

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИНК
_____ В.Н. Бориков
“ ___ ” _____ 2014 г.

**ВЫСОКОТОЧНЫЕ УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
В ПРИБОРОСТРОЕНИИ
С ПОМОЩЬЮ УРОВНЕЙ, КВАДРАНТОВ**

Лабораторная работа №2

Методические указания к выполнению
лабораторной работы по курсу
«Общая теория измерений»
для студентов IV курса,
по направлению 200100 «Приборостроение»

УДК 681.786.3

Высокоточные угловые измерения в приборостроении с помощью уровней, квадрантов. Методические указания к проведению лабораторной работы по курсу “Теория измерений” для студентов по направлению 200100 «Приборостроение» очного обучения

Томск: Изд-во ТПУ., 2014-____ с.

Составители доцент, к.т.н. Гормаков А.Н.
 ст препод., к.т.н. Иванова В.С..

Рецензент ст. препод.. Голиков А.Н.

Учебно-методическое пособие рассмотрено методическим семинаром кафедры точного приборостроения _____2014 г.

Зав. кафедрой ТПС

В.Н. Бороков

Цели и задачи работы

1.1. Ознакомление с оптическими методами измерения углов

1.2. Изучение устройства и правил эксплуатации квадранта оптического КО-30.

1.3. Приобретение навыков работы с оптическим квадрантом КО-30:

- проверка правильности нулевого показания прибора;
- определение величины и направления отклонения поверхности поверочных (юстировочных) плит от плоскости горизонта;
- горизонтирование различных приспособлений и приборов;
- выставка поверхности (юстировочных) стола испытательного стенда под заданным углом к плоскости горизонта;

1. Оборудование, измерительные приборы и инструменты

При выполнении работы используются уровни пузырьковые, квадрант оптический КО-30, плита поверочная.

2. Средства и методы высокоточных угловых измерений

2.1 Уровни

Уровни предназначены для контроля горизонтальности и вертикальности расположения плоских и цилиндрических поверхностей.

Ампула уровней (рис. 1) представляет собой запаянную цилиндрическую трубку, заполненную жидким эфиром так, что внутри трубки остается пузырек воздуха, насыщенный парами эфира. Внутренняя поверхность ампулы имеет бочкообразную форму, поэтому при горизонтальном расположении уровня пузырек занимает верхнее положение. На наружной поверхности ампулы нанесена шкала с интервалом делений 2 мм. При наклоне уровня пузырек перемещается относительно нейтрального положения (нуль-пункта) пропорционально углу наклона. По шкале ампулы измеряют наклон уровня в миллиметрах, отнесенный к длине, равной 1 м. Цена деления ампул уровней составляет 0,02; 0,05; 0,10; и 0,15 мм/м и погрешность не должна превышать соответственно $\pm 0,004$; 0,0075; 0,015 и 0,02 мм/м. Наклон поверхности уровня на 0,01 мм/м соответствует углу 2".

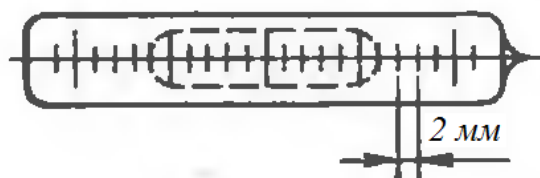


Рис. 1 Ампула уровней

Основными характеристиками уровня являются:

- точность;
- диапазон измерений;

- инерционность;
- термостабильность.

Преимущество жидкостных уровней заключается в простоте устройства и непосредственной связи их показаний с направлением силы тяжести.

К недостаткам таких уровней (применительно к высокоточным приборам) следует отнести трудность изготовления ампулы нужной точности, сравнительно большие систематические и случайные погрешности отсчета, большую инерционность (например, уровень с ценой деления 2" на 2 мм успокаивается за время не менее 1 минуты) и малую термостабильность (до -60°C).

При наиболее ответственных измерениях, когда показания уровня имеют решающее значение, руководящие нормативные документы требуют делать отсчет не менее чем через 2 минуты после установки прибора.

Значение систематической погрешности ампул высокоточных уровней с ценой деления 1 и 2 " на практике достигает 22 %. Случайная погрешность отсчета по жидкостному уровню также достаточно велика. В зависимости от толщины стенки ампулы и направления освещения при отсчете эта погрешность достигает 25 %.

При осуществлении контроля углов наклона с помощью уровней необходимы следующие условия:

- 1) достаточная длина поверхности;
- 2) обеспечение чистоты базовой поверхности уровня и контролируемой поверхности.

Проверка нуля-пункта уровня

При проверке нуля-пункта уровень устанавливают на плите класса точности 0, поверхность которой выставлена горизонтально. Выполняют отсчет положения конца пузырька по шкале. Затем уровень поворачивают на 180°, ставят на то же место плиты и выполняют отсчет по другому концу пузырька. Разность отсчетов не должна превышать половины деления шкалы.

Снятие отсчетов

Отсчеты выполняют по смещению пузырька относительно штрихов *A* и *B* на ампуле уровня, которые расположены симметрично относительно нуля-пункта на расстоянии один от другого, равном длине пузырька (рис. 2).

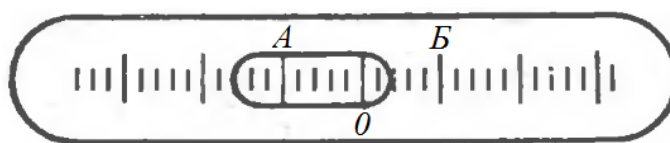


Рис. 2 Отсчет по ампуле

Показание уровня равно алгебраической полусумме обоих отсчетов. Отсчет считается положительным, если пузырек смещается по ходу перемещения уровня, что соответствует подъему поверхности. На рис. 2 отсчет $n = -0,5 \cdot (3+3,2) = -3,1$ деления шкалы.

Часто уровни используют в качестве индикаторов горизонтальности контролируемой поверхности (рис.3, а), а в качестве средства измерения угла наклона применяют лекальную линейку и набор концевых мер соответствующих классов точности (рис.3, б).

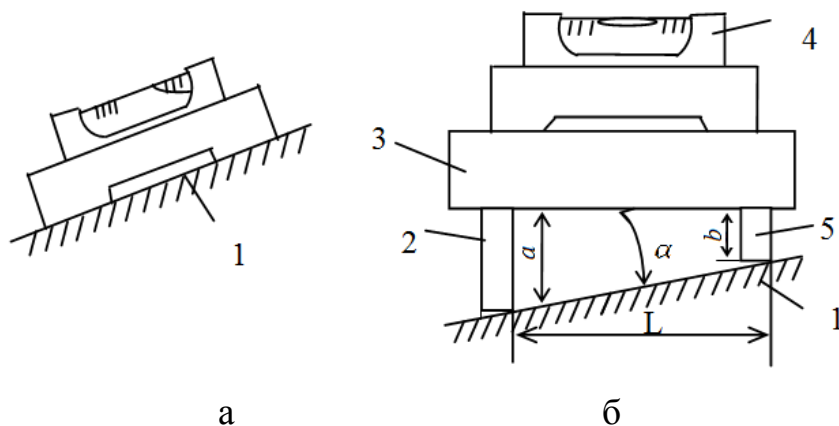


Рис. 3 Схема контроля угла наклона поверхностей с помощью уровня

На контролируемую поверхность устанавливают лекальную линейку 3 с уровнем 4, которые устанавливают горизонтально, подкладывая под линейку концевые меры длины 2 и 5 соответствующих размеров a и b , тогда угол наклона определяют косвенно по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = (a - b)/L.$$

В этом случае можно измерять достаточно большие углы наклона, однако погрешность контроля будет складываться из погрешности уровня, непараллельности поверхностей лекальной линейки, погрешности аттестации концевых мер длины и измерение базы L .

Для контроля больших углов наклона в пределах от 0 до нескольких десятков и более 100 градусов применяют квадранты оптические, которые требуют выполнения тех же условий измерений, что и уровни.

Поверочные и разметочные плиты

Поверочные и разметочные плиты (рис. 4) выпускают двух исполнений:

I – с ручной шабровкой рабочих поверхностей классов точности: 00, 0, 1;

II – с механически обработанными поверхностями классов точности: 1, 2,

3.

Плиты изготавливают из чугуна, гранита или других твердых горных пород.

Плиты классов 00 и 0 применяют для контроля отклонений от плоскостности поверхностей особо точных деталей, а классов точности 1 и 2 – для деталей нормальной точности. Плиты 3 класса точности используют для разметочных работ.

Плиты предназначены для контроля плоскостности методом «на краску» и методом линейных отклонений.

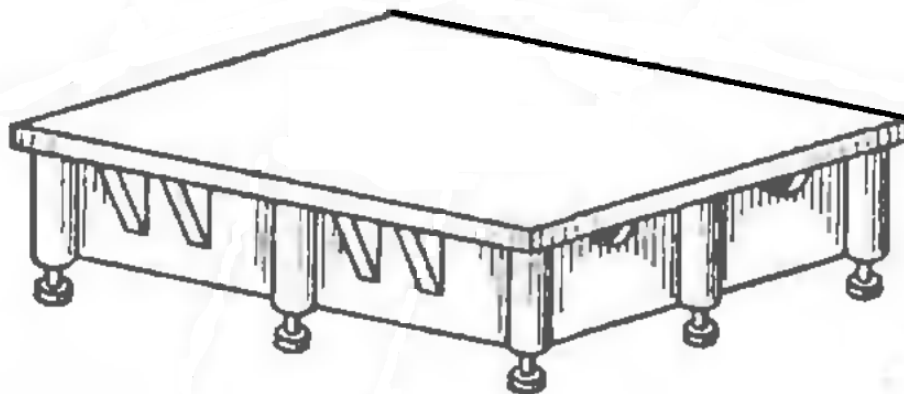


Рис. 4 Плита поверочная

2.2. Оптические квадранты

Оптические квадранты – приборы, в которых угломер соединен с уровнем. Они предназначены для измерения углов наклона плоских и цилиндрических поверхностей и установки на заданный угол к горизонту различных деталей.

Принцип действия оптических квадрантов заключается в том, что при помощи продольного цилиндрического уровня задается линия горизонта при любом наклоне основания. Отсчет угла наклона основания относительно уровня производится по стеклянному лимбу при помощи специальной отсчетной системы с высокой точностью.

Оптические квадранты выпускают трех типов с ценой деления отсчетного устройства 2, 10, 60".

2.2.3 Квадрант КО-30

Квадрант оптический КО-30 работает как при естественном, так и при искусственном освещении. Диапазон рабочих температур от минус 40 до +45 °С (при условии предохранения от осадков). Внешний вид квадранта КО-30 представлен на рис. 5.



Рис. 5 Внешний вид квадранта КО-30

Основные технические характеристики прибора следующие:

1. Увеличение микроскопа 45^x	
2. Предел допустимой погрешности прибора в угловых секундах, не более	± 30
3. Предел измерений углов по лимбу в угловых градусах	± 120
4. Номинальная цена деления шкалы отсчетного устройства в угловых секундах, не более	60
5. Номинальная цена деления основного уровня в угловых секундах, не более	30
6. Номинальная цена деления поперечного уровня в угловых минутах, не более	4
7. Номинальная цена деления точного лимба в угловых минутах, не более	60
8. Номинальная цена деления грубого лимба в угловых градусах, не более	1
9. Непараллельность плоскости основания к оси углового паза в угловых секундах, не более	60

На смену квадранту оптическому приходят креномеры с электронным отсчетным устройством (рис. 6), которые позволяют измерять угловое отклонение поверхности от плоскости горизонта.



Рис. 6 Креномер с электронным отсчетным устройством

2.2.4 Устройство и принцип действия

Прибор состоит из следующих основных частей: основание 1, корпуса 2, крышки 3, отсчетного микроскопа 6, зеркала 7, основного уровня 8, поперечного уровня 4, кожуха 9, закрепительного винта 10, индекса 11 (см. рис. 7).

Основание 1 представляет собой стальную закаленную пластинку прямоугольной формы, предназначено для крепления прибора и установки его на измеряемую поверхность. В нижней части основание имеет продольный угловой паз для установки на цилиндрические поверхности.

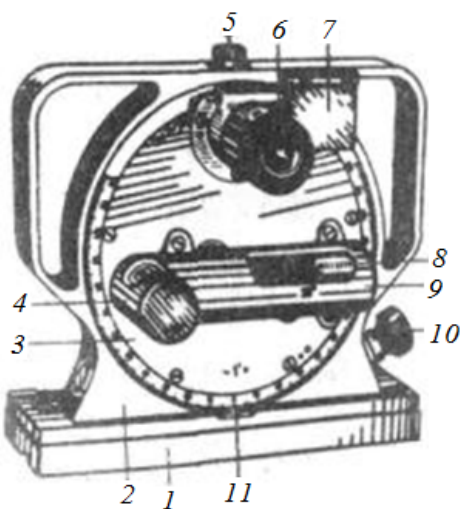


Рис. 7 Общий вид квадранта

Корпус 2 соединен с основанием 1 тремя винтами. Внутри корпуса смонтирована система оси, на которой закреплены лимбовое устройство и диск с крышкой 3. Задняя часть корпуса защищена щитком 2.

Крышка крепится к кольцу шестью винтами и двумя штифтами. На крышке награвирована шкала с ценой деления один градус, оцифрованная через десять градусов в обе стороны от нуля до 120 градусов.

К крышке крепятся отсчетный микроскоп 6 с зеркалом 7, уровни 4, 8 и кожух 9.

Отсчетный микроскоп состоит из объектива, сетки с конденсором и окуляра.

На микроскоп установлено поворотное зеркало 7. Зеркало 7 служит для удобства наблюдения за положением пузырька продольного уровня 8. Оно вращается вокруг своей оси.

Основной продольный уровень 8 представляет собой ампулу, заключенную в оправу. На ампуле нанесена шкала с ценой деления 30". Предназначен для определения угла наклона проверяемой поверхности к горизонтальной плоскости. В дальнейшем именуется продольным.

Поперечный уровень 4 представляет собой ампулу, заключенную в оправу. На ампуле нанесена шкала с ценой деления 4'. Предназначен для ориентирования продольного уровня вдоль наклонной плоскости.

Кожух 9 предназначен для предохранения уровней 4 и 8 от наружных механических повреждений и одновременно служит рукояткой для поворота крышки 3.

Отсчет угла наклона основания относительно уровня производится по стеклянному лимбу с помощью отсчетного микроскопа.

Прежде чем приступить к работе с прибором необходимо его подготовить. Для этого перед началом работы необходимо проверить:

- сохранность покрытий прибора;
- плавность вращения крышки 3;
- работу закрепительного и наводящего винтов;
- плавность вращения окуляра микроскопа;
- исправность уровней;
- состояние оптических деталей (на них не должно быть трещин, капель, налетов);
- правильность нулевого показания прибора. При обнаружении отклонения от нулевого показания устранить неточность, как будет описано ниже.

2.2.5 Проверка правильности нулевого показания прибора

Установить прибор на гладкую, устойчивую приблизительно горизонтальную поверхность. Ослабить закрепительный винт 5 (рис. 7).

Вращением крышки 3 прибора установить пузырек продольного уровня 8 примерно в среднее положение. Винтом 5 закрепить диск. Наводящим винтом 10 установить пузырек продольного уровня точно в среднее положение. Снять отсчет по лимбу через отсчетный микроскоп. Повернуть прибор на 180°. Наводящим винтом 10 установить пузырек продольного уровня 8 точно в среднее положение. Снять отсчет.

Если прибор отрегулирован правильно, то показания обоих отсчетов будут равны по абсолютным значениям и различны по знакам.

Неравенство показаний отсчетов по абсолютным значениям указывает на отклонение от нулевого положения прибора. Алгебраическая полусумма величин этих отсчетов даст величину отклонения от нулевого положения.

Полуразность отсчетов даст величину действительного отклонения поверхности, на которой выверяется прибор, от горизонтальной плоскости.

Например: 1-й отсчет $+1^{\circ}15'$
2-й отсчет $-1^{\circ}5'$

Отклонение от нулевого положения прибора составит:

$$\frac{1^{\circ}15' + (-1^{\circ}5')}{2} = +5.$$

Действительное отклонение опорной поверхности от горизонтальной плоскости составит:

$$\frac{1^{\circ}15' - (-1^{\circ}5')}{2} = +1^{\circ}10'.$$

2.2.6 Порядок устранения отклонения от нулевого положения

В случае, когда отклонение от нулевого положения прибора превышает $\pm 20''$, его необходимо отъюстировать.

Юстировку производят в следующем порядке:

- вывинтить винты 1 (рис. 8);
- снять щиток 2;
- ослабить специальным ключом 6 гайки 4 на юстировочных винтах 3.

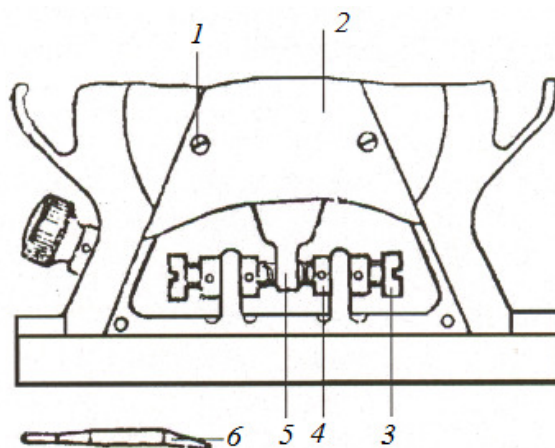


Рис. 8 Вид механизма нулевой установки

Поочередным вращением отверткой юстировочных винтов 3 и поворотом рычага 5 совместить нулевые штрихи лимба и сетки микроскопа. Такую регулировку повторяют до тех пор, пока показания лимба при повороте на 180° будут равны по абсолютным значениям;

- затянуть гайки 4 юстировочных винтов 3;
- проверить совпадение штрихов лимба и сетки микроскопа, в случае несовпадения штрихов юстировку повторить;

- установить щиток 2 на место и закрепить винтами 1.

2.2.7 Снятие отсчетов

Число градусов определяется по оцифровке штриха лимба, изображение которого находится в пределах шкалы сетки микроскопа.

На рис. 9 показан отсчет, равный -12° .



Рис. 9 Пример снятия отсчета с КО-30

Число минут отсчитывается по этим же штрихам по шкале сетки микроскопа.

Углы измеряются условно: по верхней шкале отрицательные со знаком «-», по нижней – положительные со знаком «+». На рис. 9 показан отсчет равный минус $30'$

Доли минут определяются на глаз, как часть деления шкалы сетки.

Полный отсчет, приведенный на рис. 9 равен минус $12^\circ 30'$

2.2.8 Измерение углов наклона поверхностей

Для измерения углов наклона поверхностей необходимо установить прибор на плоскую или цилиндрическую поверхность, угол наклона к горизонтальной плоскости которой необходимо измерить.

При установке прибора на плоскую поверхность нужно развернуть прибор таким образом, чтобы пузырек поперечного уровня был на середине с точностью до $\pm 0,5$ деления. При этом основной уровень окажется ориентированным вдоль наклона поверхности.

При установке прибора на цилиндрическую поверхность необходимо установить пузырек поперечного уровня на середину, вращая прибор вокруг оси цилиндрической поверхности. Ослабить закрепительный винт 5 (рис. 7) и повернуть крышку 3 прибора со шкалой так, чтобы пузырек продольного уровня занял примерно среднее положение. Затем закрепить винт 5 и наводящим винтом 10 вывести пузырек продольного уровня точно на середину, при этом пузырек поперечного уровня 4 также должен быть на середине. Наблюдая в

микроскоп, снять отсчет, полученный угол является углом наклона проверяемой поверхности к горизонтальной плоскости.

2.2.9 Установка поверхностей на заданный угол к горизонтальной плоскости

Пусть заданную поверхность необходимо отклонить против часовой стрелки на угол $25^{\circ}45'30''$ (рис. 10). Для этого нужно ослабить закрепительный винт 5 (рис. 7) и повернуть крышку прибора 3 по часовой стрелке на угол $25,5^{\circ}$ (примерно равный заданному). Затем закрепить закрепительный винт 5, наводящим винтом 10 подвести шкалу сетки микроскопа к штриху лимба так, чтобы этот штрих находился между делениями 45 и 46. Отсчет по шкале микроскопа будет равен $+25^{\circ}45'30''$.

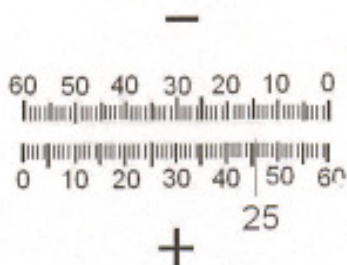


Рис. 10

Затем установить прибор на заданную поверхность и наклонить ее так, чтобы пузырьки продольного и поперечного уровней заняли среднее положение. В результате поверхность будет наклонена на угол $+25^{\circ}45'30''$.

3. Задания

3.1 Проверить правильность нулевого показания пузырькового уровня и квадранта.

3.2 Определить отклонение поверхности поверочной плиты от плоскости горизонта.

3.3 Определить максимальный и минимальный углы наклона стола испытательного стенда при выкручивании барабана в максимальное и минимальное положения. Также определить угол при установке стола на упор.

Записать показания, полученные квадрантом и уровнями.

3.4 Установить стол испытательного стенда относительно плоскости горизонта на фиксированные значения углов, указанные преподавателем. Определить углы с помощью уровней.

По результатам измерений составить таблицу.

4. Требования к содержанию отчета студента по лабораторной работе

Отчет должен включать:

- титульный лист, оформленный в соответствии с СТП ТПУ 2.3.05-2006 (Приложение А);

- цели выполнения лабораторной работы;
- используемые материалы, технические и программные средства;
- ответы на контрольные вопросы;
- основная часть: описание методик, результаты измерений, расчетов, наблюдений;

- выводы.

Отчет сопровождается принципиальными, структурными схемами, таблицами с результатами вычислений и измерений, графиками, рисунками.

5. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные условия измерений, предъявляемые для квадрантов.

2. В каких случаях необходима юстировка квадранта.

3. Приведите сравнительный анализ жидкостного уровня и оптического квадранта. Приведите рекомендации по использованию данных приборов.

6. Литература

1. Квадрант оптический КО-30. Паспорт АЛЗ.817.001 ПС, 1979, 28 с.

2. Петров В.П. Контроль качества и испытание оптических приборов. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. – 222 с. ил.

3. Высокоточные угловые измерения / Д.А. Анист, К.М. Константинович, И.В. Меськин и др.; под ред. Ю.Г. Якушенкова, М.: Машиностроение, 1987. – с. 480;

УДК 681.7.028:658

УДК 621.803.1(03)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Отчет по лабораторной работе №2

**ВЫСОКОТОЧНЫЕ УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
В ПРИБОРОСТРОЕНИИ
С ПОМОЩЬЮ УРОВНЕЙ, КВАДРАНТОВ**

Выполнил студент группы _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

(дата)

Проверил преподаватель

(подпись)

(Ф.И.О.)

(дата)

Томск - 2015

