



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

для служебного пользования экз. № 0 - 25

(19) **SU** (11) **1361840** **A1**

(50) 4 В 23 В 25/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4069167/31-08

(22) 27.03.86

(71) Институт сверхтвердых материа-  
лов АН УССР

(72) Г. Г. Добровольский, В. Б. Еф-  
ремов, А. Н. Муравский,  
В. В. Мельниченко и А. А. Барышников

(53) 621.9.016(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 1302549, кл. В 23 В 25/06, 1985.

(54) СПОСОБ НАЛАДКИ СТАНКА ДЛЯ ОБРА-  
БОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ И УСТ-  
РОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Изобретение относится к станко-  
строению и может быть использовано  
для измерения несоосности и непарал-  
лельности осей элементов станка, в  
частности при юстировке прецизионных  
станков для обработки криволинейных  
поверхностей. Цель изобретения - по-  
вышение точности формообразования за  
счет исключения ошибок при настройке  
элементов станка с разнесенными в  
пространстве осями. Для этого на  
шпиндель с инструментом устанавлива-

ется измерительный прибор на расстоя-  
нии, равном половине угла перемеще-  
ния инструмента, а погрешность вычи-  
сляется по формуле  $\alpha = \arctg(a+b - 2n):2m$ ;  $\beta = \arctg(a-b):l$ , где  $\alpha$  и  
 $\beta$  - углы наклона оси суппорта в вер-  
тикальной и горизонтальной плоскос-  
тях;  $n$ ,  $a$  и  $b$  - величины удалений  
датчика от контрольной поверхности  
в середине и по краям контролируемо-  
го участка;  $l$  и  $m$  - проекции траек-  
тории движения датчика на взаимно  
перпендикулярные плоскости, относи-  
тельно которых наклонена ось суппор-  
та соответственно на углы  $\alpha$  и  $\beta$ .  
Устройство наладки станка, содержа-  
щее датчик измерения, механическое  
плечо инструментальной головки суп-  
порта, снабженное дополнительной опо-  
рой с датчиком измерения, регулируе-  
мой по длине. Кроме того, дополнитель-  
ная опора установлена на механическом  
плече с возможностью перемещения  
вдоль него. 1 с. и 1 з.п. ф-лы,  
17 ил.

(19) **SU** (11) **1361840** **A1**





Изобретение относится к станко-строению и может быть использовано для измерения несоосности и непараллельности осей элементов станка, в частности при юстировке прецизионных станков для обработки криволинейных поверхностей.

Цель изобретения — повышение точности формообразования за счет исключения ошибок при настройке элементов станка с разнесенными в пространстве осями.

На фиг. 1 изображена упрощенная кинематическая схема станка для обработки поверхностей вращения; на фиг. 2 — условное изображение шпинделя и суппорта станка при  $\beta \neq 0$  ( $\alpha = 0$ ,  $\Delta = 0$ ); на фиг. 3 — то же, но при  $\alpha \neq 0$  ( $\beta = 0$ ,  $\Delta = 0$ ); на фиг. 4 — то же, но при  $\Delta \neq 0$  ( $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0$ ); на фиг. 5 — схема размещения прецизионного датчика микроперемещений на механическом плече станка (пример для частного случая, когда угол  $\varphi_{\max} = 60^\circ$ ); на фиг. 6 — то же, но вид по стрелке А на фиг. 5; на фиг. 7 — вид по стрелке В на фиг. 5; на фиг. 8 — вид сигнала на выходе прецизионного датчика микроперемещений при углах  $\alpha \neq 0$  и  $\beta \neq 0$ ; на фиг. 9 — то же, но при  $\alpha \neq 0$ ,  $\beta = 0$ ; на фиг. 10 — то же, но при  $\alpha = 0$ ,  $\beta \neq 0$ ; на фиг. 11 — то же, но при  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0$ ; на фиг. 12 — условное изображение обрабатываемой детали (образца изделия сферической формы) при  $\Delta > 0$ ; на фиг. 13 — то же, но при  $\Delta < 0$ ; на фиг. 14 — то же, но при  $\Delta = 0$ ; на фиг. 15 — вид сигнала на выходе прецизионного датчика микроперемещений при  $\Delta > 0$ ; на фиг. 16 — то же, но при  $\Delta < 0$ ; на фиг. 17 — то же, но при  $\Delta = 0$ .

Устройство для осуществления способа представляет собой станок для обработки поверхностей вращения (см. фиг. 1-4), содержащий основание 1 со шпинделем 2 для закрепления детали 3 и поворотной плитой 4, на которой установлен суппорт 5 с инструментальной головкой 6, связанной с суппортом 5 плечом 7. Установку оси суппорта 5 относительно оси шпинделя 2 под требуемым углом  $\alpha$  осуществляют разворотом поворотной плиты 4 вокруг оси 8. Инструментальная головка 6 снабжена исполнительным механизмом (на чертежах не показан) для ее ориенти-

рования вдоль оси шпинделя 2. Шпиндель 2 и суппорт 5 установлены на прецизионных подъемных механизмах 9, обеспечивающих микроперемещения шпинделя 2 и суппорта 5 в вертикальной плоскости. Конструктивно механизмы 9 могут быть выполнены, например, в виде механических компенсаторов типа беличьего колеса, упругих преобразователей, гидравлических опор и т.д. и обеспечивают либо ручную, либо автоматическую (полуавтоматическую) регулировку шпинделя 2 и суппорта 5. Конструкции механизмов 9 широко известны и не требуют дополнительного раскрытия.

На плече 7 установлена дополнительная опора 10 (см. фиг. 1 и 5), на которой закреплен прецизионный бесконтактный датчик 11 микроперемещений. Положение и длину опоры 10 подбирают таким образом, чтобы датчик 11 перемещался строго по траектории движения рабочего инструмента (резца). Это возможно лишь в том случае, когда резец и датчик 11 были удалены от оси суппорта 5 на одинаковое расстояние. Кроме того, должно быть выполнено следующее условие: при максимальном отклонении плеча 7 от центра обрабатываемой детали (т.е. от 0 до  $\varphi_{\max}$ ) и обратно датчик 11 должен перемещаться симметрично этого центра на угол  $\pm \varphi_{\max}/2$ . Другими словами, угол между резцом и датчиком 11 должен составлять  $\varphi_{\max}/2$ . На фигуре 5 показан наиболее распространенный случай, когда угол  $\varphi_{\max} = 60^\circ$ , а угол между резцом и датчиком 11 составляет  $30^\circ$ . Все вышеуказанные требования будут соблюдены только в том случае, когда дополнительная опора 10 выполнена регулируемой по длине и установлена на плече 7 с возможностью перемещений вдоль последнего. После точного подбора места установки датчика 11 длина опоры 10 и место ее установки на плече 7 жестко фиксируется.

Прецизионный бесконтактный датчик 11 микроперемещений может быть любого (емкостного, индуктивного, лазерного) типа. Через усилительно-преобразующее устройство 12, содержащее последовательно соединенные усилитель 13 и фильтр 14 нижних частот, он подключен к регистрирующей аппарату-



ре 15, например осциллографу, самописцу, ЦВМ и т.д.

Для обнаружения рассогласований по углам  $\alpha$  и  $\beta$  вместо обрабатываемой детали 3 используют образец 16 изделия плоской формы (см. фиг. 6, 7), а для обнаружения разновысотности  $\Delta$  - образец 17 изделия сферической формы (см. фиг. 12 - 14).

Работа устройства показана в разделе полного пооперационного описания способа и в примерах его конкретного осуществления.

Полное пооперационное описание способа может быть охарактеризовано в порядке выполнения действий следующим образом.

Осуществляют предварительную подготовку станка, для чего с помощью уровня горизонтируют шпиндель 2 и суппорт 5, а с помощью датчиков угловых величин, связанных с осями этих элементов, устанавливают значения углов  $\alpha$  и  $\beta$  близкими к нулю. Отводят рабочий инструмент (резец) 6 на некоторое расстояние от детали 3, а прецизионный бесконтактный датчик 11 устанавливают так, чтобы он, перемещаясь по траектории движения резца 6, удалялся в обе стороны от оси вращения шпинделя 2 на одинаковые расстояния. Для этого необходимо, чтобы резец 6 и датчик 11 были равноудалены от оси вращения суппорта 5, а угол между ними составлял половину максимального углового отклонения  $\varphi_{\max} / 2$  плеча 7 от центра обрабатываемой детали до ее края (см. фиг. 5). Добиваются этого за счет регулировки длины опоры 10 и ее смещения вдоль плеча 7, связывающего инструментальную головку с осью суппорта 5.

В шпиндель 2 вместо обрабатываемой детали 3 закрепляют образец 16 изделия плоской формы. При этом установка образца 16 не требует высокой точности, так как биения образца 16, т.е. неперпендикулярность его плоскости к оси вращения шпинделя 2, влияет лишь на характер графика (см. фиг. 8-11). Амплитуды биений на графиках максимальны при отклонениях датчика 11 в крайние положения (точки а и б, см. фиг. 5) и минимальны при прохождении датчика 11 через ось вращения шпинделя 2. Поскольку для обработки и анализа используют выделенное фильтром 14 нижних частот

среднее значение сигнала датчика 11, то точность измерения при наличии биений не ухудшается.

Включают станок, при этом шпиндель 2 с закрепленным на нем образцом 16 изделия плоской формы совершает вращательное движение вокруг своей оси, а суппорт 5 - качания от центра образца 16 до его края и обратно. Датчик 11 совершает такие же по величине угловые перемещения вдоль поверхности образца 16, однако относительно центра образца 16 перемещения датчика 11 иные: они равноудалены в обе стороны от центра образца 16, т.е. от оси вращения шпинделя 2.

В процессе перемещения датчика 11 с помощью регистрирующей аппаратуры записывают его показания, т.е. вид сигналов на его выходе. В зависимости от того, перпендикулярна или неперпендикулярна плоскость перемещения датчика 11 оси вращения шпинделя 2, вид полученных графиков будет различен, что и дает информацию о перпендикулярности или неперпендикулярности оси суппорта 5 плоскости образца 16 или, что то же самое, о параллельности или непараллельности осей шпинделя 2 и суппорта 5. Более подробно об этом будет сказано в примерах осуществления способа.

При необходимости производят подстройку станка по углам  $\alpha$  и  $\beta$ , примерные значения которых определяют с помощью полученных графиков по формулам:

$$\alpha = \arctg \frac{(a+b) - 2n}{2m} \quad (1)$$

$$\beta = \arctg \frac{a-b}{l} \quad (2)$$

В этих формулах величины  $m$  и  $l$  (см. фиг. 5) постоянны и зависят от конкретных размеров и других параметров настраиваемого станка, а величины  $a$ ,  $b$  и  $n$  определяют с помощью полученных графиков, для чего предварительно тарируют показания датчика 11.

Подстройку проводят до полного устранения рассогласований по углам  $\alpha$  и  $\beta$ , что подтверждается получением записи показаний датчика 11 в виде прямой линии (см. фиг. 11), после чего станок выключают.

Заменяют образец 16 изделия плоской формы на образец 17 изделия сфе-



рической формы и устанавливают резец 6 в рабочее положение. Пользуясь паспортными данными образца 17, устанавливают значения угла  $\alpha$  между осями шпинделя 2 и суппорта 5 в соответствии с заданным радиусом кривизны.

Вновь включают станок и делают контрольную проточку образца 17, снимая и записывая при этом показания датчика 11.

Анализируют полученный график и по его виду делают вывод о разности осей шпинделя 2 и суппорта 5. Подробно это пояснено в примерах осуществления способа. При наличии рассогласования  $\Delta$  производят подстройку элементов 2 и 5 станка, после чего вновь делают проточку и одновременно запись показаний датчика 11. Так повторяют несколько раз до тех пор, пока не добиваются значения  $\Delta = 0$ . Об этом также свидетельствует прямая линия на полученном графике (см. фиг. 17).

В результате выполнения всей совокупности вышеуказанных взаимосвязанных действий добиваются таких взаимных положений шпинделя 2 и суппорта 5, при которых углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и разность  $\Delta$  будут равны нулю. Это означает, что оси шпинделя 2 и суппорта 5 находятся на одной высоте, они параллельны между собой и в то же время параллельны оси инструментальной головки 6. Наладка станка завершена или, как говорят, станок отъюстирован.

В качестве примера приведем несколько случаев наладки при определенных значениях  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\Delta$ .

**Пример 1.** После предварительной (грубой) подготовки станка наблюдаются как рассогласования по углам  $\alpha$  и  $\beta$ , так и разность осей шпинделя 2 и суппорта 5, т.е.  $\alpha \neq 0$ ,  $\beta \neq 0$  и  $\Delta \neq 0$ . В этом случае датчик 11 перемещается не параллельно поверхности образца 16, а под некоторыми углами, и сигнал на его выходе будет иметь вид, изображенный на графике (см. фиг. 8). Зная величины  $l$  и  $m$ , а также определив по графику с учетом его тарировки величины  $a$ ,  $n$  и  $b$ , ориентировочно по формулам (1) и (2) определяют значения ошибок рассогласования по углам  $\alpha$  и  $\beta$ , а затем с помощью прецизионных подъемных механизмов 9 и разворота плиты 4

вручную (в перспективе — и автоматически) устраняют эти ошибки.

**Пример 2.** Величины  $a$  и  $b$  (см. фиг. 9) равны между собой, поэтому угол  $\beta = 0$ . Значит подстройку необходимо произвести лишь по углу  $\alpha$ , определив его так же, как и в предыдущем случае.

**Пример 3.** Полученный график имеет вид, изображенный на фиг. 10. Для анализа целесообразно отметить, что

$$\alpha = \arctg \frac{(a+b)-2n}{2m} = \arctg \frac{K}{m}$$

В данном случае  $K = 0$ , а следовательно угол  $\alpha = 0$ . Значит, подстройку нужно провести лишь по углу  $\beta$ , определив его так же, как и в первом примере.

**Пример 4.** Возможен случай, когда  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0$ , тогда (см. фиг. 11) угловые рассогласования между осями шпинделя 2 и суппорта 5 устранены.

При наладке на обработку изделия сферической формы устанавливают угол  $\alpha$ , соответствующий заданному радиусу кривизны. Включают станок и проводят контрольную проточку образца 17, при этом резец 6 находится в рабочем положении, а датчик 11 — в положении измерения состояния поверхности. В зависимости от того, как расположены по высоте шпиндель 2 и суппорт 5 относительно друг друга, характер проточенной поверхности образца 17 будет различен. После измерения с помощью прецизионного датчика 11 графики фиксируют характер проточенной поверхности.

Допустим, что ось шпинделя 2 ниже оси суппорта 5, т.е. разность осей  $\Delta > 0$  (см. фиг. 12). В этом случае на образце протачивается не сфера, а криволинейная поверхность с возвышением (пиком) в центре. Характер сигнала, снимаемого с датчика 11, представлен на фиг. 15. Регулируя высоту суппорта 5 (или шпинделя 2), устраняют криволинейный участок на графике, т.е. совмещают оси шпинделя 2 и суппорта 5 по высоте.

В том случае, если  $\Delta < 0$  (см. фиг. 13), т.е. ось суппорта 5 расположена ниже оси шпинделя 2, полученный график имеет вид, изображенный



на фиг. 16. На образце 17 протачиваются две сферы, сходящиеся под некоторым углом в центре образца 17.

В случае, если полученный график имеет вид, изображенный на фиг. 17, это свидетельствует об идеальной сферической поверхности, что возможно лишь тогда, когда оси шпинделя 2 и суппорта 5 расположены на одной вы-

соте, т.е.  $\Delta = 0$  (см. фиг. 14). В этом случае есть все основания утверждать, что наладка станка закончена. Используя предлагаемый способ, наладку станка осуществляют без привязки к плоскости основания, т.е. исключаются ошибки за счет "неидеальности" базовой поверхности; все измерения проводят в рабочем состоянии станка (в динамике), что в свою очередь уменьшает ошибки за счет несоответствия положений рабочих органов станка в динамике и статике.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я 25

1. Способ наладки станка для обработки поверхностей вращения, заключающийся в измерении одновысотности и параллельности осей шпинделя и суппорта, регистрации и анализе результатов измерения с последующим устранением рассогласований, отличающийся тем, что, с целью повышения точности формообразования, измеряют величины перемещения оси суппорта от контрольной поверхности в середине и на максимальных удалениях контролируемого участка для измерения используют среднее значение сигналов датчика, а ошибки рассогласования по углам определяют из соотношений

$$\alpha = \arctg \frac{a + b - 2n}{2m}$$

$$\beta = \arctg \frac{a - b}{l}$$

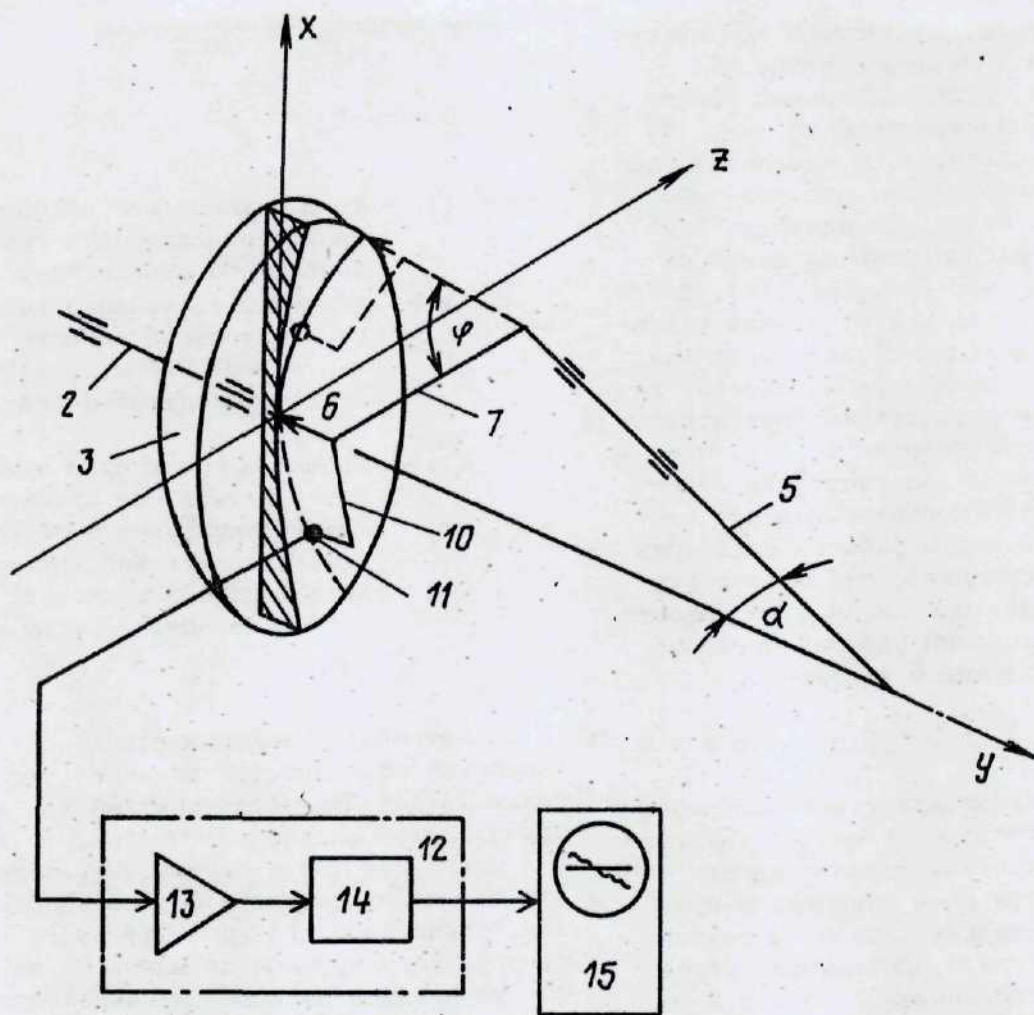
где  $\alpha$  и  $\beta$  — углы наклона оси суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$n, a$  и  $b$  — величины удалений датчика от контрольной поверхности в середине и по краям контролируемого участка;

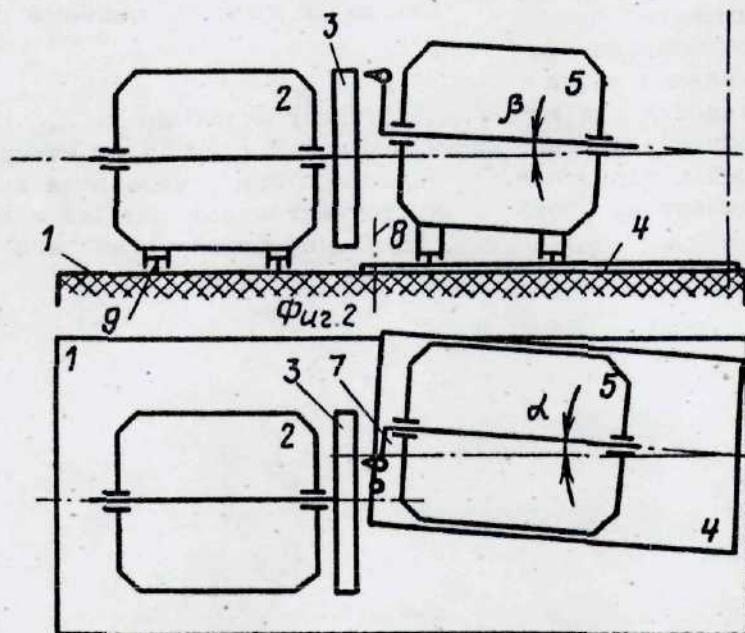
$l$  и  $m$  — проекции траектории движения датчика на взаимно перпендикулярные плоскости, относительно которых наклонена ось суппорта соответственно на углы  $\alpha$  и  $\beta$ .

2. Устройство наладки станка для обработки поверхностей вращения, содержащее датчик, установленный на плече инструментальной головки, отличающийся тем, что, с целью повышения точности формообразования, плечо снабжено дополнительной опорой, регулируемой по длине, а датчик установлен на дополнительной опоре относительно резца на угол, равный половине угла перемещения резца от центра до края контрольной поверхности.

3. Устройство по п. 2, отличающийся тем, что дополнительная опора установлена на плече инструментальной головки с возможностью перемещения вдоль него.

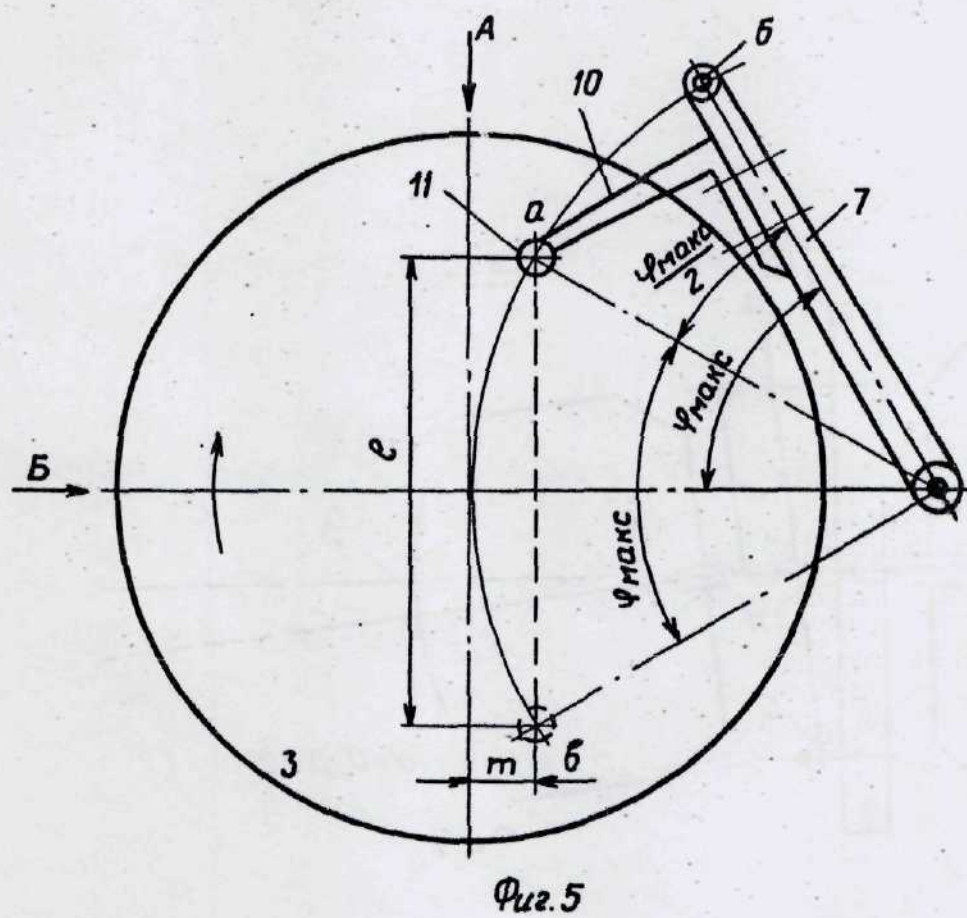
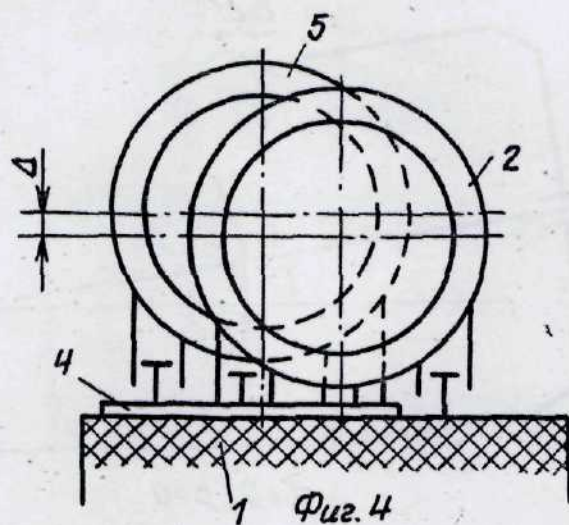


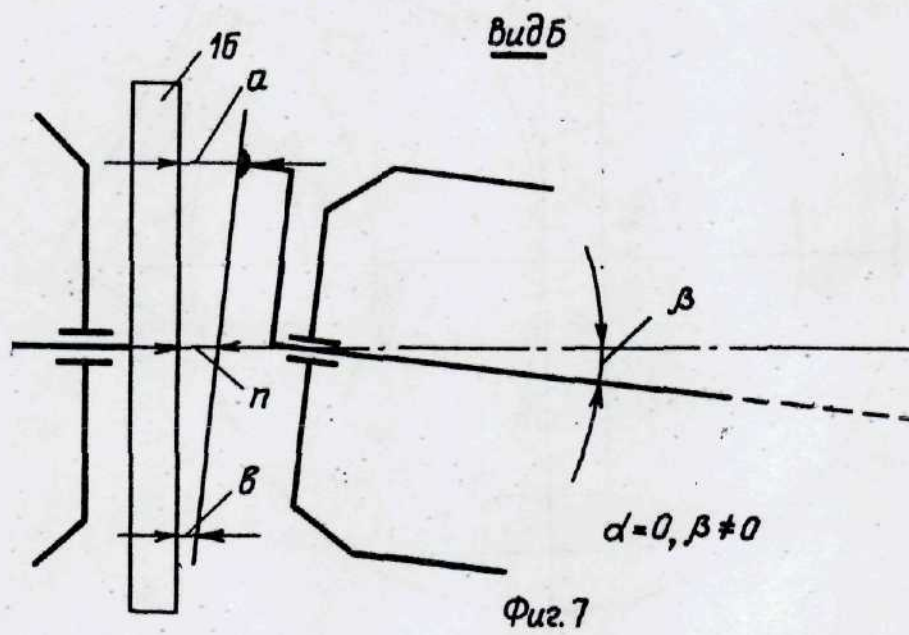
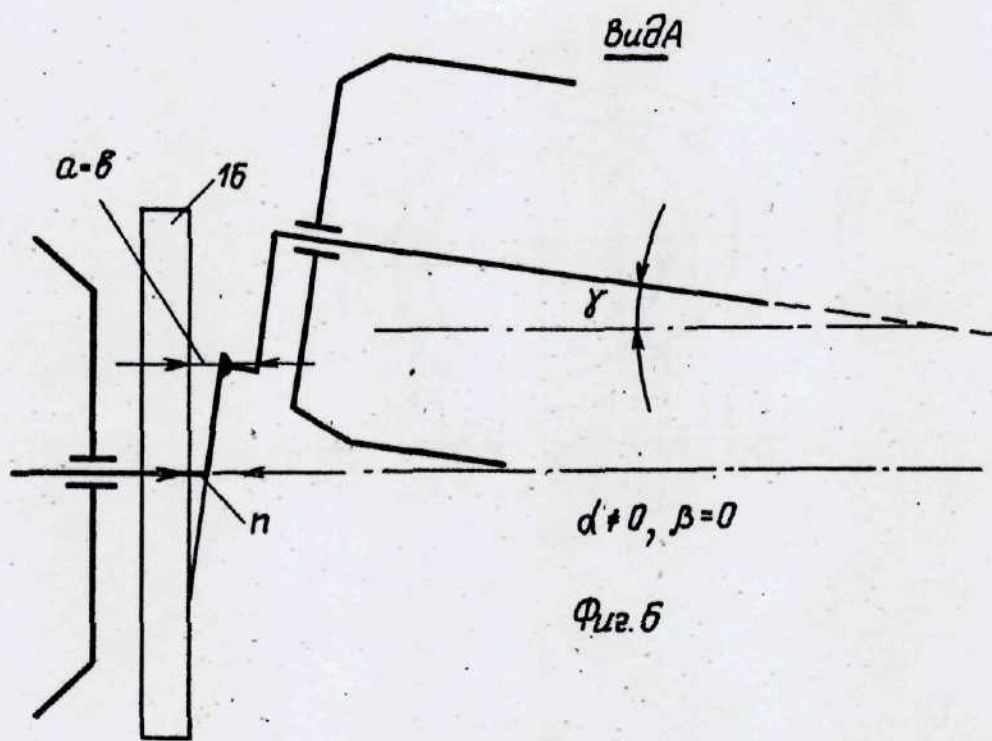
Фиг. 1



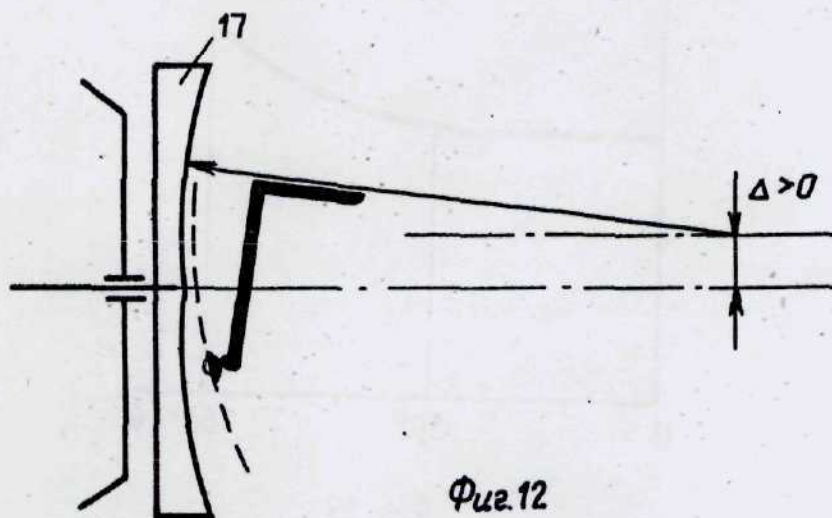
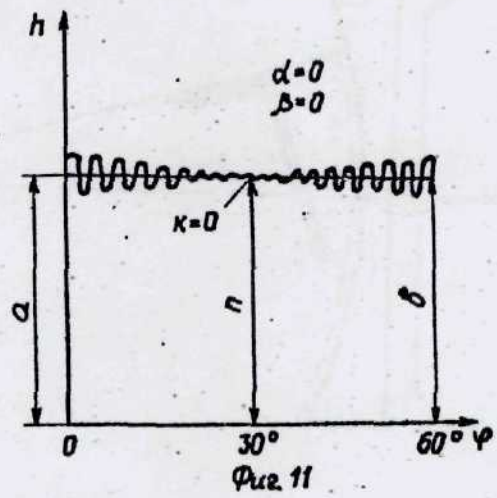
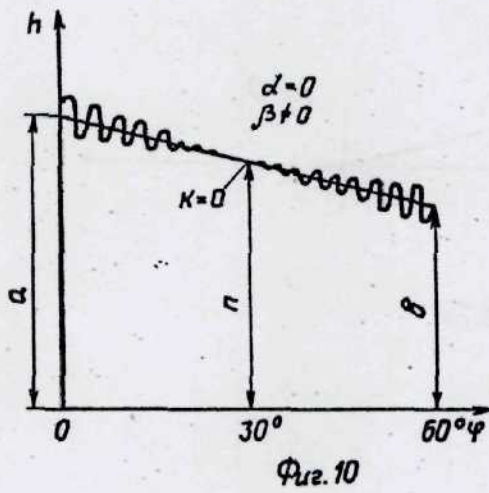
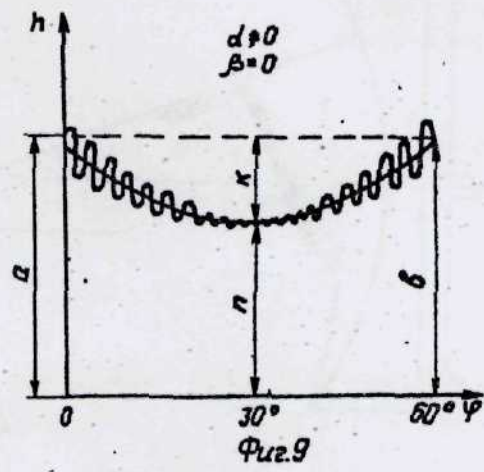
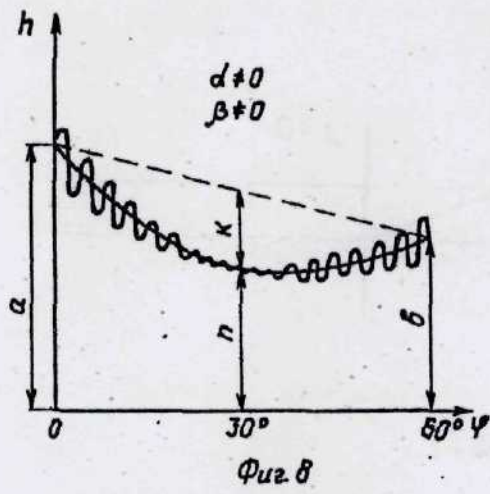
Фиг. 3



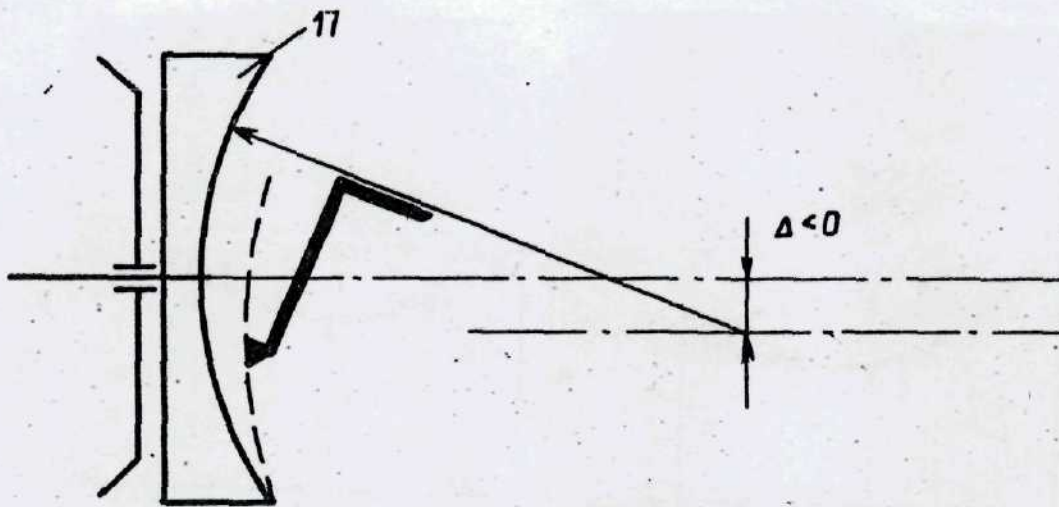




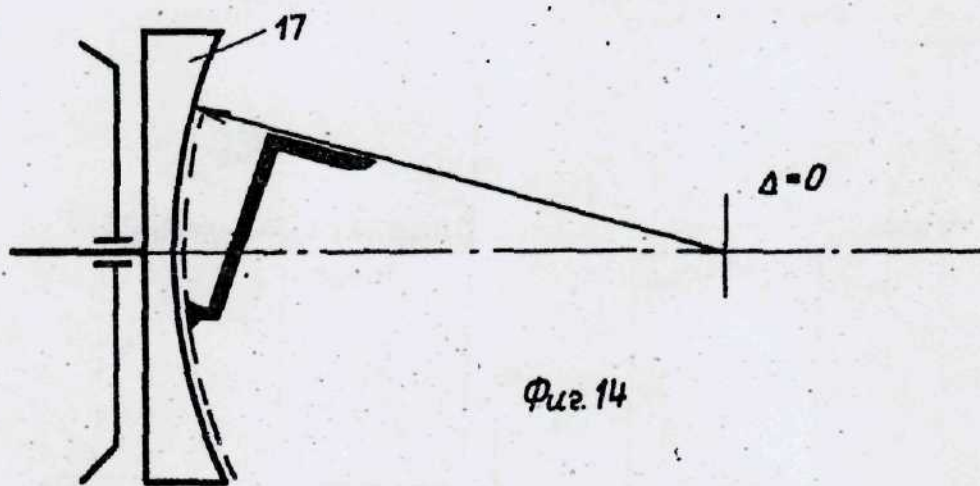




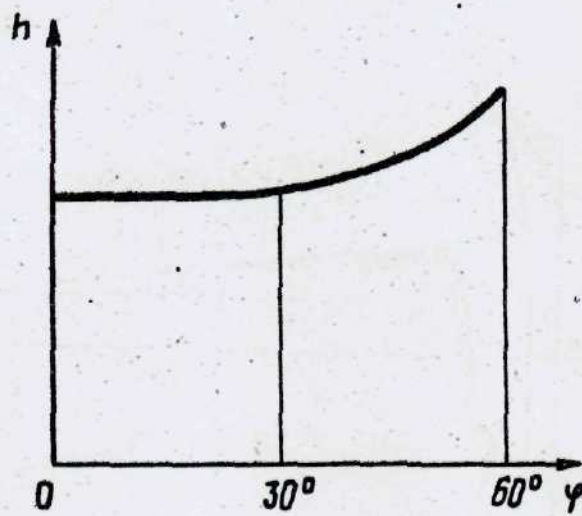




Фиг. 13

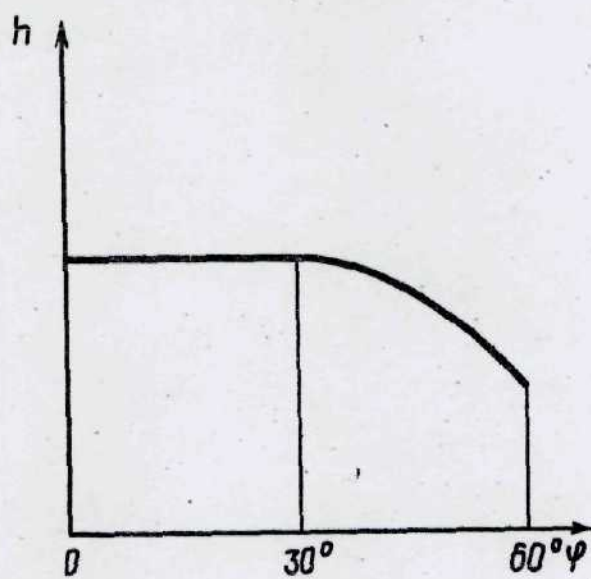


Фиг. 14

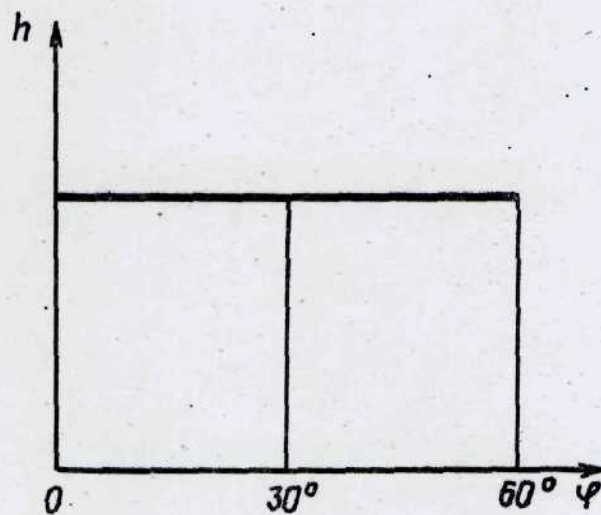


Фиг. 15





Фиг. 16



Фиг. 17

Составитель В. Жиганов  
 Редактор Т. Шагова Техред М. Дидык Корректор С. Черни

Заказ 1588/ДСП Тираж 801 Подписное  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4



