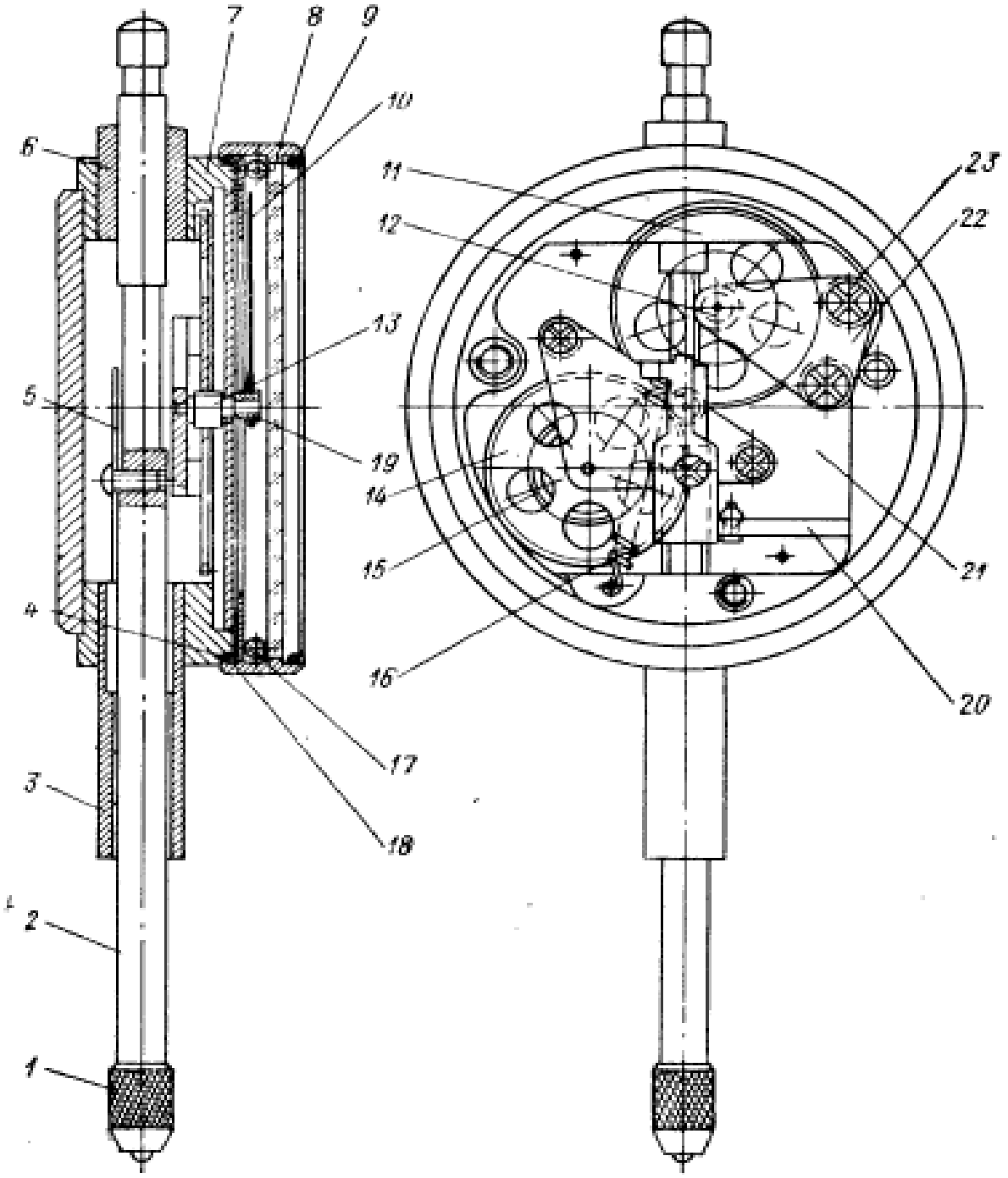

Рисунок 5.3 – Индикатор часового типа

Пружинно-оптическая головка (оптикатор):

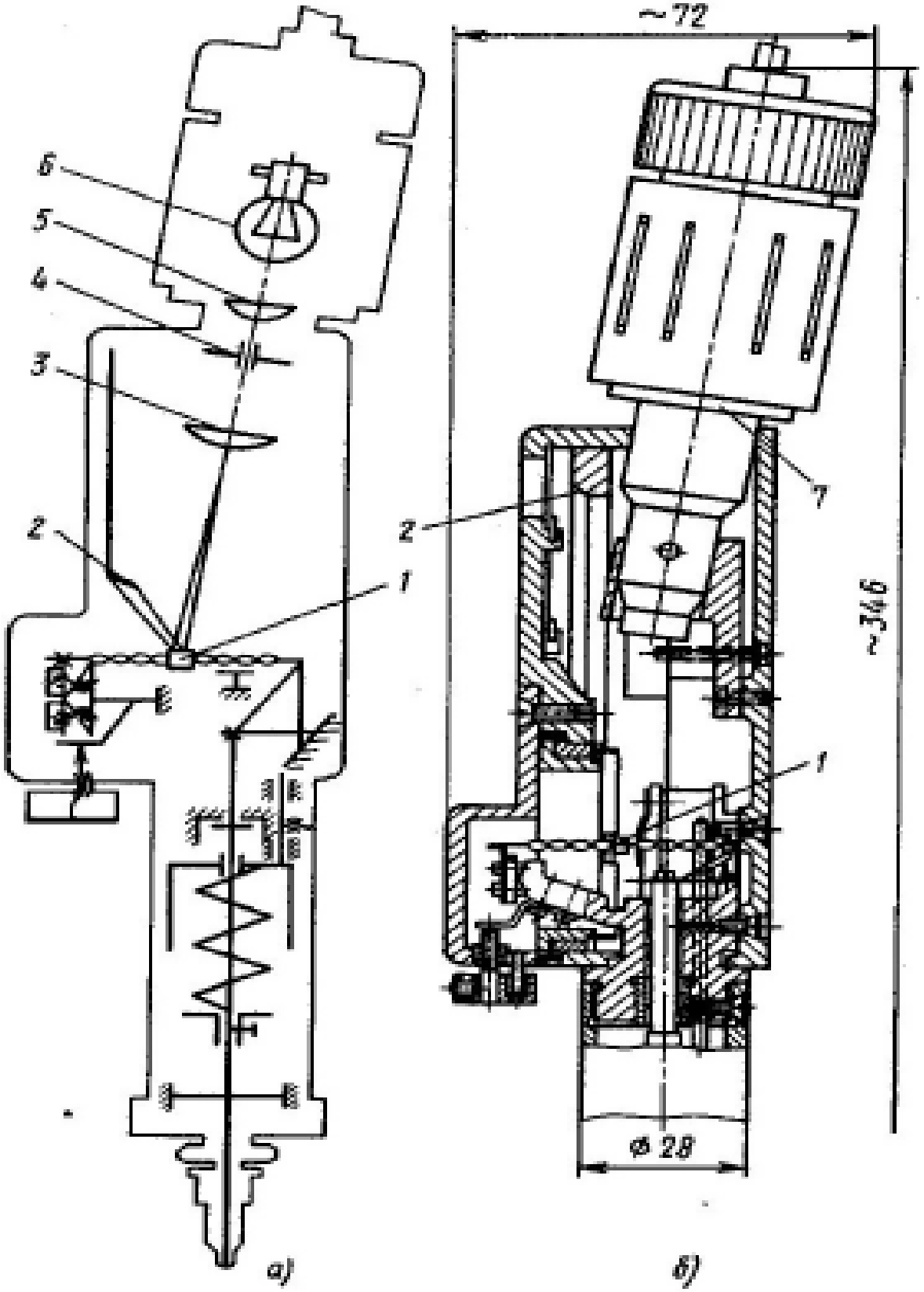

Рисунок 5.4 – Пружинно-оптическая измерительная головка (оптикатор): а - схема; б – конструкция верхней части

Многооборотный индикатор МИГ:

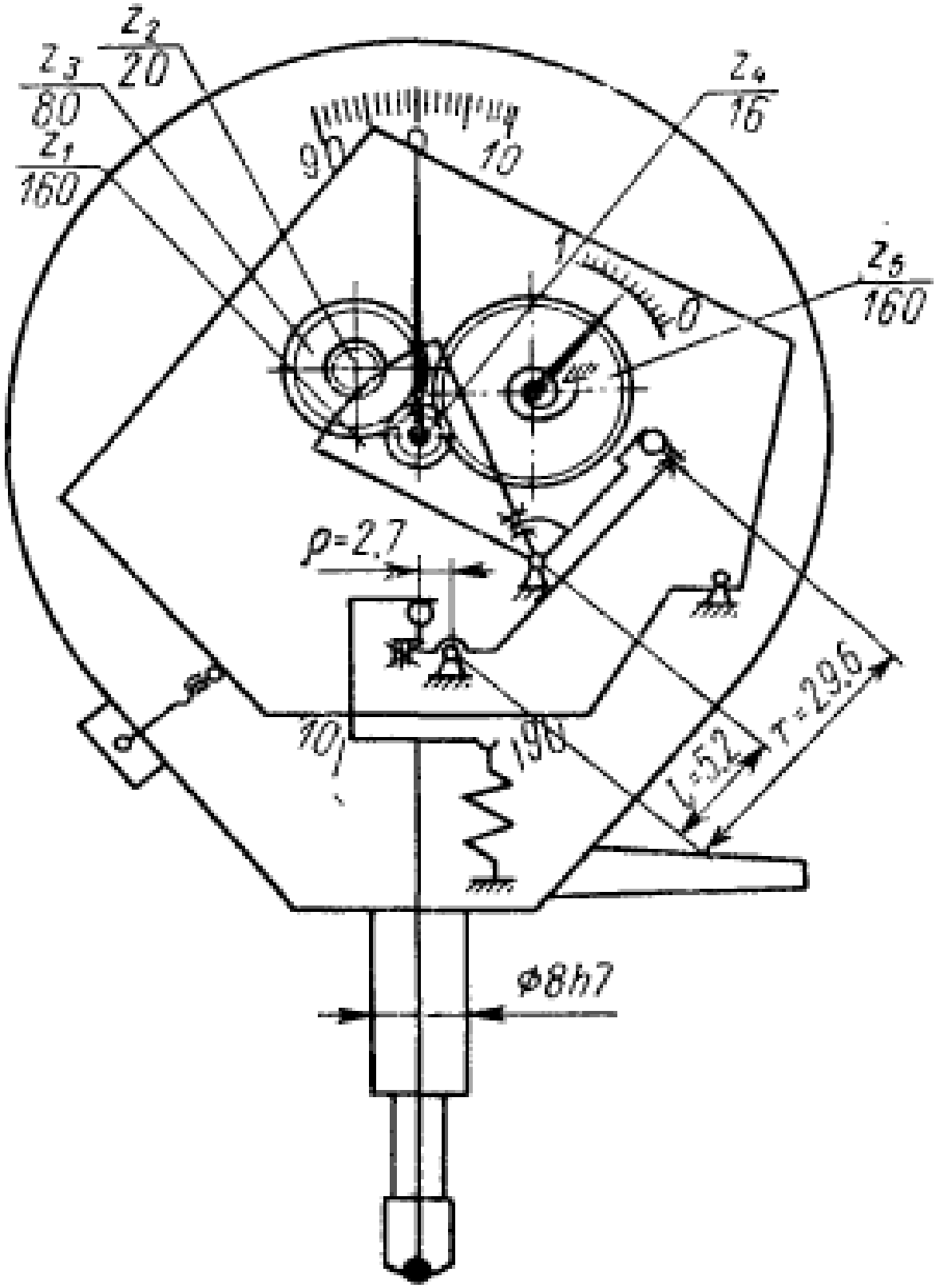

Рисунок 5.5– Кинематическая схема многооборотных рычажно-зубчатых измерительных головок МИГ с двухрычажной передачей

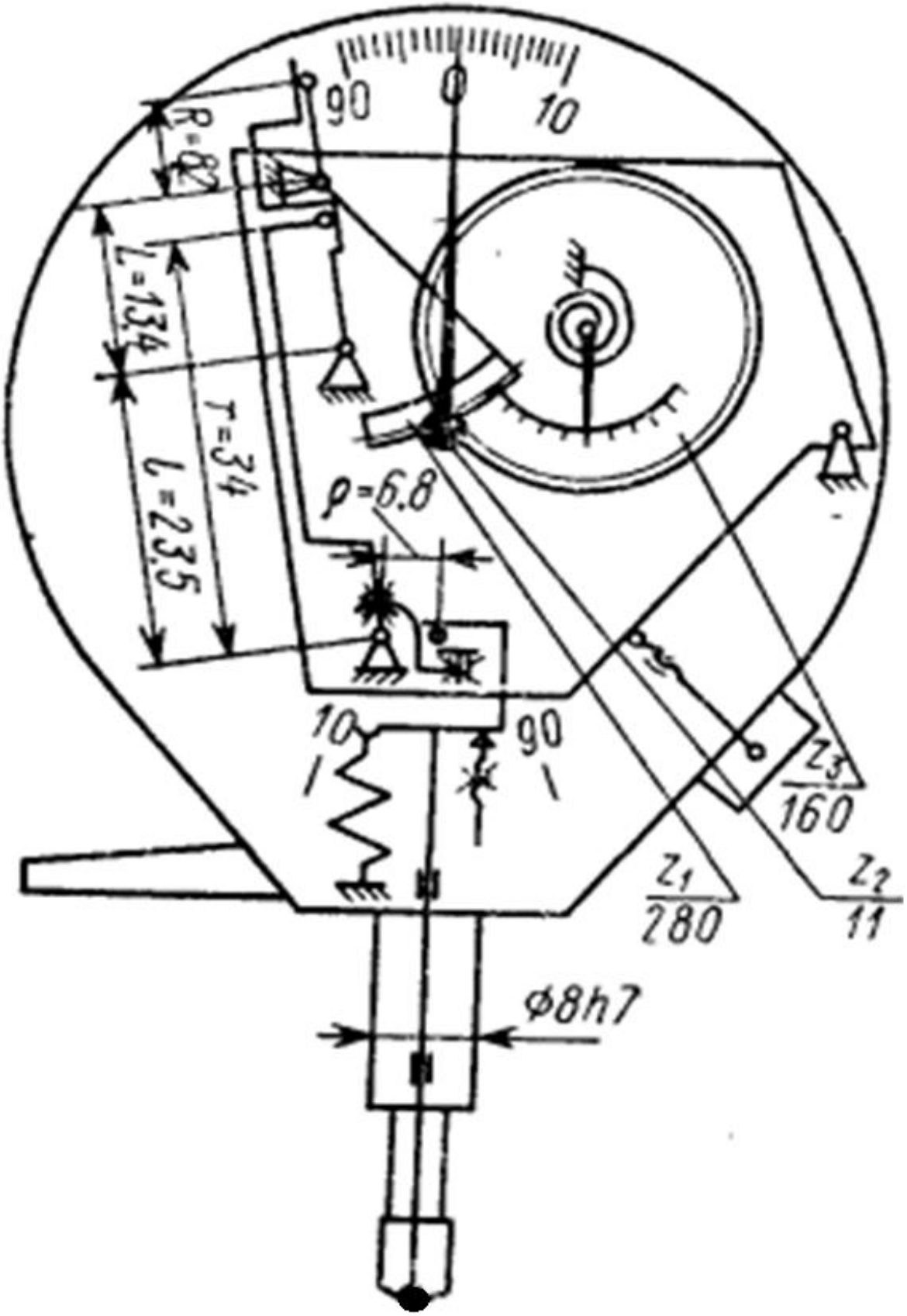

Рисунок 5.6 – Кинематическая схема многооборотных рычажно-зубчатых измерительных головок МИГ с трехрычажной передачей

6. Выбор типа и расчет параметров отсчетных устройств

Параметры и характеристики шкал. ***Шкалой*** называется совокупность отметок (штрихов, цифр и букв), расположенных по прямой линии или по дуге окружности и изображающих ряд последовательных чисел, соответствующих значениям измеряемой величины. Деталь, на которую нанесена шкала, называется ***циферблатом.***

Указателем называется стрелка, индекс со штрихом или световое пятно, которые занимают определенное положение относительно шкалы и отмечают деление шкалы, соответствующее значению измеряемой величины.

Носителем шкалы называется линия, перпендикулярно к которой наносятся штрихи — отметки шкалы, соответствующие определенным значениям измеряемой величины. Участок шкалы, ограниченный двумя соседними штрихами, называется ***делением шкалы***, а расстояние между осями соседних штрихов — ***длиной деления*** *(b)* или интервалом шкалы.

Ценой деления *(H)* называется число единиц измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы.

Ценой оборота *($A_ш$)* шкалы называется число единиц измеряемой величины, соответствующее полному обороту шкалы. Отношение длины деления шкалы к цене деления называется ***масштабом шкалы*** $M_ш=b/H$. Отметки шкалы с оцифрованными и «немыми» штрихами образуют ***градуировку шкалы***.

Пределы изменения измеряемой величины, изображаемой отметками, называются ***пределами шкалы*** (*Xmin* и *Xmax* — нижний и верхний пределы шкалы).

Угол шкалы *($\alpha_ш$)* — угол, соответствующий длине дуги носителя шкалы между первой и последней ее отметками. Если деления шкалы, имеющие равную цену, имеют одинаковую длину, то шкала называется ***равномерной (линейной)***; при несоблюдении этого условия шкала называется ***неравномерной (функциональной)***. Согласно ГОСТ 5365—70 шкала считается равномерной, если коэффициент неравномерности ее $K_н = bmax/bmin \leq 1{,}3$.

Параметры равномерных шкал при $K_н = 1$ связаны следующими зависимостями:

- ***число делений шкалы*** $N_ш = (Xmax - Xmin)/H$,
- ***длина шкалы*** $L = N_ш b$,

· ***диаметр круговой*** или ***дуговой шкалы*** $D_ш = 360°L_ш/\pi\alpha_ш$.

Характеристикой шкалы называется зависимость между углом отклонения а указателя подвижной системы прибора и значением величины X, измеряемой прибором, т. е, $\alpha = f(X)$. [5]

Расчет отсчетных устройств. Исходными данными для расчета и выбора типа отсчетного устройства являются:

1) пределы изменения измеряемой величины *Xmax-Xmin*, о.е.;
2) соответствующий этим пределам угол поворота $\alpha_{ИЭ}$ валика исполнительного элемента [ИЭ] прибора, рад;
3) назначение и класс точности прибора и соответствующие им допускаемые значения погрешностей прибора [γ], %, и [Δ*X*], о. е.;
4) длина деления шкалы b, мм, соответствующая типу прибора;
5) ориентировочные: угол $\alpha_ш$, рад, и диаметр шкалы $D_{ош}$, мм.

Расчет дуговой и круговой шкал. Определяют:

1) цену деления $H = 2\,[\Delta X]$, о. е.;
2) число делений $N_ш = (Xmax-Xmin)/H$;
3) расчетную длину шкалы $L_ш = N_m b$, мм;
4) расчетный диаметр шкалы $D_ш = 2 \cdot L_ш/\alpha_ш$, мм.

В случае, когда заданы не *Xmax-Xmin* и [Δ*X*], о. е., а цена оборота валика ИЭ — $A_{иэ}$, о. е., и допускаемая погрешность прибора [Δ*A*],о.е., определяют:

$H = 2\,[\Delta A]$, о.е.;

$N_ш = A_{иэ}/H$;

$Lш = N_ш \cdot b$, мм;

$D_ш = 2 \cdot L_ш/\alpha_ш$, мм.

Если при $\alpha_ш = \alpha_{ИЭ} \leq 2\pi$ получают $D_ш \leq D_{ош}$, то применяют дуговую или круговую шкалу, соединенную непосредственно с валиком ИЭ. Из ряда нормальных диаметров шкал (35, 50, 65, 80, 100, . . . мм) выбирают ближайшее большее значение для $D_ш$ и уточняют $L_ш = D_ш \cdot \alpha_ш/2$, мм и $b = L_ш/N_ш$, мм.

Если при $\alpha_ш = \alpha_{ИЭ} = 2\pi$ получают $D_ш > D_{ош}$, то определяют расчетный $\alpha_ш' = 2\pi \cdot D_ш/D_{ош}$, рад. При $2\pi < \alpha_ш < 8\pi$ применяют спиральную или винтовую шкалу с отсчетным механизмом. При $\alpha_ш' > 8\pi$ применяют отсчетное устройство с двумя шкалами (ШГО и ШТО) и отсчетным механизмом. [5]

7. Пример выбора и расчета измерительного прибора

7.1 Расчет общего передаточного числа индикатора часового типа

На рисунке 7.1 представлена кинематическая схема индикатора часового типа.

Основной характеристикой зубчатого механизма является передаточное число.

Передаточным числом механизмов, содержащих зубчатые передачи, называется отношение чисел зубьев колеса (большее по диаметру зубчатое колесо пары) к числу зубьев шестерни (меньшее зубчатое колесо пары).

Передаточное число последовательного соединения передач равно произведению передаточных чисел отдельных пар.

$I_{общ} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{45} \cdot i_{о.у.}$,

где $I_{общ}$ – передаточное число последовательного соединения передач;

i_{12} - передаточное отношение реечной передачи;

i_{34} и i_{45} – зубчатые передачи;

$i_{о.у.}$ – передаточное отношение отсчетного устройства.

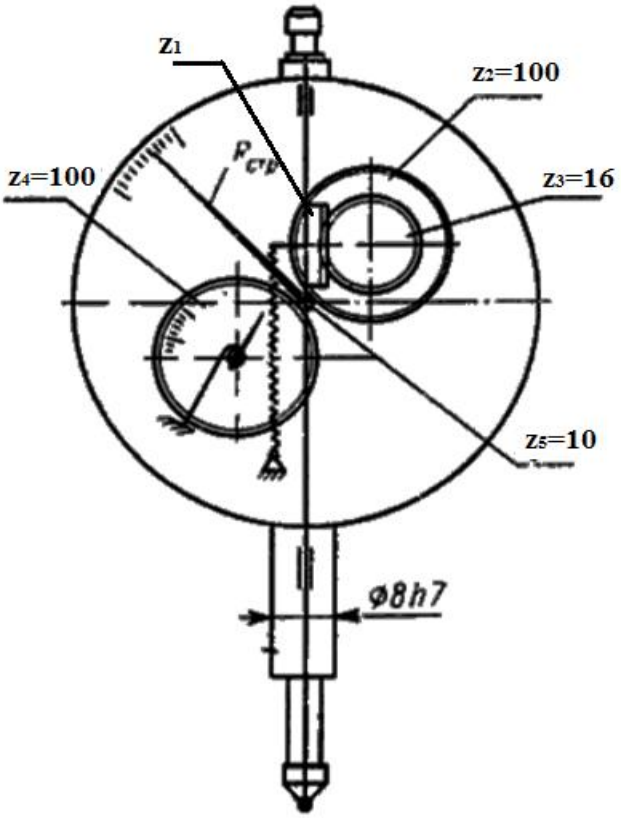

Рисунок 7.1 – Кинематическая схема индикатора часового типа

Согласно техническому заданию, проектируемый индикатор часового типа имеет цену деления равную 10 мкм и предел измерения 0-10 мм.

Исходя из ГОСТ 577-68, длина деления шкалы должна быть не менее 1 мм [7]. Учитывая стандартные конструкции и параметры отсчетных устройств [5], принимаем, что в данном индикаторе длина деления шкалы равна 1,57 мм (более подробный расчет и обоснование данного выбора длины деления будет представлен далее, в пункте 7.5 Расчет отсчетного устройства).

$c = a / I_{общ}$

где c – цена деления;

a – длина деления шкалы.

$I_{общ} = a/c$

$I_{общ} = 1{,}57/0{,}01$

Так как общее передаточное отношение складывается из произведения передаточных отношений отдельных звеньев [2], следовательно:

$\boldsymbol{I_{общ} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{45} \cdot i_{о.у.} = 157.}$

Для того чтобы приступить к проектированию необходимо найти передаточные числа всех звеньев индикатора, поэтому далее произведем расчет передаточного отношения реечной передачи, зубчатых передач и передаточного отношения отсчетного устройства.

7.2 Расчет передаточного числа индикатора в общем виде

Передаточное число индикатора определяют как отношение линейного перемещения конца стрелки к вызвавшему его перемещению измерительного стержня:

$\boldsymbol{I_{общ} = (R \cdot \varphi) / l}$, **(1)**

где R – длина стрелки от оси поворота до свободного конца;

φ – угол поворота стрелки;

l – величина перемещения измерительного наконечника (перемещение рейки входного звена).

Величину перемещения измерительного наконечника l можно выразить как произведение радиуса делительной окружности триба 3 (r_3) на угол его поворота α, т. е.

$\boldsymbol{l = r_3 \cdot \alpha}$, **(2)**

где r_3 – радиус делительной окружности триба;

α - угол поворота.

Угол поворота стрелки φ равен углу поворота триба 3, умноженному на передаточное число следующей зубчатой пары от стрелки до этого триба, т. е.

$\boldsymbol{\varphi = (\alpha \cdot z_4)/z_5}$**, (3)**

Отсюда передаточное число индикатора:

$I_{общ} = (R/r_3) \cdot (z_4/z_5)$

или заменив $r_3 = m \cdot z_3/2$, получим:

$\boldsymbol{I_{общ} = (2R/\, mz_3) \cdot (z_4/z_5)}$**. (4)**

Передаточное число индикатора можно получить, если представить себе конечное звено стрелки и начальное звено триба как рычаг, и тогда передаточное число равно отношению плеч рычага, увеличенному на передаточное число зубчатой пары, т. е.

$\boldsymbol{I_{общ} = (R/r_3) \cdot (z_4/z_5)}$**, (5)**

где r_3 - радиус делительной окружности триба 3;

И таким образом,

$\boldsymbol{I_{общ} = (2R/\, mz_3) \cdot (z_4/z_5)}$**, (6)**

Одним из основных показателей индикатора, облегчающих его использование и ограничивающих число вариантов для расчета, является условие, что при перемещении наконечника на l = 1 мм стрелка совершает один оборот, т.е. $\varphi = 2\pi$.

Это ограничение дает возможность получить выражение для определения значения модуля зубчатых зацеплений, используя приведенные выше зависимости для l (2) и для φ (3);

$\alpha = l/r_3$;

$\varphi = 2\pi = (l/r_3) \cdot (z_4/z_5)$;

$2\pi = (2/\pi \cdot m) \cdot (z_4/z_5)$;

$\boldsymbol{m = (l/\pi \cdot z_3) \cdot (z_4/z_5)}$**;**

В отечественных конструкциях индикаторов с диапазоном показаний 5 и 10 мм из многолетней практики установились значения z_3=16, z_4=100 и z_5=10 зубьев.

Отсюда $m = (1 \cdot 100)/(3{,}14 \cdot 16 \cdot 10) = 0{,}199$ мм.

Это не очень удобное значение модуля применяют широко только в зубчатых передачах индикаторов часового типа.

В указанных индикаторах длина стрелки от оси поворота до конца обычно равна 25 мм. И при выполнении данного курсового

проекта принимаем длину стрелки от оси поворота до конца равной 25 мм.

Тогда общее передаточное число:

$\boldsymbol{I_{общ} = (2R/\ mz_3) \cdot (z_4/z_5);}$

$\boldsymbol{I_{общ} = (2 \cdot 25 \cdot 100)/(0{,}1999 \cdot 16 \cdot 10) = 157,}$

Т.е. перемещения измерительного наконечника индикатора преобразуется в перемещение конца стрелки с увеличением в 157 раз (что совпадает с расчетом общего передаточного числа пункт 7.1). [4]

Общее передаточное отношение складывается из произведения передаточных отношений отдельных звеньев, следовательно:

$\boldsymbol{I_{общ} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{45} \cdot i_{о.у.} = 157.}$

Так как диапазон показаний выбранного индикатора часового типа 5 и 10 мм, а цена деления *c*=0,01 мм, то погрешность находится в пределах ***c*/2 = 0,005 мм = 5 мкм**.

7.3 Расчет реечной передачи

Реечная передача (Рис.7.3) используется для преобразования прямолинейного поступательного движения рейки 1 во вращательное движение зубчатого колеса 2. Перемещение рейки 1 вызывает вращение относительно ее зубчатого колеса 2.

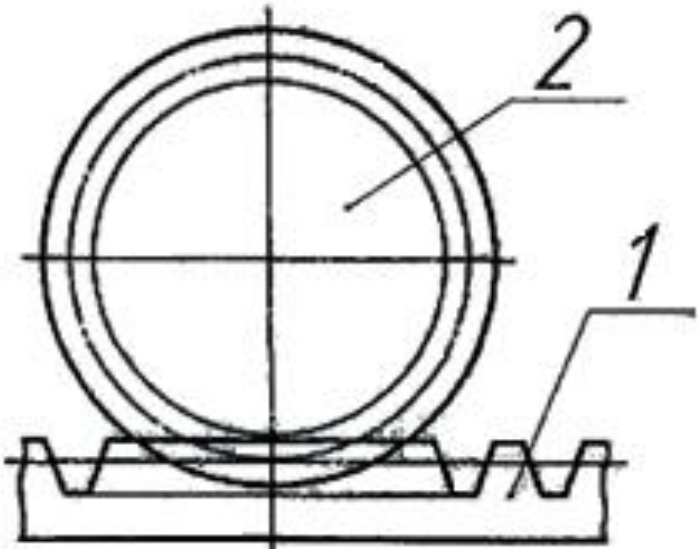

Рисунок 7.3 – Реечная передача

При вращении зубчатого колеса 2 вокруг неподвижной оси зубчатая рейка 1 перемещается прямолинейно поступательно при каж-

дом обороте колеса на величину S, равную длине начальной окружности зубчатого колеса (в мм) [4], т.е.

$S = \pi d = \pi m$,

S=3,14·0,199·16=10мм.

$\boldsymbol{i_{12}}$ **= 1.**

Передаточное отношение такой передачи равно единице.

7.4 Расчет зубчатой передачи

Исходными данными для расчета зубчатого колеса являются следующие параметры (Рис. 7.4):

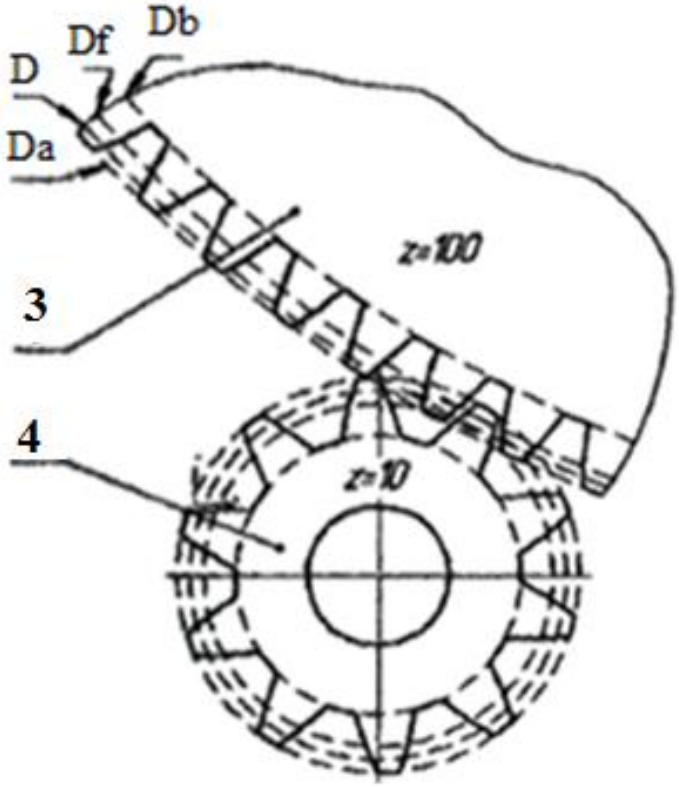

Рисунок 7.4 - Зубчатая передача

m - модуль (часть диаметра делительной окружности приходящейся на один зуб);

z – количество зубьев колеса;

α – угол профиля исходного контура (является величиной стандартной и равной 20^0);

D – делительный диаметр – это диаметр стандартного шага модуля и угла профиля. Он определяется по формуле:

$D = m \cdot z$,

Определим кривые, ограничивающие эвольвенту. Этими кривыми являются: диаметр вершин зубьев и диаметр впадин зубьев.

Диаметр вершин зубьев определяется по формуле:

$Da = D + 2m$,

Диаметр впадин зубьев определяется по формуле:

$Df = D – 2(c + m)$,

где с - радиальный зазор пары исходных контуров. Он определяется по формуле:

$c = 0{,}25m$.

Диаметр основной окружности, развертка которой и будет составлять эвольвенту, определяется по формуле:

$Db = \cos \alpha \cdot D$

Посчитав, заносим в таблицу 4 параметры зубчатых колес.

Таблица 4

Расчетные параметры зубчатых колес

	Зубчатое колесо 3	Зубчатое колесо 4
Кол-во зубьев *z*	100	10
Модуль *m*	0,199	0,199
Делительный диаметр *D*, мм	19,9	1,99
Диаметр вершин зубьев *Da*, мм	20,3	2,39
Диаметр впадин зубьев *Df*, мм	19,4	2,5
Диаметр основной окружности *Db*, мм	18,7	1,87
Угол профиля контура зуба α^0	20	20

Передаточное отношение этого узла рассчитывается, как отношение числа зубьев ведомого колеса к числу зубьев ведущего колеса:

$i_{34} = z_4/z_3$,

$\boldsymbol{i_{34} = 10/100 = 0{,}1}$

передаточное отношение другой зубчатой передачи (Рис. 7.1, зубчатые колеса 4 и 5) рассчитываются аналогичным способом и будет равно:

$i_{45} = z_5/z_4$,

$\boldsymbol{i_{45} = 100/10 = 10}$

7.5 Расчет отсчетного устройства

Основными деталями отсчетных устройств являются шкалы и указатели (рис. 7.5).

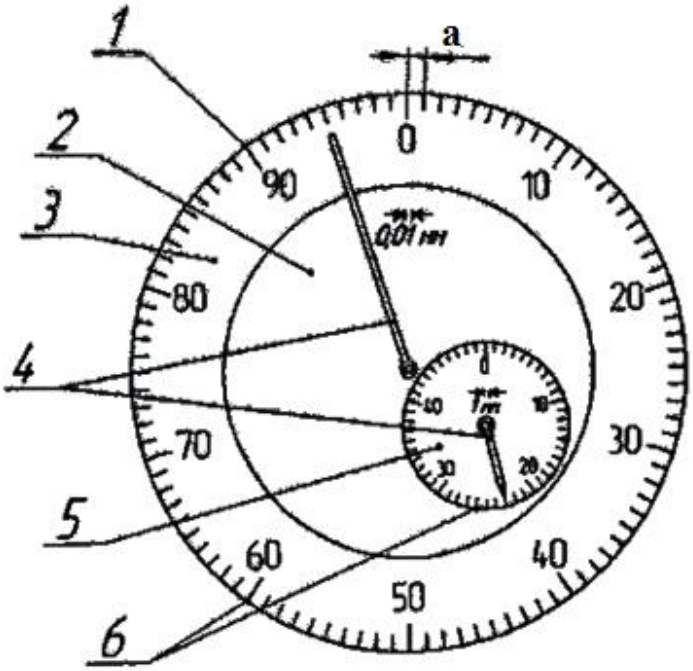

Рисунок 7.6 – Отсчетное устройство индикатора

Шкала (1) – совокупность отметок, расположенных по прямой линии или по дуге окружности и изображающих ряд последовательных чисел, соответствующих значения измеряемой величины.

Циферблат (2) – деталь, на которую нанесена шкала.

Цена деления шкалы точного отсчета (а) – 10 мкм.

Пределы измерений – от 0 до 10 мм.

ШТО (3) – шкала точного отсчета.

ШГО (5) – шкала грубого отсчета.

Указатель (4) – стрелка.

Носитель шкалы (6) – линия, перпендикулярно к которой наносятся штрихи, соответствующие определенным значениям измеряемой величины.

Цена деления шкалы:

$H_{\text{што}}$ = 0,01 мм.

Число делений определяется как отношение пределов шкалы к цене деления:

$N_{што} = (X_{max}-X_{min})/H_{што} = (1-0)/0,01 = 100;$

$N_{шго} = 50;$

Диаметр шкал равны:

$D_{што} = 65$ мм; $D_{шго} = 25$ мм.

Определяем длину делений шкал и длину шкал:

$L_{окр.стр.} = \pi D_{стр} = 3,14 \cdot 50 = 157$ мм,

где $L_{окр.стр.}$ – длина окружности описываемой стрелки,

тогда длина деления штрихов на основании шкале будет равна:

$b_{што} = L_{окр.стр.}/ H_{што} = 157/100 = 1,57$ мм,

где $b_{што}$ – длина деления шкалы;

$L_{шго} = \pi D_{шго} = 3,14 \cdot 25 = 78,5$ мм,

где $L_{шго}$ – длина шкалы;

$b_{шго} = L_{шго}/ N_{шго} = 94,2/50 = 1,57$ мм,

где $b_{шго}$ – длина деления шкалы.

Передаточное отношение индикатора рассчитывается как отношение длины деления штриха к цене деления и будет рано:

$i_{о.у.} = a/c$, где $i_{о.у.}$ – передаточное число отсчетного устройства.

$\boldsymbol{i_{о.у.} = 1,57/0,01 = 157.}$

Посчитав передаточные отношения всех узлов найдем общее передаточное отношение индикатора:

$\boldsymbol{I_{общ} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{45} \cdot i_{о.у.} = 1 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 157 = 157.}$

Таким образом, подставив в формулу общего передаточного отношения передаточные числа реечной, зубчатых передач и передаточное число отсчетного устройства видим, что произведение передаточных отношений отдельных узлов совпали с общим передаточным отношением. [5]

7.6 Графическая часть

При выполнении чертежей необходимо руководствоваться требованиями ЕСКД. Для сборочного чертежа составить спецификацию, которую включить как приложение в пояснительную записку.

Оглавление

1. Содержание и оформление текстовых документов……....…..…4
2. Оформление графических материалов……7
3. Организация проектирования и порядок защиты курсовых проектов……...…….…...9
4. Варианты заданий по курсовому проекту (работе)…….....11
5. Указания к выполнению курсового проекта (работы)……..…..12
6. Выбор типа и расчет параметров отсчетных устройств…….....18
7. Пример выбора и расчета измерительного прибора……....20
7.1 Расчет общего передаточного числа индикатора часового типа……...…20
7.2 Расчет передаточного числа индикатора в общем виде……..21
7.3 Расчет реечной передачи……....23
7.4 Расчет зубчатой передачи……..24
7.5 Расчет отсчетного устройства……26
7.6 Графическая часть…….....27
Оглавление……...28
Библиографический список…….....29
Приложения…….....30

Библиографический список

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3х т. Т.1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978, 728 с.

2. Городецкий Ю.Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М., «Машиностроение», 1971, 376 с.

3. Иванцов А.И. Основы теории точности измерительных устройств. Издательство Стандартов, 1972, 212 с.

4. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов, М., «Машиностроение», 1981, 368 с.

5. Первицкий Ю.Д. Расчет и конструирование точных механизмов. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и переработ. Л., «Машиностроение», 1979, 456 с.

6. Сорочкин Б.М., Тененбаум Ю.З., Курочкин А.П., Виноградов Ю.Д. Средства для линейных измерений. Л., «Машиностроение», 1978, 263 с.

7. ГОСТ 577-68 – Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.

Приложение 1

Оформление титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«**Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**
(ВлГУ)

Кафедра «Биомедицинских и электронных средств и технологий»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине
«Проектирование и конструирование приборных систем, блоков и узлов»
на тему:
«Индикатор часового типа»

Выполнил:
Ст.гр. Пмт-115
Иванов И.И.
Проверил:
Петров П.П.

Владимир 2016