

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Институт новых материалов и технологий
Кафедра металлорежущих станков и инструментов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Зав. кафедрой _____ МСиИ _____

_____ Анцупов А.В.
(подпись) (Ф.И.О.)

« _____ » _____ 201__ г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ В ПАУЗАХ
МЕЖДУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПЕРЕХОДАМИ**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

15.04.05.0000.33. ПЗ

Руководитель	доцент, д.т.н., доктор наук <i>honoris causa</i> , профессор ЮНЕСКО (должность, уч. ст., зван.)	_____ (подпись)	Я. Л. Либерман (расшифровка подписи)
Нормоконтролер	_____ (должность, уч. ст., зван.)	_____ (подпись)	_____ (расшифровка подписи)
Студент	гр. НМТМ-272503	_____ (подпись)	А.Н. Махиянова (расшифровка подписи)

Екатеринбург
2019

АННОТАЦИЯ

Как следует из анализа современных тенденций развития средств контроля в машиностроении, наиболее перспективными при разработке таких средств являются индуктивные датчики.

Большой интерес к разработке индукционных средств контроля размеров можно объяснить тем, что они отличаются высокой точностью и простотой конструкции, отсутствием контактных элементов, а, следовательно, надежностью, большой чувствительностью и значительной выходной мощностью. Но вопрос точности срабатывания датчиков исследован недостаточно полно. Частично он рассматривался в работе Либермана Я.Л. «Системы мониторинга для металлорежущих станков».

Автогенераторные датчики выпускаются различными фирмами: «Digital electronic automation» и «Marposs» (Италия), «Ferranti» и «Renishaw» (Великобритания), «Bosh» (ФРГ) и др., однако наибольшую популярность как в европейских странах, так и в нашей стране завоевали датчики фирмы «Balluff» (ФРГ).

В настоящей работе приводятся результаты разработки средств контроля размеров в паузах между переходами. В связи с этим, основное содержание работы посвящено исследованию индуктивных датчиков различных типов с целью определения их применимости в устройствах контроля размеров на станках с ЧПУ и созданию устройств контроля на базе указанных датчиков.

Результаты работы докладывались на международной конференции «Научные исследования стран ШОС: синергия и интеграция» и защищены патентом РФ № 2018137947 «Головка для допускового контроля размеров» (решение о выдаче патента по заявке 19.03.2019; публикация №188494). Также работа была представлена на VIII Международном интеллектуальном конкурсе студентов, аспирантов, докторантов DISCOVERY SCIENCE:

UNIVERSITY-2019. Статья, дипломы и описание полезной модели к патенту приведены в приложениях 2,3 и 4.

Магистерская диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Объем работы – 115 страниц, в том числе 25 рисунков, 4 таблицы и 4 приложения. Список литературы содержит 5 источников.

ABSTRACT

As follows from the analysis of modern trends in the development of control devices in mechanical engineering, the most promising in the development of such means are inductive sensors.

The great interest in the development of induction control devices of the dimensions can be explained by the fact that they are characterized by high accuracy and simplicity of construct, the lack of contact elements, and consequently, reliability, high sensitivity and a large output power. But the question of the accuracy of the sensor triggered is investigated incompletely. It was considered partly in the work of Lieberman Ya.L. "Monitoring systems for machine tools."

Autogenerating sensors are manufactured by different companies: «Digital electronic automation» and «Marposs» (Italy), «Ferranti» and «Renishaw» (Great Britain), «Bosh» (Germany), etc., but the most popular in European countries, as well in our country have won «Balluff» firm sensors (Germany).

This paper presents the results of the development of devices for controlling dimensions in the intervals between transitions. In this regard, the main content of the work is devoted to the research of inductive sensor of various types to determine their applicability in dimension control devices on CNC machines and to create control devices based on these sensors.

The results of the work were reported at the international conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration" and are protected by the patent of the Russian Federation No. 2018137947 "The head for tolerance control of dimensions" (the decision to grant the patent on the application 19.03.2019; publication № 188494). Also, the work was presented at the VIII International Intellectual Competition for Students, Postgraduates, Doctoral Candidates DISCOVERY SCIENCE: UNIVERSITY-2019. Article,

diploma, certificate and description of the utility model to the patent are given in applications 2, 3 and 4.

The master's dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion. The volume of the work - 115 pages, including 25 figures, 4 tables and 4 applications. References contains 5 sources.

РЕФЕРАТ

В первой главе проводится анализ применимости автогенераторных преобразователей для прямого контроля состояния режущего инструмента. Рассматривается состав задач и средств контроля и диагностики в станках с ЧПУ, а также современные средства контроля размеров в станках с ЧПУ.

Во второй главе исследуется точность автогенераторных преобразователей при взаимодействии с плоским экраном.

В третьей главе разрабатываются устройства контроля состояния инструмента и размеров деталей с применением индуктивных преобразователей и экранов-посредников.

В четвертой главе рассмотрены некоторые элементы техники применения описанных выше устройств для контроля размеров.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	2
ABSTRACT	4
РЕФЕРАТ	6
ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА1. АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЯМОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	10
1.1. СОСТАВ ЗАДАЧ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ В СТАНКАХ С ЧПУ ..	10
1.2. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ В СТАНКАХ С ЧПУ	12
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПЛОСКИМ ЭКРАНОМ.....	26
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА И РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ЭКРАНОВ-ПОСРЕДНИКОВ.....	46
ГЛАВА 4. ТЕХНИКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ УСТРОЙСТВ	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	108
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	119

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в нашей стране все большее внимание уделяется разработке и практической реализации робототехнологических комплексов (РТК), в частности, на основе металлорежущих станков с ЧПУ, и гибких автоматизированных производств (ГАП), в которых РТК играют роль основных производственных ячеек. Планомерный переход от разрозненного оборудования к РТК и от специализированного производства к ГАП дает возможность повысить мобильность производства, приблизить себестоимость продукции, выпускаемой в условиях серийного производства и обеспечить технический прогресс в направлении «безлюдной» технологии. Однако достижение всего перечисленного возможно только при высокой надежности оборудования, оснастки, приспособлений и инструмента, что обуславливает необходимость введения различных технических средств контроля и диагностики. В связи с изложенным, в настоящей работе и рассматриваются вопросы разработки и применения таких средств, ориентированных, в частности, на использование в станках с ЧПУ, эксплуатируемых в составе РТК и ГАП.

Создание гибких станочных модулей требует широкой разработки и внедрения различных средств контроля и диагностики и, в частности, средств автоматического контроля размеров деталей и инструмента. Такой контроль возможен как в процессе обработки, так и в паузах между технологическими переходами.

В настоящей работе приводятся результаты разработки средств контроля размеров в паузах между переходами. Как следует из анализа современных тенденций развития средств контроля в машиностроении, наиболее перспективными при разработке таких средств являются индуктивные датчики (преобразователи). В связи с этим, основное содержание работы посвящено исследованию индуктивных датчиков

различных типов с целью определения их применимости в устройствах контроля размеров на станках с ЧПУ и созданию устройств контроля на базе указанных датчиков.

ГЛАВА1. АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЯМОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

1.1. СОСТАВ ЗАДАЧ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ В СТАНКАХ С ЧПУ

В общем случае, современный станок с ЧПУ, работающий в составе РТК и ГАП, можно представить в виде преобразующей системы с двумя входами и одним выходом (рис.1).

Система ЧПУ как преобразователь



Рис. 1

На первый вход этой системы подаются заготовки, на второй - управляющие программы, а на выходе появляются готовые детали, являющиеся результатом совместного преобразования заготовок и программ внутри системы. В соответствии с этим, задачи контроля и диагностики в станках с ЧПУ можно подразделить на два класса - задачи внешнего и внутреннего контроля [1]. К первым относятся: контроль размеров и точности установки заготовок на станок, контроль и обнаружение ошибок в управляющих программах и контроль размеров готовых деталей. Ко вторым относятся задачи, связанные с контролем и обнаружением отказов устройства ЧПУ, станка и режущего инструмента, а также задачи промежуточного контроля деталей. Средства обнаружения ошибок в

программах и отказов в устройствах ЧПУ обычно реализуются аппаратно или программно непосредственно в устройствах ЧПУ, что осуществляется обычно заводом - изготовителем этих устройств. Что касается средств контроля размеров заготовок, деталей и инструмента, контроля точности установки заготовок, контроля износа и обнаружения поломок инструмента в процессе обработки, то они обычно представляют собой самостоятельные агрегаты, устанавливаемые на станок либо на станкостроительном заводе, либо на заводе-потребителе станков.

В настоящее время вопросы разработки и практической реализации средств контроля и диагностики в устройствах ЧПУ решаются довольно успешно [2]. Учитывая это, а также то, что указанные вопросы лежат, главным образом, в компетенции организаций и предприятий Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР, остановимся далее лишь на средствах контроля размеров, диагностики состояния инструмента и т.п. в станках с ЧПУ, вопросы разработки и применения которых сегодня весьма актуальны для станкостроительных и машиностроительных заводов.

1.2. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ В СТАНКАХ С ЧПУ

Все средства контроля размеров деталей, заготовок и инструмента на станках с ЧПУ, выпускаемые зарубежной и отечественной промышленностью можно разбить на две группы: универсальные датчики, встраиваемые в агрегаты контроля различного назначения, и контрольные или измерительные головки.

Датчики выпускаются различными фирмами: «Digital electronic automation» и «Marposs» (Италия), «Ferranti» и «Renishaw» (Великобритания), «Bosh» (ФРГ) и др., однако наибольшую популярность как в европейских странах, так и в нашей стране завоевали датчики фирмы «Balluff» (ФРГ). Указанная фирма выпускает емкостные датчики серии BCS, оптоэлектронные датчики серии BOS, индуктивные датчики серии BES и EGT и др. Остановимся, тем не менее лишь на индуктивных датчиках, как на наиболее перспективных. Такие датчики успешно эксплуатируются в СССР на заводах объединения «АвтоВАЗ», на Костромском заводе "Мотордеталь", на Уральском оптикомеханическом заводе, на Свердловском заводе транспортного машиностроения им. Я. М. Свердлова и др.

Индуктивные датчики фирмы «Balluff» выпускаются в соответствии с Европейским стандартом EN 50008D и представляют собой, по существу, автогенераторные преобразователи, работающие с использованием явления срыва генерации колебаний. Они могут иметь два конструктивных исполнения: А1 – встраиваемые заподлицо в металл и А2 – встраиваемые незаподлицо (рис.2). Датчики обоих исполнений имеют цилиндрическую форму и наружную резьбу, диаметр которой – от М8 до М36 включительно. Максимальная длина датчиков при этом от 60 до 100 мм (табл.1).

Конструктивное исполнение индуктивных
(автогенераторных) датчиков

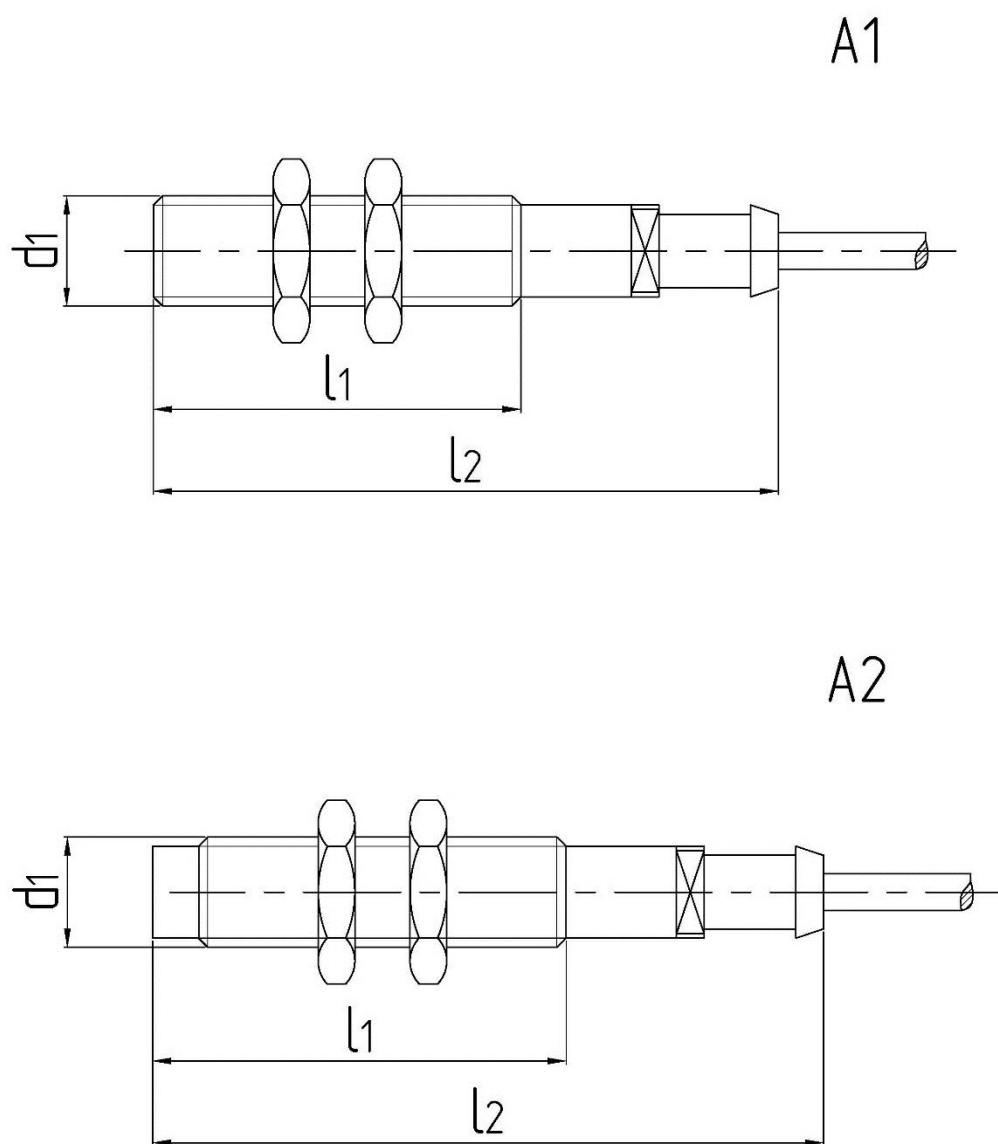


Рис. 2

Конструктивное исполнение и размеры индуктивных датчиков

Исполнения		Размеры		
A1 встраиваемое заподлицо	A2 встраиваемое незаподлицо	d_1	l_1 , мин.	l_2 , макс.
Типоразмер	Типоразмер		в мм.	в мм.
A 11	—	M 8 × 1	40	60
A 12	A 22	M 12 × 1	40	80
A 13	A 23	M 18 × 1	50	100
A 14	A 24	M 30 × 1,5	50	100

Кабельный ввод может иметь различные исполнения, однако любые жесткие кабельные вводы размер l_2 не увеличивают

Блок-схема электронной части датчиков приведена на рис. 3. Она состоит из генератора 1 с контурной катушкой, демодулятора 2, триггера 3 и выходного усилителя 4. При подаче напряжения питания перед торцем (активной поверхностью) датчика возникает переменное магнитное поле, генерируемое контурной катушкой. При погружении металлической детали в это поле на определенную глубину колебания в генераторе затухают, что приводит к опрокидыванию триггера и перемене коммутационного состояния. Вся электронная часть датчиков размещена внутри датчика, снаружи к нему подключается кабелем только источник питания и выходное реле (электромагнитное или электронное). Рассмотренные датчики могут иметь две модификации: работающие от постоянного и переменного напряжения.

Блок-схема индуктивного датчика

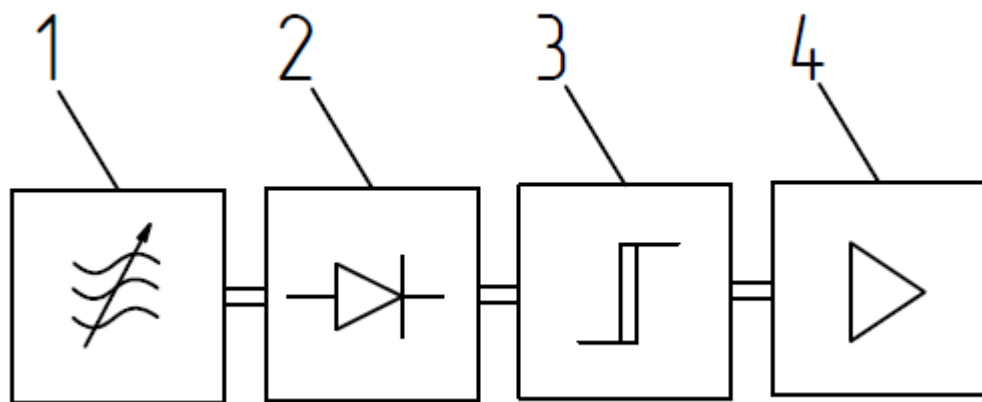


Рис. 3

Основные технические характеристики первых таковы:

Номинальное напряжение 12 -24В $\pm$ 20% после допуска на номинальный зазор переключения $\pm$ 10% ($\geq \pm 0,01$ мм)

Остаточная пульсация	$\leq 10\%$
Ток холостого хода	10 – 20 ма
Выходное сопротивление	4,7 ком
Остаточное напряжение при нагрузочном сопротивлении 10 ком	$\leq 0,8В$
Величина падения напряжения	0,8 – 1,8В
Гистерезис	15%
Крутизна фронта	$\geq 1В/МКС$
Допустимая нагрузка на выходе	60 – 400 ма
Продолжительность включения	100%
Температура окружающей среды	- 25°...+70°С

Характеристики вторых следующие:

Номинальное напряжение	90 – 250В
Частота в сети	40 – 60 Гц
Поле допуска на номинальный зазор	$\pm 10\%$
Переключения	($\geq 0,01$ мм)
Потребляемая мощность	4 ма
Наименьшая нагрузка	20 ма
Число переключений	5 – 15 Гц
Гистерезис	$\leq 15\%$
Продолжительность включения	100%
Температура окружающей среды	- 25°...+70°С

Датчики типа BES и EGT применяются в устройствах контроля точности базирования заготовок на станках с ЧПУ, для чего они устанавливаются в опорной поверхности приспособления, в котором крепится заготовка. Они пригодны и для использования в составе контрольных головок для контроля размеров заготовок и деталей. Тем не менее, следует отметить, что в технической документации на такие датчики отсутствуют сведения об их точности, достаточные для их применения в указанных головках. Для уверенного применения этих датчиков в контрольных головках необходимы их широкие точностные исследования, однако это оправдано, т.к. конструктивное исполнение датчиков BES и EGT дает возможность получать надежные рациональные в конструктивном отношении и легко ремонтируемые головки.

В последние годы фирма «Balluff» приступила к производству и других типов датчиков, выпускаемых по нормам NAMUR DIN 1934 (объединенного комитета стандартов по технике измерений и автоматическому регулированию в химической промышленности). Эти датчики также индуктивные, но с аналоговым выходом. Однако данных, достаточных для широкого применения таких датчиков пока еще нет.

Как было отмечено ранее [3], весьма перспективным направлением в создании средств контроля и диагностики на станках с ЧПУ, в частности, средств контроля состояния инструмента, является применение индуктивных датчиков (автогенераторных преобразователей) марок BES и EGT фирмы «Balluff» и их советских аналогов. Рассмотрим в связи с этим вопрос о применимости указанных датчиков для этих целей.

Очевидно, что наиболее простым способом контроля состояния инструмента с помощью датчиков BES и EGT и их аналогов был бы способ прямого контроля, при котором инструмент периодически вводился бы во взаимодействие с датчиком без всяких промежуточных элементов. Поскольку датчик имеет релейную характеристику (срабатывает при срыве

генерации колебаний), то по-видимому, для всякого инструмента того или иного типоразмера можно было бы установить критический зазор Y_k между вершиной инструмента и датчиком, при котором происходит срабатывание последнего (рис.4). Так как при износе инструмента или его поломке фактический зазор Y_ϕ между вершиной инструмента и датчиком возрастает, то можно было бы найти такое периодически повторяемое положение инструмента, при котором имело бы место $Y_\phi < Y_k$, если инструмент не сломан и имеет зазор меньше максимально допустимого, и $Y_\phi > Y_k$ в противном случае. Построение устройств контроля инструмента, например, токарных резцов, по описанному принципу позволило бы получить нужный результат при затратах практически не превышающих стоимости датчика, а также обеспечило бы возможность выбора позиции контроля на станке почти в любом доступном для инструмента месте. Тем не менее, для реализации предложенного принципа необходима его экспериментальная проверка.

В качестве проверки реализуемости принципа прямого контроля состояния инструмента был проведен специальный анализ осуществимости достоверного различения датчиком изношенного и неизношенного инструментов типа токарных резцов с многогранными неперетачиваемыми пластинами марок BK6, T5K10, T15K6, KHT16, B17 (специальный сплав, разработанный под руководством проф. Шарина Ю.С. [4]) и Sandvik coromant.

При этом, согласно рекомендациям ISO, изношенным считался резец с фаской износа по задней грани $h_3 = 0,5$ мм. Исследование производилось на токарном станке с использованием датчика EGT.I2X.02.AP.024 ($D_1 = M12$, $D_2 = 10$ мм), установленного на пиноли задней бабки. Резец, закрепленный на суппорте станка, перемещался относительно датчика и всякий раз при срабатывании датчика производился отсчет координат Y и X точки срабатывания. В рассматриваемом случае условие срабатывания можно

представить в виде равенства $Y = F(x)$, где $F(x)$ – некоторая функция, характеризующая, главным образом, конструкцию датчика. Из-за шумов и

Схема взаимодействия инструмента с датчиком при прямом контроле

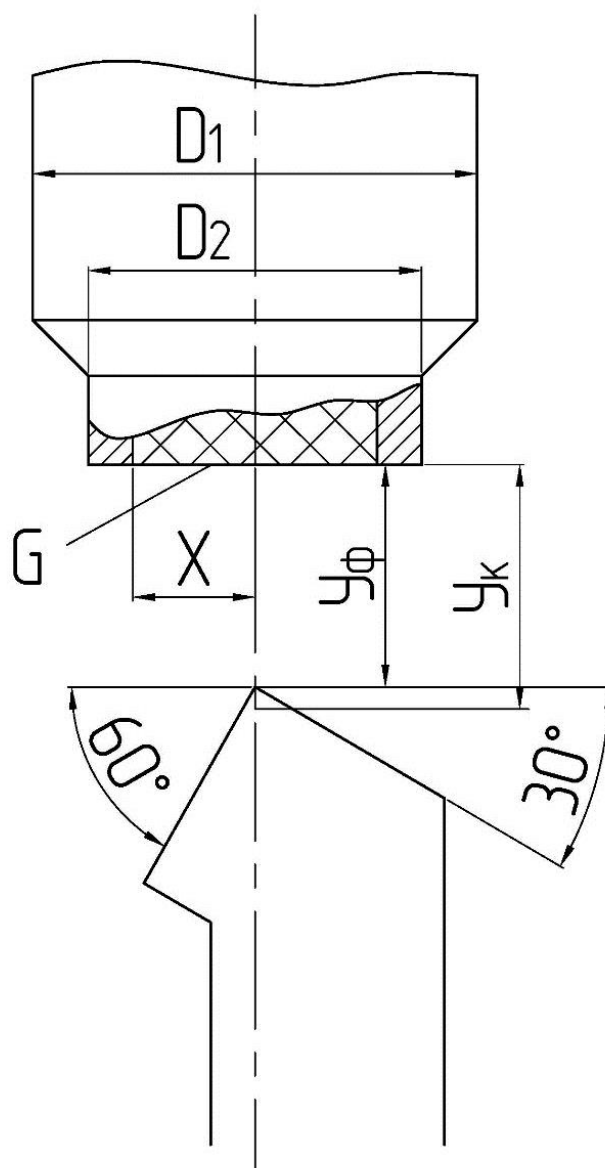


Рис. 4

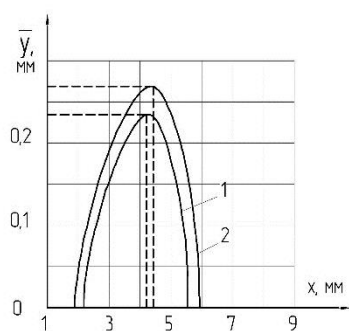
нестабильности электронной схемы датчика величина U в этом равенстве при фиксированных X оказывается неоднозначной, поэтому при одном и том же X определение U производилось трижды и равенство $U = F(x)$, трактовалось как $\bar{U} = F(x)$, где $\bar{U}$ – среднее значение U при данном X .

Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе были сняты кривые $\bar{U} = F(x)$, для острого (1), а затем изношенного (2) резца (рис. 5). Как видно из рисунка, датчик позволяет уверенно отличать острый резец от изношенного. Тем не менее, только на основании полученных кривых нельзя сделать вывод о возможности построения систем прямого контроля с исследуемым преобразователем. В соответствии с этим, на втором этапе исследований производилось определение $\bar{U} = F(x)$ при различных h_3 и при фиксированных X . Определение $\bar{U}$ производилось следующим образом. После того, как квадратная пластина изнашивалась на одну и ту же величину h_3 с различных вершин, пластину устанавливали в державку той или иной вершиной вперед (при этом ее устанавливали с точностью, соответствующей точности измерений), затем при фиксированном X подводили резец к активной поверхности G датчика и определяли $\bar{U}$. Точки, соответствующие полученным $\bar{U}$ при данном h_3 наносили на график (рис.6). По окончании эксперимента оказалось, что однозначной зависимости $\bar{U}$ от h_3 нет. Полученные точки располагаются в некоторой зоне, характер заполнения которой, по-видимому, зависит не только от величины фаски износа h_3 , но и от формы околорезинной части резца, в частности, от того, как эта фаска ориентирована относительно оси датчика. Очевидно, что границы зоны определяются случаями, когда фаска износа расположена перпендикулярно оси датчика (при этом влияние износа на $\bar{U}$ максимально) и когда она расположена параллельно главному режущему лезвию резца (при этом влияние износа на $\bar{U}$ практически отсутствует). С учетом этого была

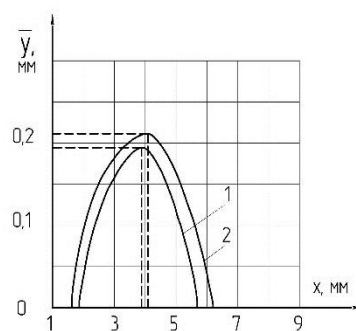
сделана попытка отыскания границ зон срабатывания датчика при взаимодействии с пластинами разных марок. В результате эксперимента, при котором

Кривые срабатывания датчика EGT при взаимодействии с острым (1) и изношенным (2) резцом

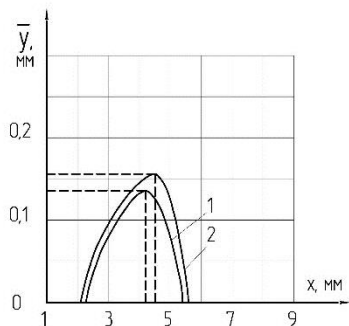
Sandvik Coromant



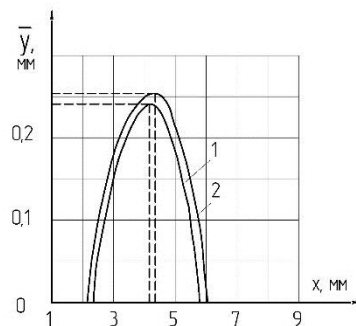
B17



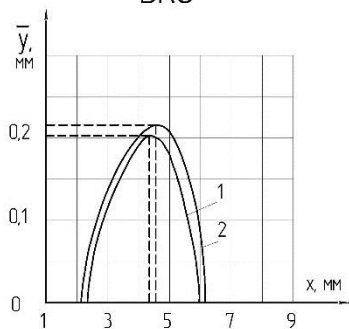
T15K6



KHT16



BK6



T5K10

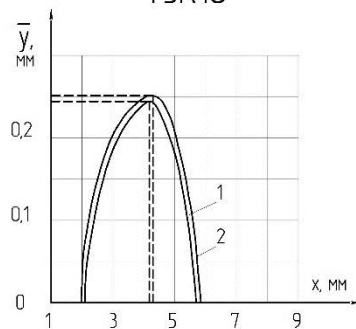


Рис. 5

использовались пластины с искусственно созданной фаской износа требуемой ориентации, такие границы были установлены вначале для резцов с пластинами Sandvik coromant и T15K6, а затем и для пластин из материалов KHT16, T5K10, BK6 и B17 (рис. 7). Эксперимент подтвердил также существование указанных зон практически для любых пластин и показал, что из-за непостоянства формы околостружечной части резца даже при одной и той же величине h_z значения $\bar{U}$ отличаются друг от друга настолько, что указать какую-то критическую величину U_k не представляется возможным. А это говорит о неосуществимости систем прямого контроля состояния инструмента.

Зоны срабатывания датчика EGT при взаимодействии с МНП

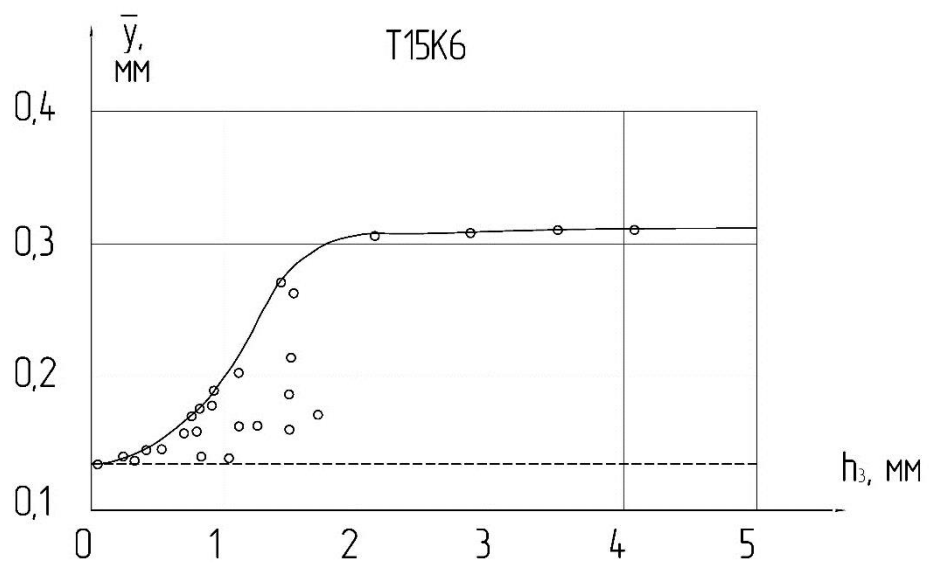
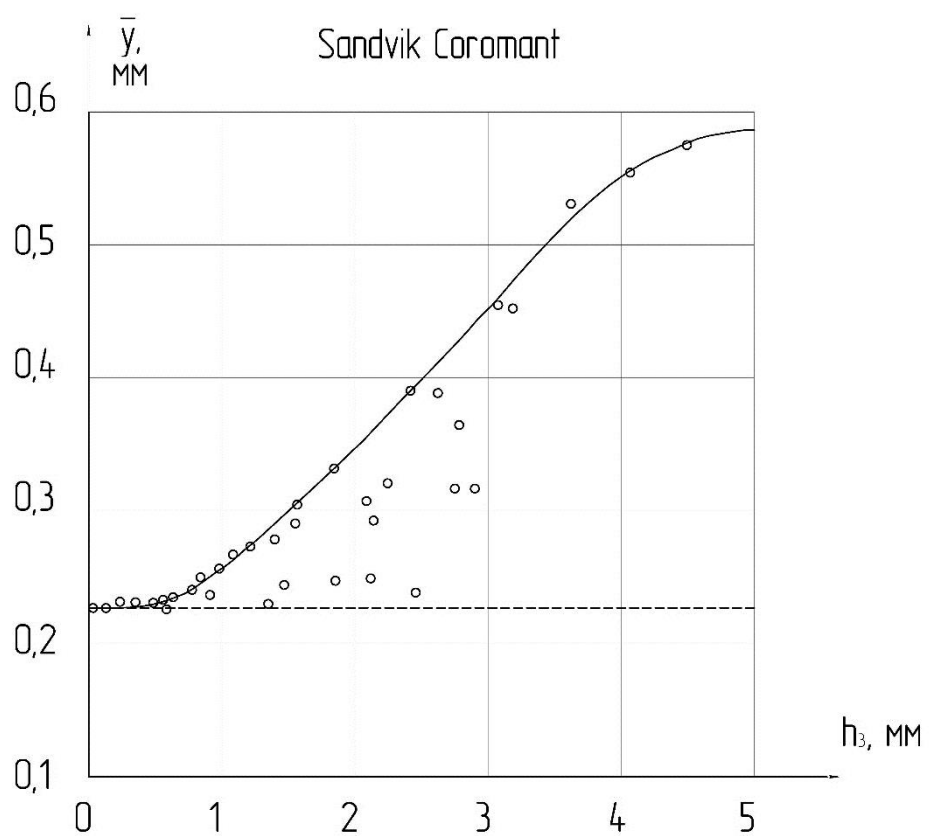


Рис. 6

Границы зон срабатывания датчика EGT при взаимодействии с МНП

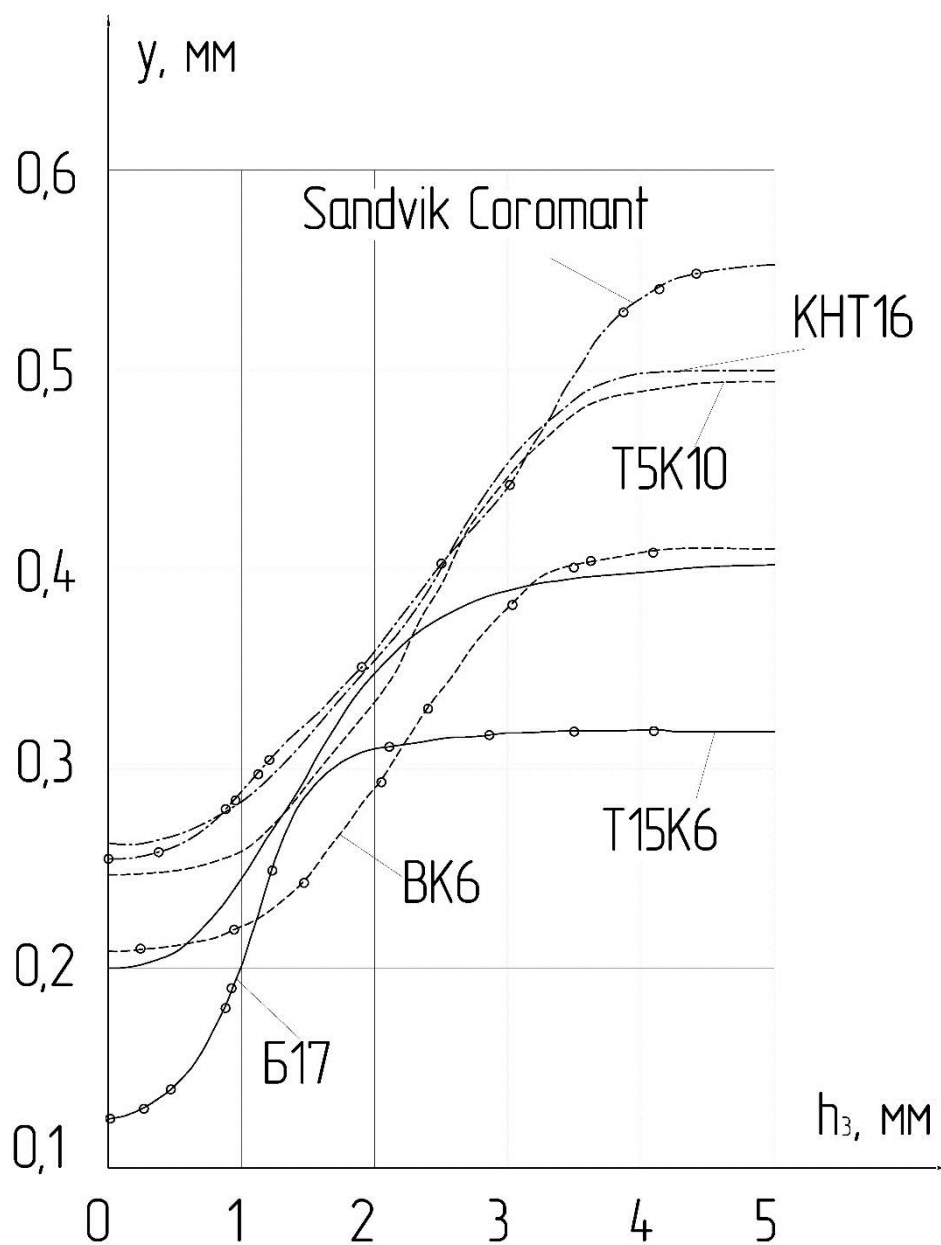


Рис.7

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПЛОСКИМ ЭКРАНОМ

В связи с тем, что главной причиной неосуществимости систем прямого контроля состояния инструмента является непостоянство формы околостружечной части резца, становится совершенно ясно, что непрерывным условием реализуемости систем контроля с использованием индуктивных (автогенераторных) датчиков оказывается необходимость введения элемента-посредника, форма которого постоянна и не зависит от износа инструмента. При использовании такого элемента естественной схемой устройств контроля будет являться схема, где инструмент взаимодействует с контактным щупом, щуп перемещает элемент-посредник, а последний взаимодействует с датчиком.

Наиболее приемлемым элементом-посредником может служить плоский металлический экран, что объяснимо, прежде всего, простотой и технологичностью такого экрана. Однако, как и при попытке использования автогенераторных датчиков в устройствах прямого контроля инструмента, построение устройств контроля с элементом-посредником невозможно без предварительной проверки их реализуемости, что в данном случае представляет собой всестороннее исследование характеристик срабатывания датчиков при взаимодействии с плоским экраном. В соответствии с этим, в настоящей работе и было предпринято специальное исследование, направленное на установление наиболее важных, в частности, точностных характеристик индуктивных (автогенераторных) датчиков.

Объектом исследований явились датчики четырех типов:

EGT. 12X. 02. AP. 024 ($D_1 = M12, D_2 = 10$ мм), BES. 516. 335. АО. X ($D_1 = M16, D_2 = 14$ мм) производства фирмы «Balluff» и их советские аналоги У511.31 ($D_1 = M14, D_2 = 12$ мм) и СПП. 000. 3 ($D_1 = M12, D_2 = 10$ мм), наиболее удобные для устройств контроля по своим габаритным размерам. Исследование каждого из указанных датчиков производилось в процессе его взаимодействия с экраном 1 (рис. 8), перемещающимся в координатах X, Y . Подобно тому, как это было сделано при исследовании датчиков, взаимодействующих с резцом, условие срабатывания датчиков, взаимодействующих с экраном, можно представить в виде равенства $Y = f(x)$, где Y, X – координаты расположения экрана в момент срабатывания датчика. Величина Y в этом равенстве при фиксированных X также оказывается неоднозначной и может быть выражена как $Y = \bar{Y} \pm \Delta Y \approx \bar{Y} \pm 3\sigma$, где $\bar{Y}$ – среднее значение Y , а σ – среднеквадратическое отклонение Y от $\bar{Y}$ при данном X . В связи с этим, первой задачей исследования явилось определение зависимостей $\bar{Y}$ и σ от X . Поскольку у большинства датчиков указанные зависимости изменяются при колебаниях напряжения питания U_{Π} , решение этой задачи производилось при стабилизированном $U_{\Pi} = 20\text{В}$, что соответствует паспортным данным исследуемых датчиков. Однако для того, чтобы выяснить необходимость применения стабилизированного питания при промышленной эксплуатации датчиков, была поставлена и вторая задача – определение влияния колебаний U_{Π} на $\bar{Y}$ и σ .

Работа измерительных преобразователей перемещения зачастую, как известно, сопровождается явлением гистерезиса. Не исключение и исследуемые преобразователи, для которых гистерезис может быть охарактеризован, в частности, величиной $\bar{Z} = \bar{Y}_+ - \bar{Y}_-$, где $\bar{Y}_+$ и $\bar{Y}_-$ значения $\bar{Y}$, соответствующие одному и тому же X , но измеренные при подводе экрана к чувствительной поверхности G датчика и при отводе от нее. Практическая значимость гистерезиса не одинакова. В большинстве случаев знать его не требуется, однако, при построении устройств контроля с реверсивным

перемещением, данные о гистерезисе могут оказаться необходимыми. Это предопределило третью задачу исследования.

Схема взаимного расположения датчика и экрана при эксперименте

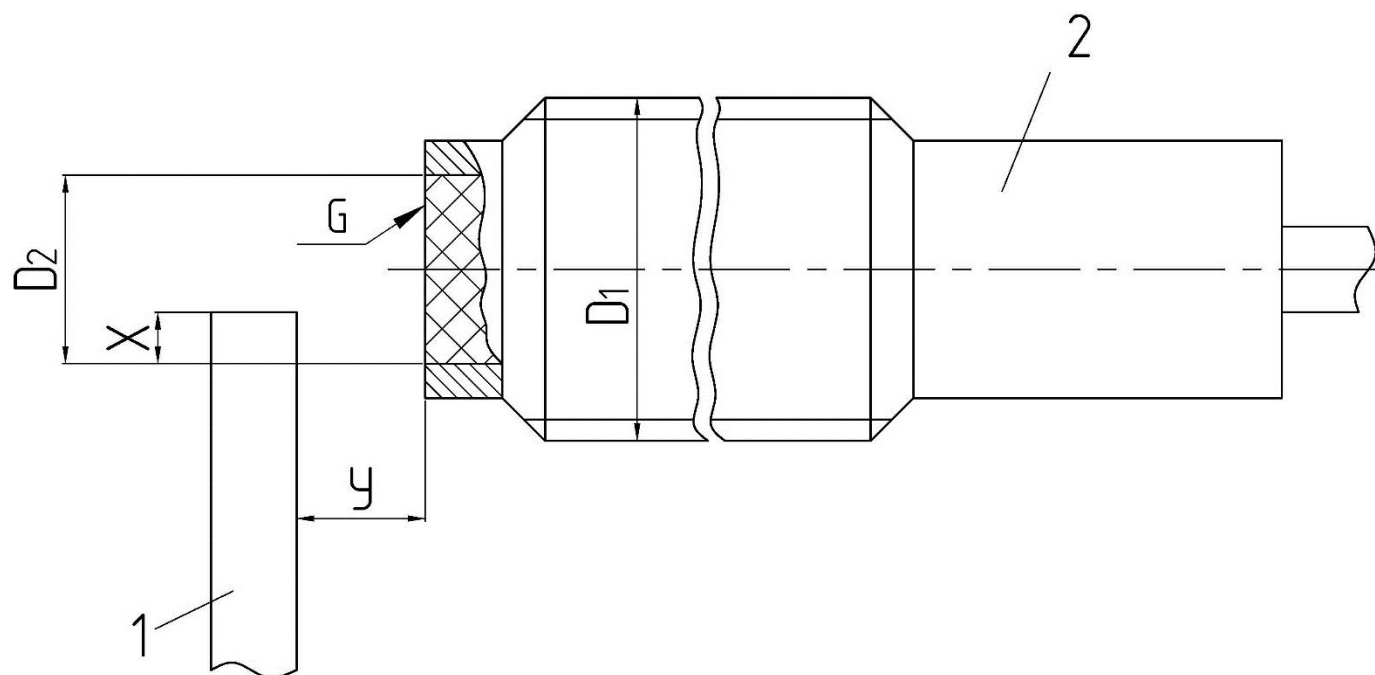


Рис.8

1 – экран, 2 – датчик

Все три перечисленные задачи решались на экспериментальной установке (рис.9), обеспечивающей возможность перемещения экрана как по оси X, так и по оси Y. В процессе эксперимента экран устанавливался в определенное положение по оси X (от нулевого до полного перекрытия чувствительной поверхности G с шагом 2 мм), а затем перемещался по направлению к поверхности G до момента срабатывания датчика. После этого производился отсчет значений X и Y, соответствующих моменту срабатывания, причем при одном и том же X значение y определялось 25 раз.

Исследования проводились с экранами, изготовленными из семи различных металлов: стали 45, стали Ст 3, нержавеющей стали 12Х18Н10Т, чугуна, латуни, дюрала и меди. Результаты исследований при использовании всех перечисленных металлов были обработаны методами математической статистики, что дало возможность для всех четырех исследуемых датчиков найти зависимости вида $\bar{Y} = f(x)$ (рис. 10, 11). Как видно из рисунка, чувствительность $S_{yx} = \frac{d\bar{Y}}{dx}$ датчика при работе с различными экранами оказывается также различной. Если в качестве характеристики датчика принять значение чувствительности $S_{yx} = S_{yxo} = \left. \frac{d\bar{Y}}{dx} \right|_{x=x_0}$, где x_0 – координата экрана, удовлетворяющая равенству $f(x_0) = 0,8\bar{Y}_{max}$ ($\bar{Y}_{max}$ – наибольшее значение $\bar{Y}$, соответствующее данной паре "датчик-экран"), то нетрудно заметить, что величина S_{yxo} для всех исследуемых датчиков при изменении материала экрана изменяется незначительно, а $\bar{Y}_{max}$ – значительно, хотя характер их изменения аналогичен (табл. 2, 3). Близки друг к другу по $\bar{Y}_{max}$ лишь случаи, когда экраны изготавливаются из стали 45, стали Ст 3 и чугуна.

При анализе значений σ , полученных после обработки экспериментальных данных, какой-либо зависимости σ от X и от материала экрана установлено не было. Во всех сериях опытов значения σ получались разными, хотя и отличающимися незначительно.

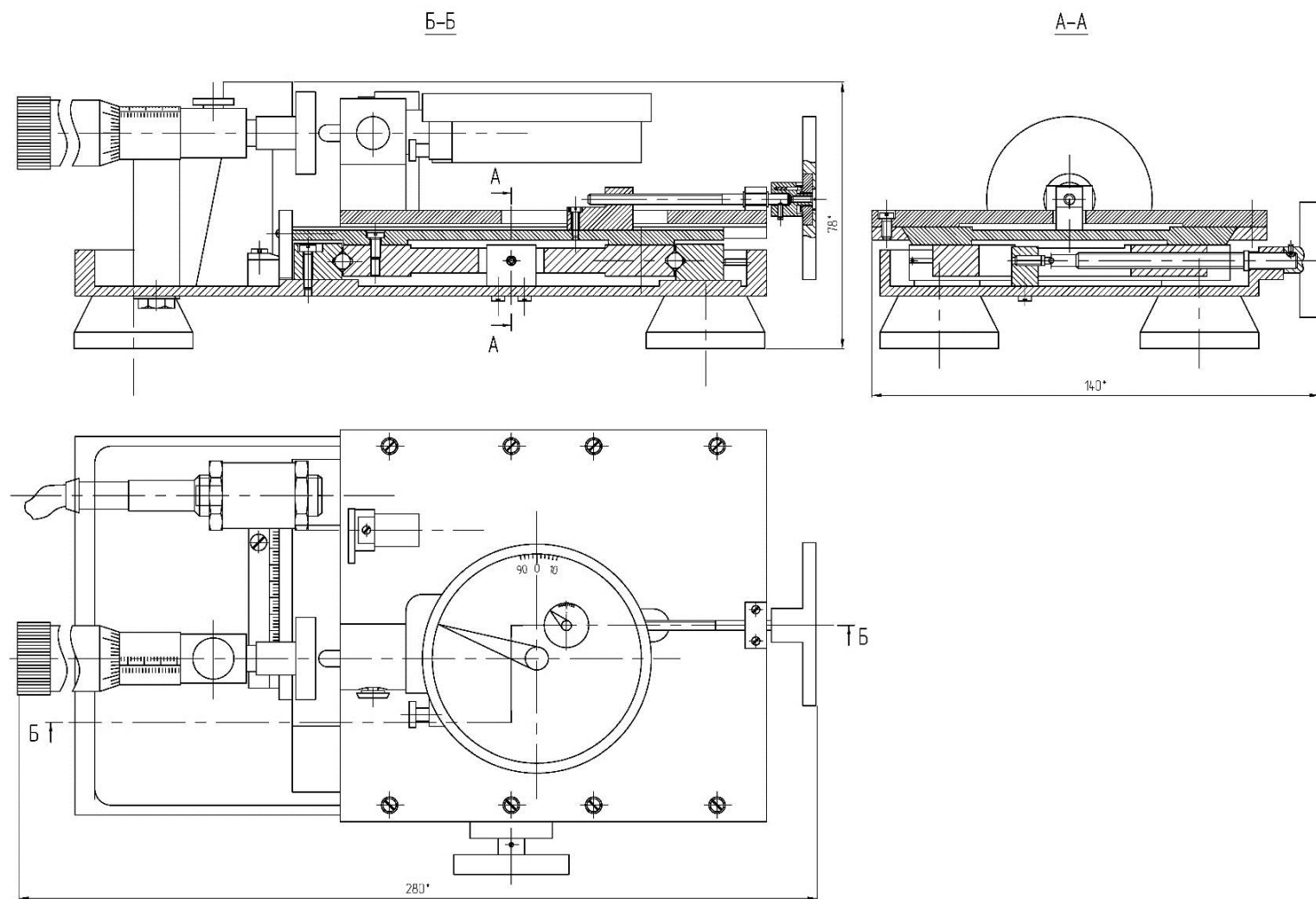


Рис.9. Экспериментальная установка

Кривые срабатывания датчиков типов EGT (а) и BES (б) при взаимодействии с плоским экраном из чугуна (1), стали 45 (2), стали Ст3 (3), стали 12Х18Н10Т (4), латуни (5), дюралю (6) и меди (7)

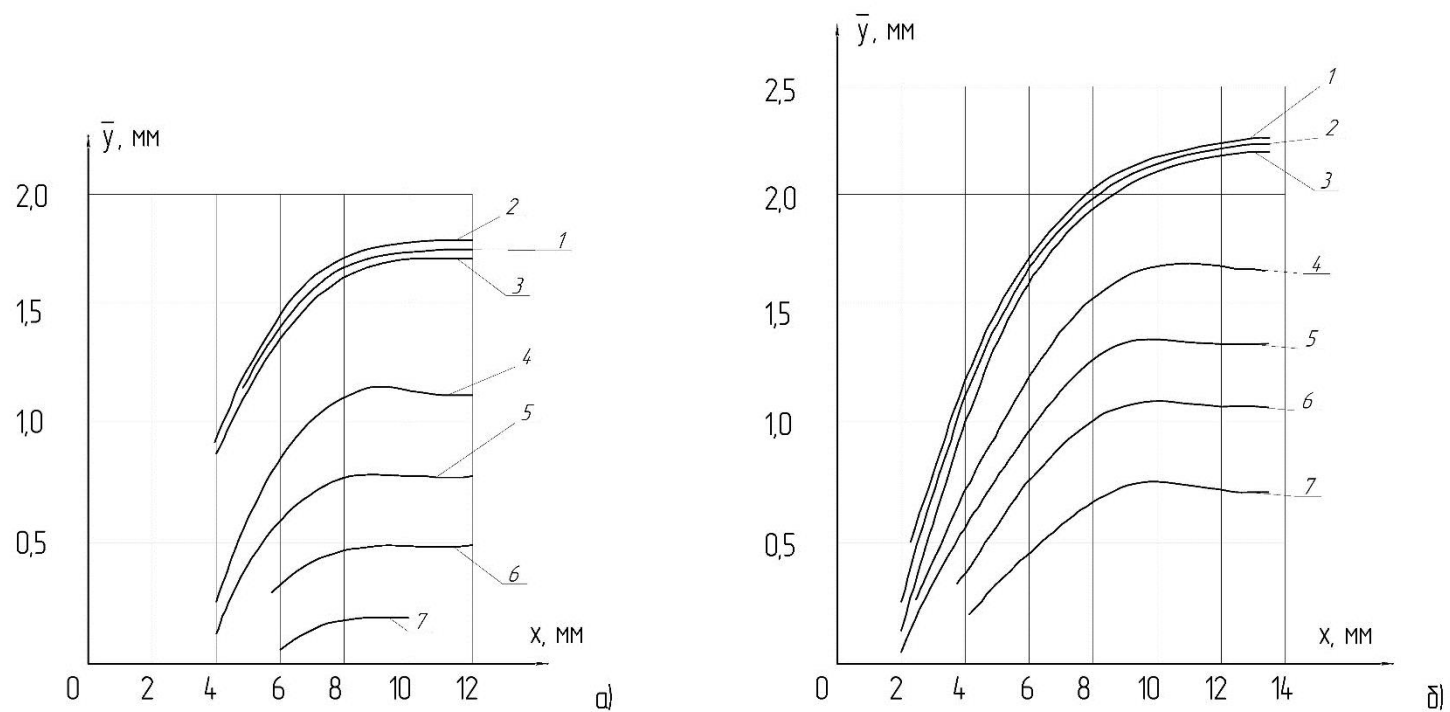


Рис.10

Кривые срабатывания датчиков типа У511 (а) и СПП (б) при взаимодействии с плоским экраном из чугуна (1), стали 45 (2), стали Ст3 (3), стали 12Х18Н10Т (4), латуни (5), дюралю (6) и меди (7)

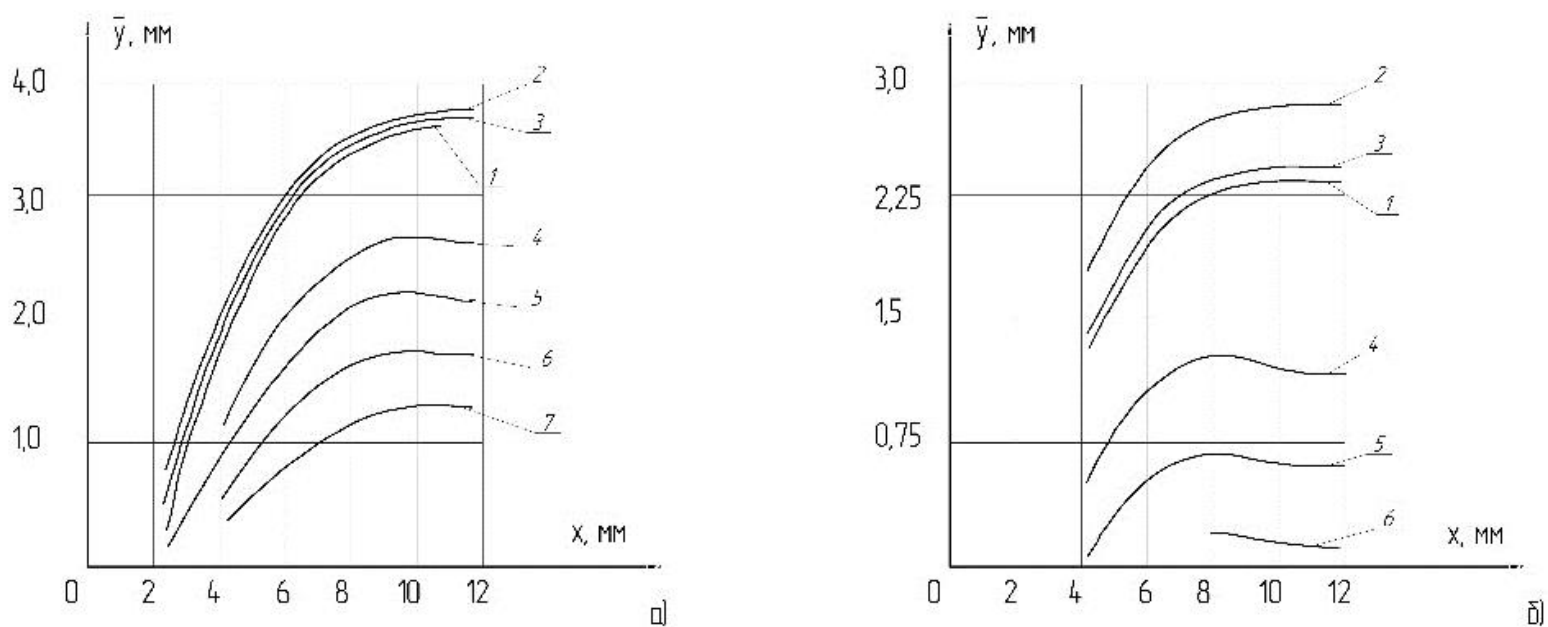


Рис.11

Таблица 2

№	Материал экрана	Тип датчика							
		EGT				BES			
		$\bar{y}$ (мм)	S_{yxo}	$\bar{Z}$ (мм)	S_{zxo}	$\bar{y}$ (мм)	S_{yxo}	$\bar{Z}$ (мм)	S_{zxo}
1	Чугун	1,77	0,225	0,110	0,0030	4,48	0,370	0,106	0,0007
2	Сталь 45	1,80	0,220	0,100	0,0045	4,40	0,350	0,100	0,0007
3	Сталь 3	1,84	0,180	0,102	0,0045	4,36	0,320	0,098	0,0007
4	12X18H10T	1,17	0,185	0,084	0	3,38	0,250	0,080	0,0007
5	Латунь	0,80	0,170	0,080	0	2,74	0,320	0,070	0
6	Дюраль	0,48	0,100	0,073	0	2,20	0,300	0,063	0
7	Медь	0,19	0,050	0,063	0	1,54	0,230	0,056	0

Таблица 3

№	Материал экрана	Тип датчика							
		У511				СПП			
		$\bar{Y}_{max}$ (мм)	S_{yxo}	$\bar{Z}$ (мм)	S_{zxo}	$\bar{Y}_{max}$ (мм)	S_{yxo}	$\bar{Z}$ (мм)	S_{zxo}
1	Чугун	3,70	0,380	0,110	0,003	2,28	0,343	0,080	0,0006
2	Сталь 45	3,78	0,340	0,023	0,001	2,77	0,330	0,065	0,0006
3	Сталь 3	3,74	0,350	0,021	0,001	2,40	0,352	0,060	0,0006
4	12X18Н10Т	2,70	0,300	0,094	0,002	1,34	0,328	0,040	0
5	Латунь	2,24	0,280	0,021	0	0,72	0,281	0,030	0
6	Дюраль	1,76	0,240	0,085	0	0,24	0	0,030	0
7	Медь	1,32	0,200	0,015	0	-	-	-	-

В связи с этим было выдвинуто предположение о случайности и несущественности различия полученных значений σ и произведена его проверка для каждого из исследуемых датчиков. Проверка производилась с помощью критерия Кохрена [5] и показала, что различия σ , полученных при исследовании каждого датчика при всех экранах и при любых X изменяемых с интервалом 2 мм, правомерно считать несущественными с достоверностью не менее 95%. Рассматривая на основании этого σ как случайную величину, по гистограммам распределения σ (рис.12, 13) нетрудно было отыскать наиболее вероятные (модальные) значения этой величины σ , равные 0,5 мкм для датчиков типов EGT, BES и СПП и 0,7 мкм для датчиков типа У511. С помощью $\sigma_{\text{МО}}$ можно установить и наиболее вероятные значения погрешностей ΔY : для датчиков типов EGT, BES и СПП – $\pm 1,5$ мкм, а для датчика типа У511 – $\pm 2,1$ мкм. Что касается максимальных значений σ , то как видно из гистограмм, они не превышают 0,8 мкм для датчика типа СПП, 1 мкм для датчика типа BES, 1,2 мкм для датчика типа EGT и 1,6 мкм для датчика типа У511. Отсюда, максимальные значения ΔY оказываются соответственно равными $\pm 2,4$ мкм – $\pm 3,0$ мкм, $\pm 3,6$ мкм и $\pm 4,8$ мкм.

Для выявления влияния колебаний напряжения питания $U_{\text{п}}$ на точностные характеристики датчиков, $U_{\text{п}}$ придавались значения $20\text{В} \pm 20\%$ при работе датчиков с экранами из стали 12Х18Н10Т и дюралю. При изменении $U_{\text{п}}$ в указанном диапазоне отклонения значений $\bar{Y}$ не превысили 31 мкм для датчика типа BES, 13 мкм для датчиков типов EGT и СПП и 32 мкм для датчика типа У511. Эти отклонения весьма малы и для того, чтобы утверждать, что они действительно обусловлены колебаниями $U_{\text{п}}$, потребовалась статистическая проверка. Последняя проводилась с помощью критерия Стьюдента [5] и показала, что отклонения, выявленные при эксперименте, с доверительной вероятностью 0,95 статистически значимы.

Таким образом, влияние колебания $U_{\text{п}}$ на $\bar{Y}$ подтверждается.

Гистограммы распределения σ для датчиков типов EGT (а) и BES (б)

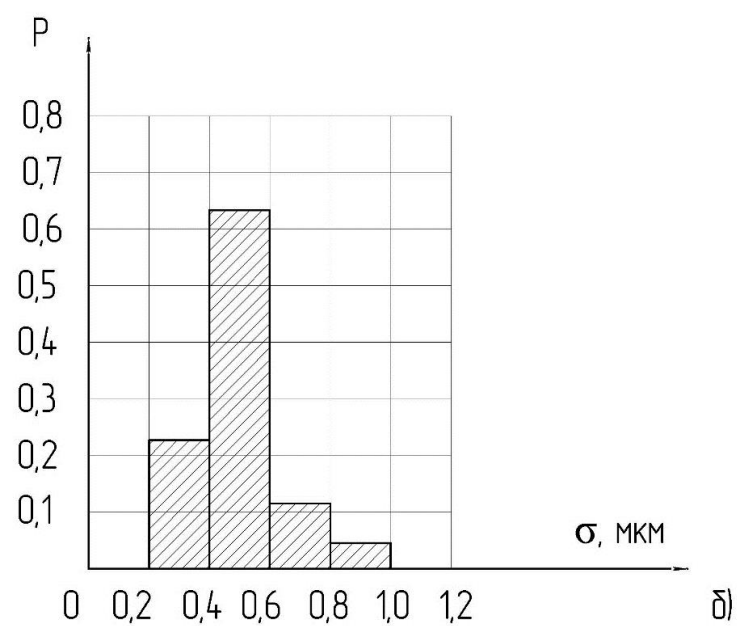
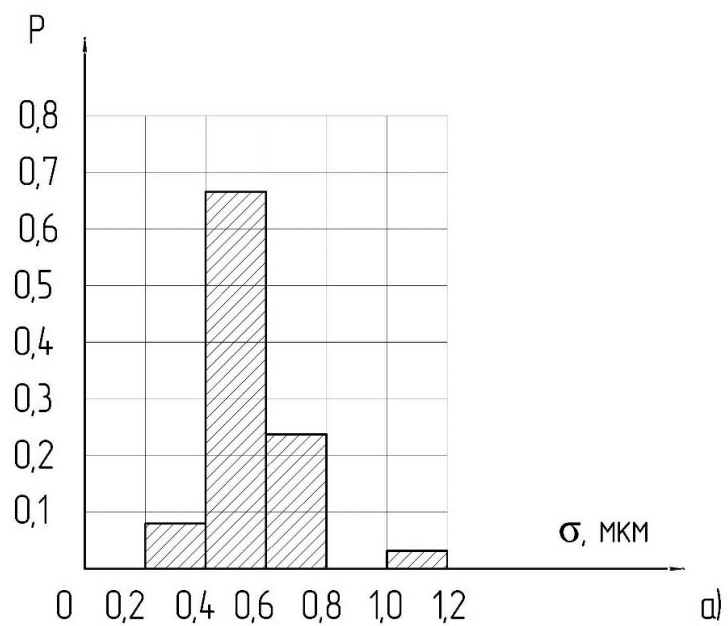


Рис.12

Гистограммы распределения σ для датчиков типа У511 (а) и СПП (б)

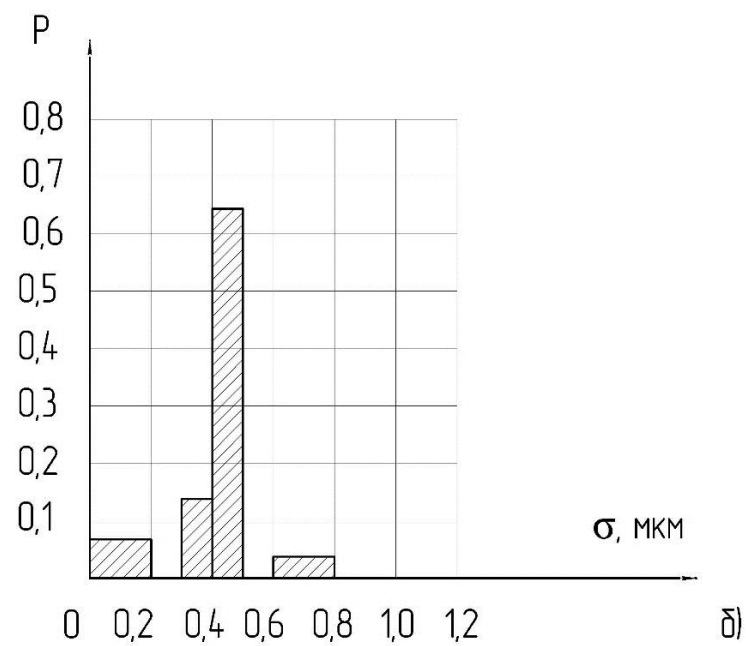
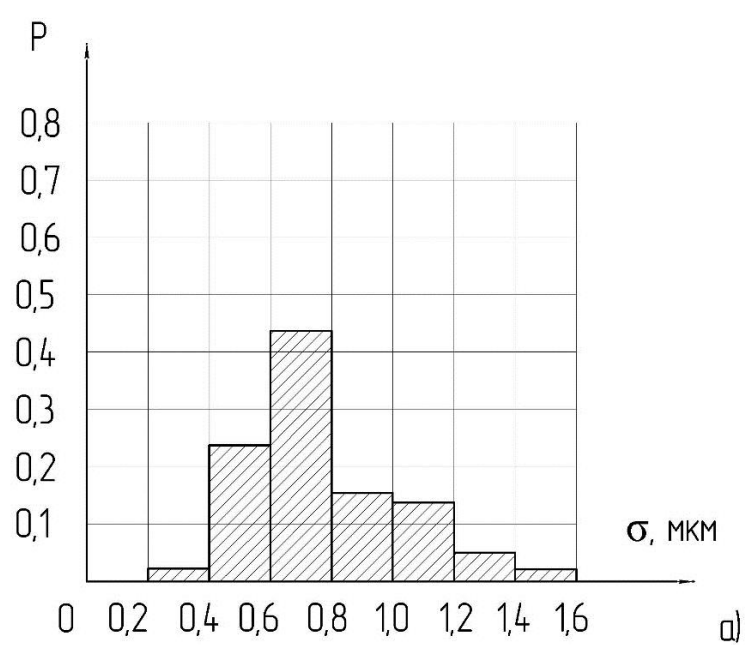


Рис.13

Аналогичная статистическая проверка влияния колебания U_{Π} на σ выполненная с помощью критерия Кохрена, указанное влияние не подтвердила.

Как уже отмечалось, при работе датчиков имеет место гистерезис $\bar{Z} = \bar{Y}_+ - \bar{Y}_-$. При исследовании этой величины значения $\bar{Y}_+$ и $\bar{Y}_-$ определялись подобно $\bar{Y}$ по результатам 25 измерений при каждом значении X , соответствующем моменту срабатывания датчика и изменяемом от 0 до D_2 . Полученные данные оказались во многом сходными с результатами исследования $\bar{Y}$. В частности, было установлено, что в большинстве случаев $\bar{Z}$ возрастает с переходом от диамагнитного экрана к ферромагнитному, хотя величина $S_{zx0} = \left. \frac{d\bar{Z}}{dx} \right|_{x=x_0}$, как правило, остается близкой к нулю (табл. 2, 3). Эти закономерности, однако, в большей степени свойственны датчикам типов BES, EGT и СПП и мало заметны для датчика типа У511. Но это, по-видимому, связано с тем, что для последнего датчика вообще большинство значений $\bar{Z}$ и, в том числе $\bar{Z}|_{x=x_0}$ (табл. 2,3), раза в 3-4 меньше, чем у первых трех датчиков. В отношении же влияния колебаний напряжения питания U_{Π} на величину $\bar{Z}$ следует отметить, что в меньшей степени колебания U_{Π} влияют на $\bar{Z}$ датчиков типов EGT, СПП и У511, и в большей степени на $\bar{Z}$ датчика типа BES. Так, при изменениях U_{Π} в диапазоне $20B \pm 20\%$ и при использовании экранов из нержавеющей стали и дюралюминия максимальные отклонения $\bar{Z}$ не превышали для датчиков EGT и СПП 1,5...2 мкм, для датчика У511 – 9 мкм, а для датчика BES – 14 мкм.

Результаты проведенных исследований показывают, что все рассмотренные датчики, в той или иной степени, принципиально пригодны для построения устройств контроля состояния инструмента с элементом-посредником, выполненным в виде плоского экрана. Это подтверждается и мнением производителей, связанных с эксплуатацией исследованных датчиков в промышленности. При этом эксплуатационники отмечают высокую стабильность характеристик датчиков BES и EGT независимо от

года их изготовления и принадлежности к той или иной выпущенной серии. Аналогично отмечается и высокая стабильность характеристик датчиков СПП. Что касается датчиков У511.31, то мнения эксплуатационников об их стабильности не всегда одинаковы. Наряду с положительными отзывами имеются и такие, в которых отмечается значительный разброс параметров датчиков даже в одной приобретенной партии. В связи с этим, для окончательного решения вопросов о применимости рассмотренных автогенераторных датчиков в устройствах контроля инструмента было проведено дополнительное исследование партии датчиков У511.31. Попутно, для более полной уверенности в выводах были исследованы еще два датчика типа СПП.000.3.

Для исследования датчиков У511.31 было произвольным образом отобрано 25 экземпляров. Каждый из них исследовался при взаимодействии с экраном из стали 45 при изменении X с интервалом 2 мм. В каждой точке определялись $\bar{Y}$, σ и $\bar{Z}$. Обработка полученных экспериментальных данных показала, что графики уравнивания срабатывания датчиков У511.31 отличаются друг от друга существенно (рис. 14, а). При этом они располагаются в зоне, максимальная ширина которой составляет более 2 мм. Однако распределение графиков, соответствующих различным датчикам, в этой зоне неравномерно – в нижней ее части располагается 8% графиков, в верхней – 20%, в средней – 72%, причем наибольшая ширина средней части указанной зоны – 0,8 мм. Подобным же образом, в широком диапазоне изменяется и σ , тем не менее, как показала статистическая проверка значимости различий σ , соответствующих различным датчикам и различным перекрытиям X , существенными эти различия признать нельзя. Учитывая это, и рассматривая все экспериментально установленные σ в качестве элементов одной и той же генеральной совокупности, правомерно построить общую гистограмму распределения σ для всех датчиков (рис. 15). Из нее видно, что наиболее вероятное значение σ составляет 0,5 мкм, что

соответствует погрешности срабатывания датчиков $\pm 1,5$ мкм. Максимальное σ не превышает 2,2 мкм, что соответствует погрешности $\pm 6,6$ мкм. Наряду с этим, гистограмма распределения максимальных σ , соответствующих каждому датчику в отдельности (рис.16,а), показывает, что наиболее вероятное значение σ_{max} равно $\sim 0,7$ мкм, а обусловленная им погрешность равна $\pm 2,1$ мкм. Аналогично, гистограмма распределения модальных значений σ (рис. 16,б) показывает, что наиболее вероятное σ_{MO} равно 0,5 мкм и обуславливает погрешность $\pm 1,5$ мкм, а наибольшее из σ_{MO} составляет ~ 2 мкм, чему соответствует погрешность ± 6 мкм. Полученные в процессе исследования значения S_{yxo} , $\bar{Z}$ и S_{zxo} были также представлены в виде гистограмм (рис. 17). Из них видно, что наиболее вероятное значение S_{yxo} для датчиков У511.31 равно $\sim 0,25$, минимальное – $\sim 0,16$, а максимальное не превышает $\sim 0,4$. Наиболее вероятное значение $\bar{Z}$ не превышает 0,05 мм, а максимальное – $\sim 0,3$ мм. Наиболее вероятное S_{zxo} не превышает 0,00075, а максимальное – 0,00375. Что касается датчиков СПП.000.3, то результаты исследования показали следующее. Значения S_{zxo} , $\bar{Z}$ и точность у всех трех исследованных датчиков практически одинаковы. Вместе с тем, кривые $Y = f(x)$ (рис. 14,б) и значения S_{yxo} , у них отличаются друг от друга довольно значительно. Отличие S_{yxo} , в частности, достигает 25%. Следует, однако, отметить, что указанное обстоятельство не опровергает сделанного ранее вывода о применимости датчиков СПП.000.3 в устройствах контроля для станков с ЧПУ. В отношении же датчиков У511.31 необходимо ввести комментарий: прежде чем их применить, целесообразно произвести отбор.

Зоны распределения кривых срабатывания двадцати пяти датчиков типа У511 (а) и кривые срабатывания трех датчиков типа СПП (б)

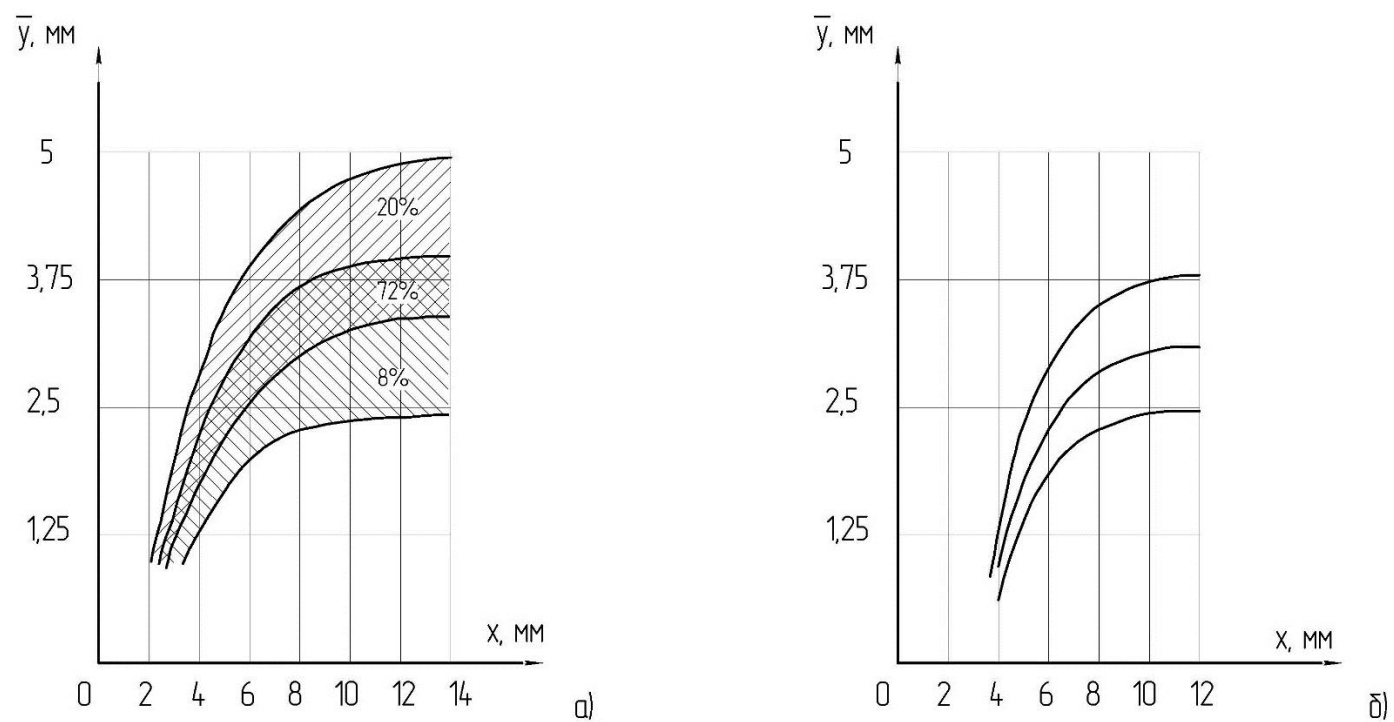


Рис.14

Гистограммы распределения σ для двадцати пяти датчиков типа У511 (а) и двух датчиков типа СПП (б)

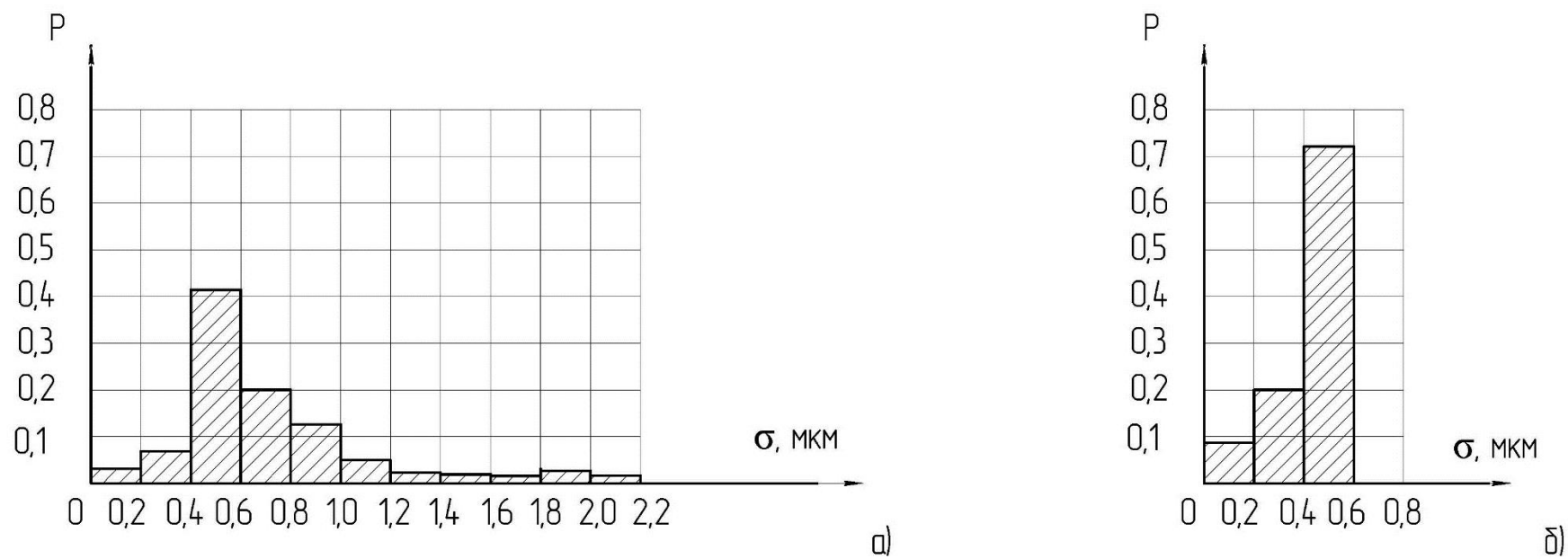


Рис.15

Гистограммы распределения σ_{max} (а) и σ_{M0} (б) для двадцати пяти датчиков типа У511

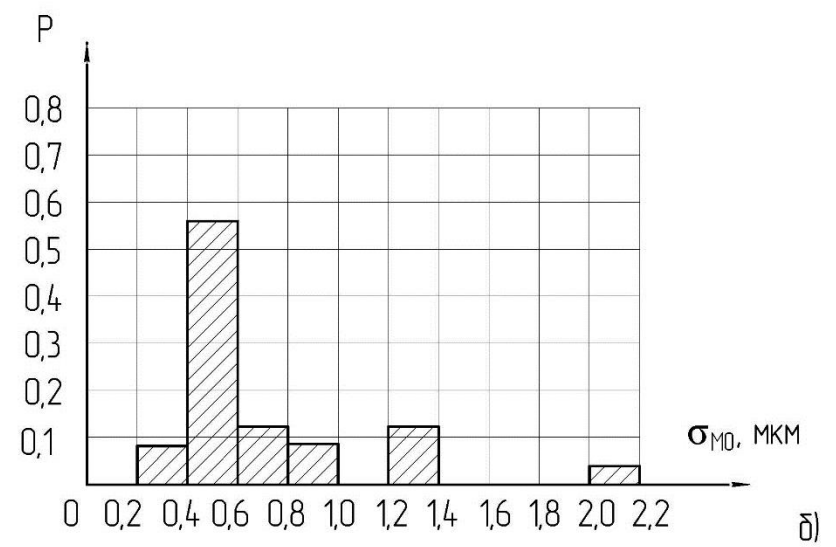
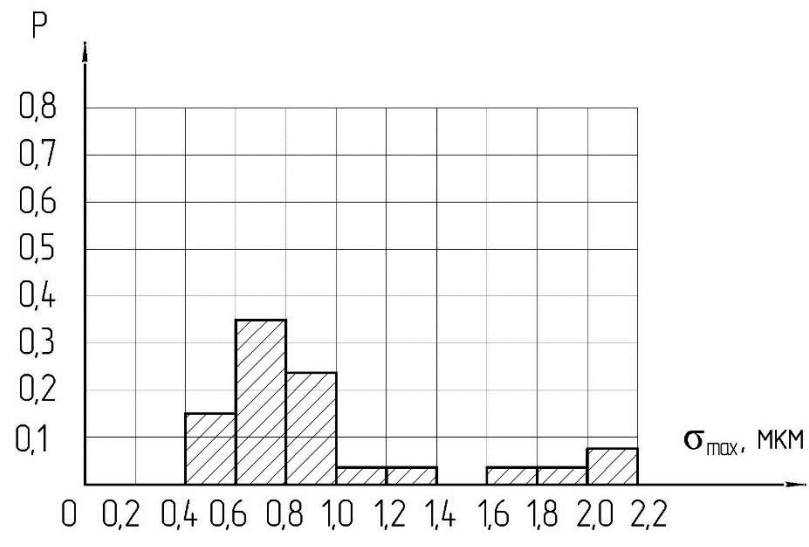


Рис.16

Гистограммы распределения S_{yxo} (а), $\bar{Z}$ (б) и S_{zxo} (в) для двадцати пяти датчиков У511

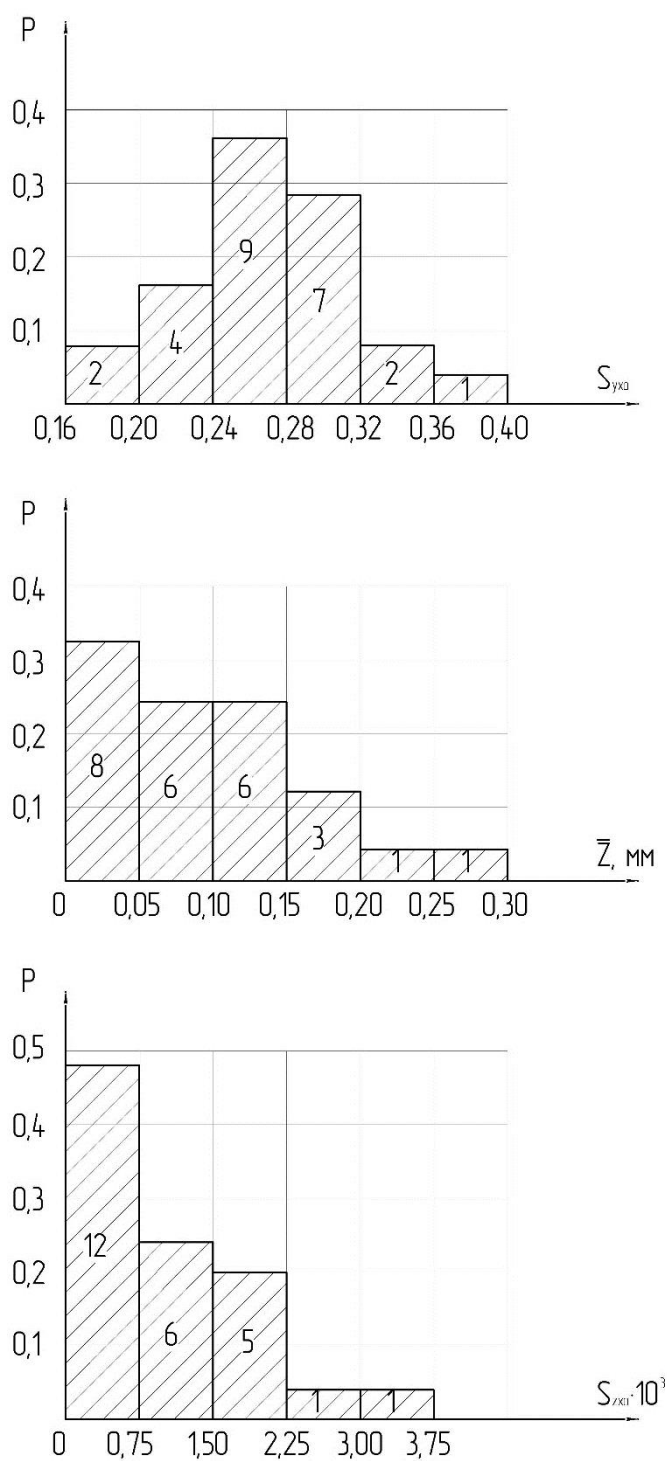


Рис.17

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА И РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОГЕНЕРАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ЭКРАНОВ-ПОСРЕДНИКОВ

На основании результатов исследований, описанных в предыдущем главе, оказалась возможной разработка ряда устройств контроля размеров деталей и устройства контроля инструмента в паузах между технологическими переходами. Устройство контроля инструмента представляет собой головку КГИ, которая неподвижно монтируется на станке, на передней бабке или на специальном кронштейне станка.

В процессе эксплуатации головки на станке с ЧПУ возможны два режима. При первом из них резец в паузах между технологическими переходами подводится к наружному наконечнику щупа до срабатывания одного из датчиков. При срабатывании датчика (какой датчик срабатывает определяется направлением подвода резца) происходит считывание информации с датчиков обратной связи, измеряющих положение суппорта станка. Сравнивая считанные показания датчиков обратной связи с первоначальными, соответствующими еще не изношенному резцу, можно определять величину износа после каждого перехода и, если требуется, производить коррекцию программы работы станка.

Для реализации первого режима эксплуатации головки требуется, хотя и не сложное, но все же, специальное математическое обеспечение системы ЧПУ. При втором режиме этого не требуется. Указанный режим состоит в том, что головка используется лишь для определения момента наступления предельного износа резца. Для этого резец вначале подводят к наружному наконечнику щупа до срабатывания одного из датчиков, затем дополнительно перемещают его в том же направлении на величину допустимого износа. После этого фиксируют положение суппорта станка, а далее периодически устанавливая суппорт в это положение, контролируют

износ инструмента. Если датчик срабатывает, то считают, что предельный износ еще не достигнут. Прекращение срабатывания говорит о наступлении предельного износа.

Конструктивное исполнение головки КГИ таково, что не позволяет ее использовать для контроля размеров деталей. В связи с этим, потребовался ряд разработок головок, ориентированных именно на контроль деталей.

Первой разработкой в этом направлении явилась конструкция контрольной головки КГ-1 (рис. 18). Головка имеет корпус 2, выполненный в виде державки, которая может быть закреплена в резцедержателе токарного или револьверной головки токарно-револьверного станка. В резьбовом отверстии в корпусе 2 крепится датчик I марки У511.31, а в центрах 6 устанавливается поворотная пластина 4 с измерительным щупом 5. Ход пластины ограничивается торцевой поверхностью датчика и головкой винта 3. Головка КГ-1 снабжена комплектом щупов, позволяющих контролировать детали различной конфигурации. В частности, щуп, изображенный на рисунке, при установке головки державкой перпендикулярно оси детали, позволяет контролировать окружные размеры (диаметры отверстий, наружные диаметры, в том числе диаметры канавок, расположенных вблизи торца детали), а также линейные размеры (длины, положения вышеуказанных канавок и т.п.) деталей типа фланцев и втулок.

При использовании головки КГ-1 на станке с ЧПУ ее подводят к детали до срабатывания датчика, а затем по команде последнего производят отсчет фактических размеров детали по датчикам обратной связи, измеряющим положение суппорта станка. Отклонение фактических размеров от запрограммированных значений используется далее для автоматической коррекции программы работы станка.

Подобно первому режиму эксплуатации головок КГИ, применение головок КГ-1 возможно лишь на станках с соответствующим программным обеспечением.

Контрольная головка КГ-1

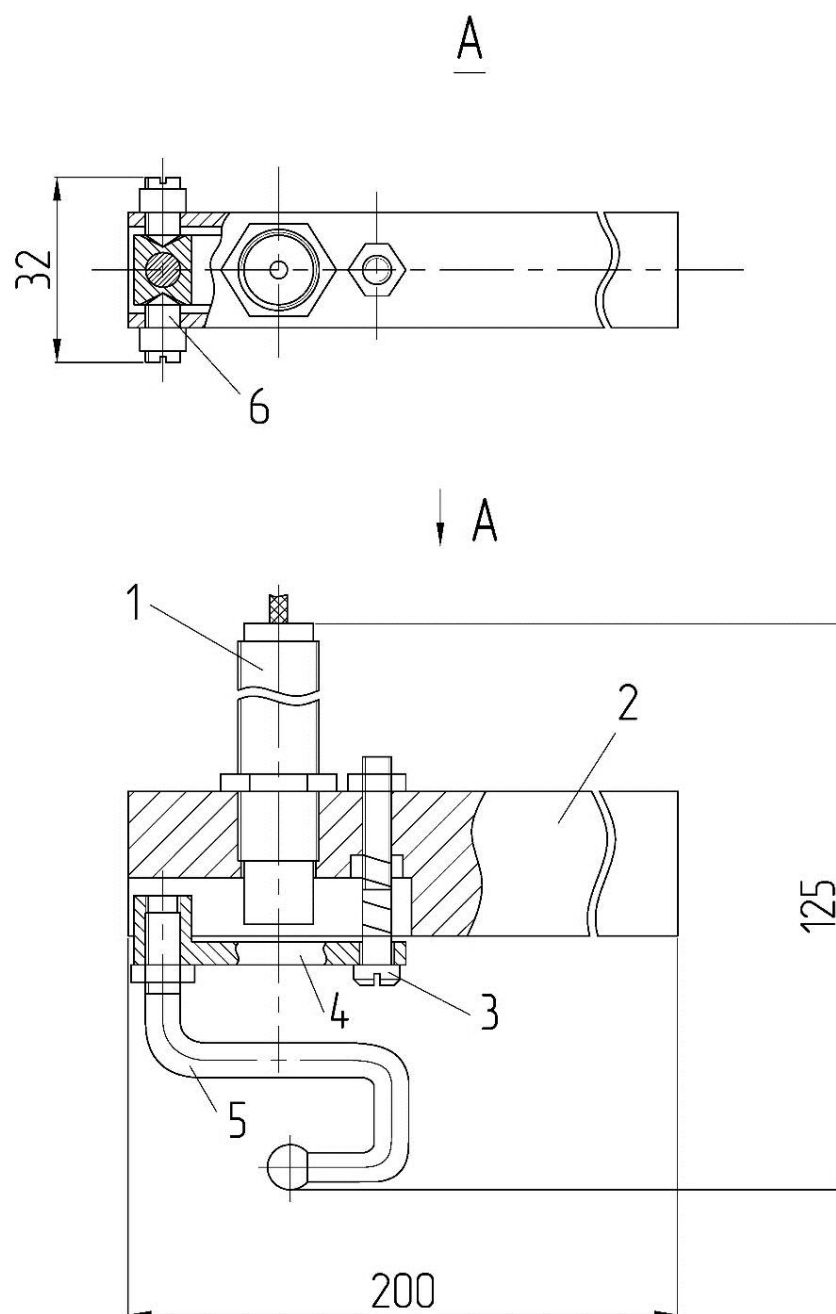


Рис.18

Второй разработкой явилась еще одна конструкция контрольной головки для контроля деталей КГ-3 (рис. 19, 20). Как показала опытная эксплуатация головки КГ-3, она также, как и предыдущая конструкция, не лишена недостатков. Наиболее существенный из них обусловлен тем, что нестабильность зазора, при котором происходит срабатывание автогенераторных преобразователей, при работе датчиков на «размыкание» примерно в 1,5-1,7 раза больше, чем при работе на «замыкание». Это потребовало разработки новой метрологической схемы головки, в частности, такой, которая обеспечивала бы возможность контроля диаметров и положения торцев деталей подобно головке КГ-3, но не на «размыкание», а на «замыкание». Указанная метрологическая схема указана на рис.21.

Контрольная головка КГ-3

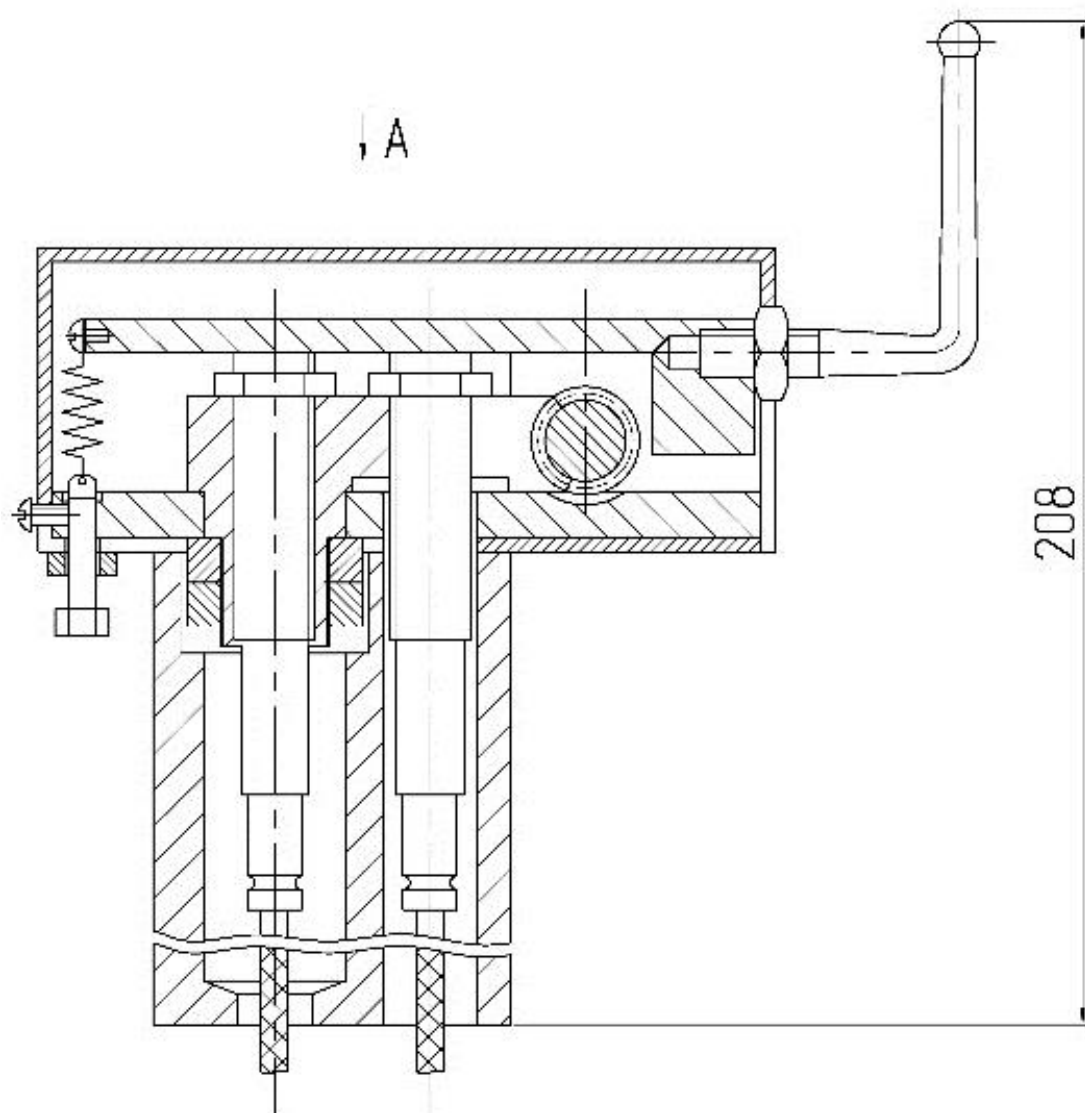


Рис.19

Контрольная головка КГ-3

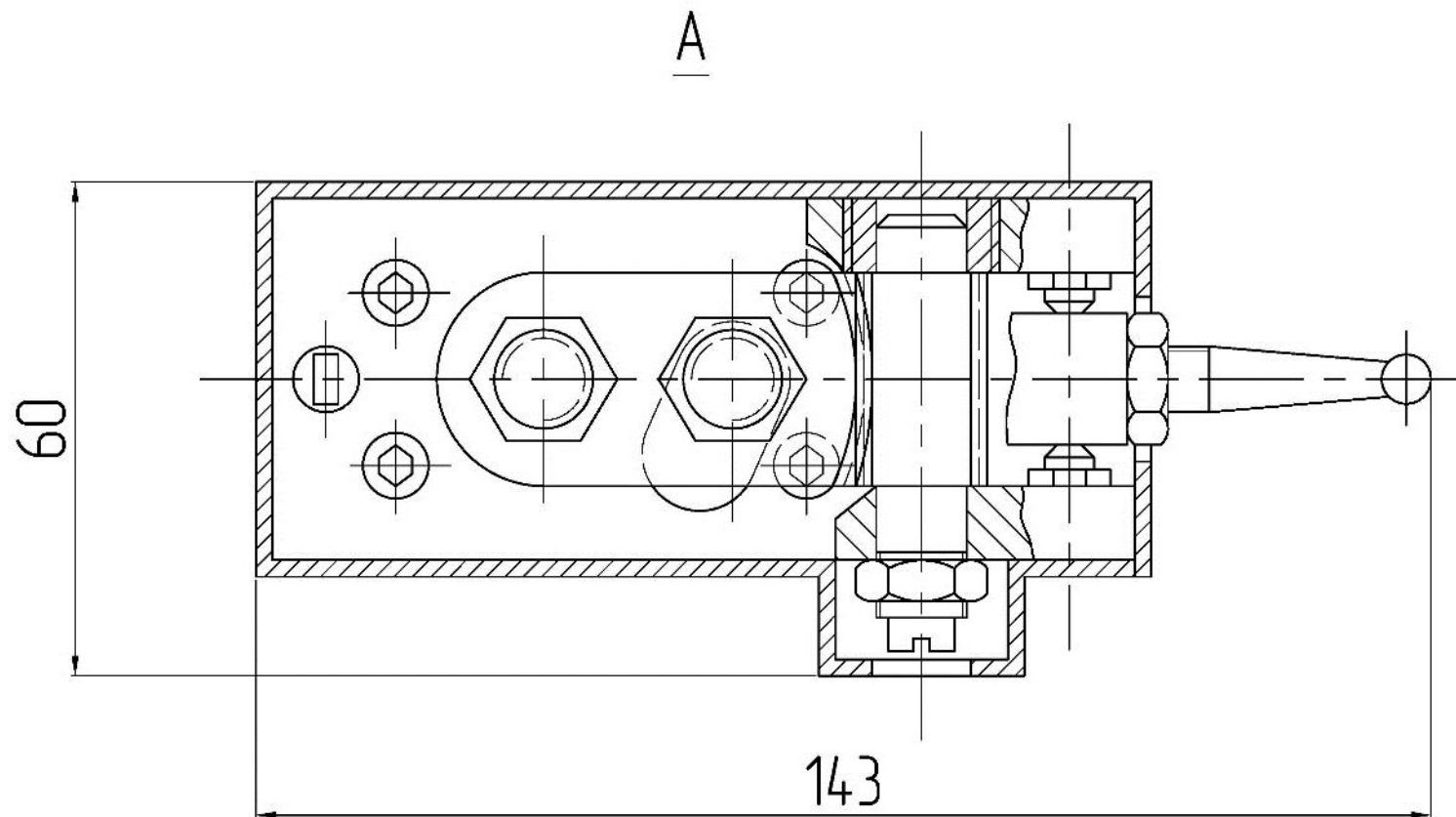


Рис.20

Метрологическая схема контрольной головки

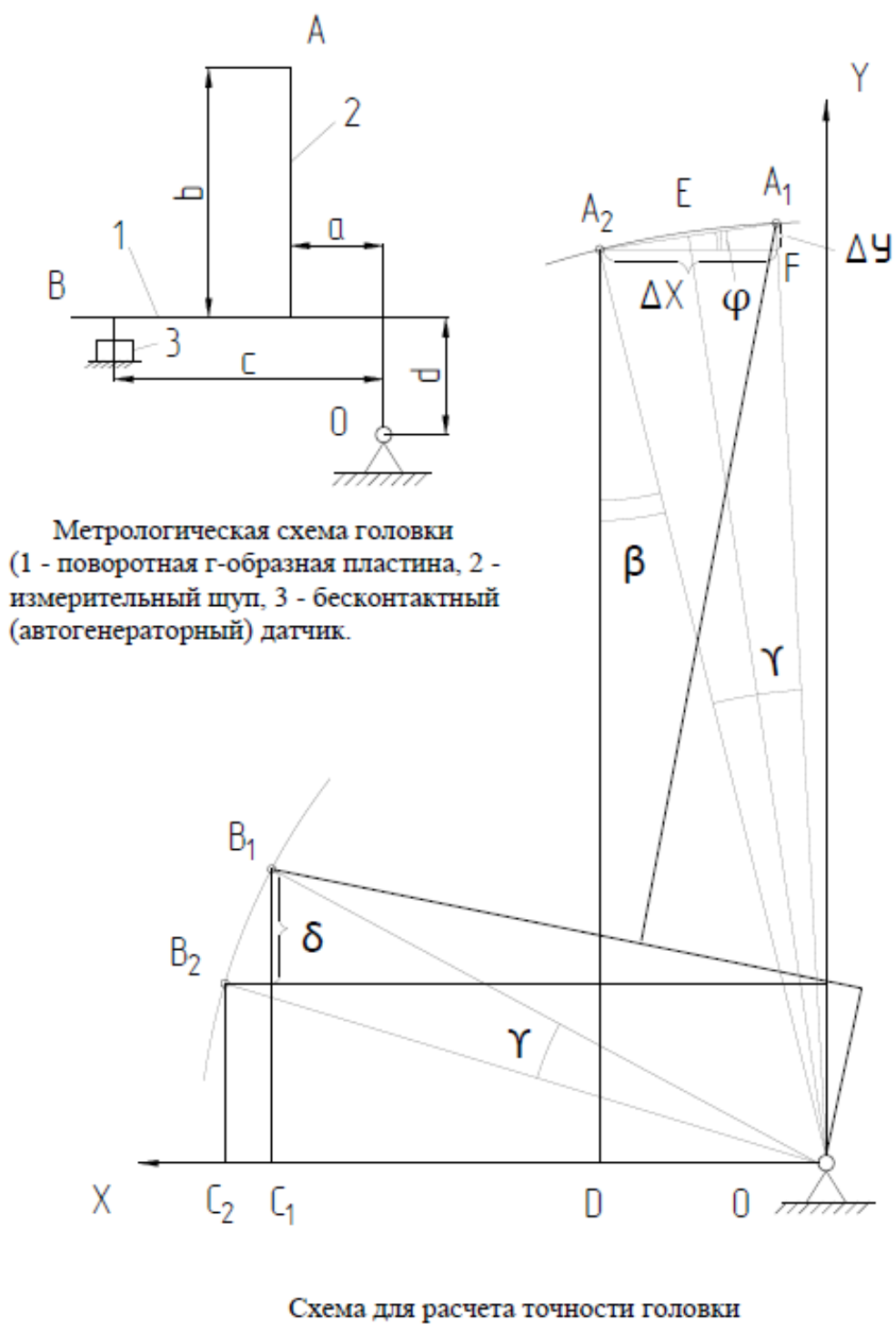


Рис. 21

Точка А на этой схеме соответствует концу измерительного щупа головки, точка В – центральной (расположенной по оси датчика) точке элемента – посредника (экрана). Остальные обозначения видны из рисунка. Поскольку датчик имеет некоторую, вполне определенную погрешность срабатывания δ , использование метрологической схемы, построенной по рис.21, сопровождается возникновением погрешностей измерения ΔX и ΔY величина которых определяется соотношением размеров a, b, c, d . Поэтому вопрос о выборе метрологической схемы не может быть решен без анализа взаимосвязи указанных размеров и величин $\delta, \Delta X$ и ΔY . Для выполнения анализа допустим, что в процессе измерения точка А из положения A_1 переместилась в некоторое новое положение A_2 . Это приведет к повороту рычажной системы относительно точки О на угол γ и перемещению точки В из положения B_1 в положение B_2 . Если перемещение точки В вдоль оси У равно δ , то перемещение А вдоль этой же оси равно ΔY , а вдоль оси Х – ΔX .

Выполняем дополнительные построения, которые видны из рисунка.

Тогда из $\Delta B_1 O C_1$

$$\widehat{B_1 O C_1} = \arctg \frac{|B_1 C_1|}{|C_1 O|} = \arctg \frac{d + \delta}{c},$$

$$|B_1 O| = \sqrt{|C_1 O|^2 + |B_1 C_1|^2} = \sqrt{c^2 + d^2}.$$

Из $\Delta B_2 C_2 O$:

$$\widehat{B_2 O C_2} = \arcsin \frac{|B_2 C_2|}{|B_2 O|} = \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}},$$

Т.к. $B_1 O = B_2 O$ – радиус поворота

$$\angle B_1 O C_1 - \angle B_2 O C_1 = \angle B_1 O B_2 = \gamma,$$

$$\widehat{B_2 O C_1} = \widehat{B_2 O C_2}.$$

В результате

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{d+\delta}{c} - \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \quad (1)$$

Отрезок КМ служит хордой окружности радиусом $OA_1 = OA_2$.
Проведем к этой хорде серединный перпендикуляр ОЕ.

$$\text{Тогда } \widehat{A_1EO} = \widehat{A_2EO} = 90^\circ,$$

$$\text{а } \widehat{A_1OE} = \widehat{A_2OE} = \frac{\gamma}{2}.$$

$$\text{Из } \triangle A_2OD \quad |A_2O| = \sqrt{|OD|^2 + |A_2D|^2} = \sqrt{a^2 + (b+d)^2}.$$

$$\text{Из } \triangle A_2EO \quad |A_2E| = |A_2O| \cdot \sin \frac{\gamma}{2} = \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2}.$$

$$|A_2A_1| = |A_2E| + |A_1E| = 2|A_2E| = 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2}. \quad (2)$$

$$\text{Из } \triangle OEA_2 : \quad \widehat{OA_2E} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}.$$

$$\text{Из } \triangle DA_2O : \quad \widehat{DA_2O} = \operatorname{arctg} \frac{|DO|}{|A_2D|} = \operatorname{arctg} \frac{a}{b+d} = \beta. \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Но тогда } \varphi &= \widehat{A_1A_2F} = \widehat{OA_2E} + \widehat{DA_2O} - 90^\circ = \\ &= 90^\circ - \frac{\gamma}{2} + \beta - 90^\circ = \beta - \frac{\gamma}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Из $\triangle A_2A_1F$:

$$\Delta Y = |A_1F| = |A_1A_2| \cdot \sin \varphi. \quad (5)$$

$$\Delta X = |A_2F| = |A_1A_2| \cdot \cos \varphi. \quad (6)$$

Подставляем выражения (2) и (4) в (5):

$$\begin{aligned} \Delta Y &= 2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \cdot \sin(\beta - \frac{\gamma}{2}) = \\ &= 2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \cdot \left[\sin \beta \cdot \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \beta \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \cdot \sin \beta - 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \beta \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\sin \gamma \cdot \sin \beta - 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \beta \right]. \end{aligned}$$

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \gamma}{2}}.$$

Принимаем знак «+», т.к. угол в первой четверти

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[\sin \gamma \cos \beta - 2 \cdot \frac{1 - \cos \gamma}{2} \cdot \cos \beta \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b + d)^2} [\sin \gamma \cos \beta - (1 - \cos \gamma) \cdot \cos \beta]. \end{aligned} \quad (7)$$

Подставляем выражения (2) и (4) в (6):

$$\begin{aligned} \Delta X &= 2 \sin \frac{\gamma}{2} \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \cdot \cos \left(\beta - \frac{\gamma}{2} \right) = \\ &= 2 \sin \frac{\gamma}{2} \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[\cos \beta \cdot \cos \frac{\gamma}{2} + \sin \beta \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \beta + 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} \sin \beta \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[\sin \gamma \cos \beta + 2 \frac{1 - \cos \gamma}{2} \cdot \sin \beta \right] = \\ &= \sqrt{a^2 + (b + d)^2} [\sin \gamma \cos \beta + (1 - \cos \gamma) \cdot \sin \beta]. \end{aligned} \quad (8)$$

Из выражения (1) следует:

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{d + \delta}{c} - \operatorname{arcsin} \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) = \\ &= \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{d + \delta}{c} \right) \cdot \cos \left(\operatorname{arcsin} \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) - \\ &\quad - \sin \left(\operatorname{arcsin} \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) \cdot \cos \left(\operatorname{arctg} \frac{d + \delta}{c} \right), \end{aligned}$$

Но, как известно,

$$\sin x = \frac{\operatorname{tg} x}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 x}},$$

ПОЭТОМУ

$$\sin\left(\operatorname{arctg}\frac{d+\delta}{c}\right) = \frac{\operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\frac{d+\delta}{c}\right)}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\left(\operatorname{arctg}\frac{d+\delta}{c}\right)}} = \frac{d+\delta}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2}} \quad (10)$$

Аналогично,

$$\cos x = \sqrt{1 - \sin^2 x} = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 x}}$$

ПОЭТОМУ

$$\cos\left(\arcsin\frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}}\right) = \sqrt{1 - \frac{d^2}{c^2+d^2}} \quad (11)$$

$$\sin\left(\arcsin\frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}}\right) = \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \quad (12)$$

$$\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{d+\delta}{c}\right) = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\left(\operatorname{arctg}\frac{d+\delta}{c}\right)}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{(d+\delta)^2}{c^2}}} = \frac{c}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2}} \quad (13)$$

Подставим выражения (10), (11), (12), (13) в формулу (9):

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{d+\delta}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{d^2}{c^2+(d+\delta)^2}} - \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \cdot \frac{c}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2}} = \\ &= \frac{(d+\delta) \cdot \sqrt{c^2+d^2-d^2} - dc}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2+d^2}} = \frac{(d+\delta) \cdot c - dc}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2+d^2}} = \\ &= \frac{c \cdot (d+\delta-d)}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2+d^2}} = \frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2+(d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2+d^2}} = \sin \gamma \end{aligned} \quad (14)$$

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} = \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2+(d+\delta)^2) \cdot (c^2+d^2)}} \quad (15)$$

Далее подставим выражения (14) и (15) в (7) и (8).

В результате будем иметь:

$$\Delta Y = \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (d + \delta)^2} \cdot \sqrt{c^2 + d^2}} \sin \beta - \left(1 - \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d + \delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \cos \beta \right], \quad (16)$$

$$\Delta X = \sqrt{a^2 + (b + d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (\delta^2 + d^2)^2} \cdot \sqrt{c^2 \cdot d^2}} \cdot \cos \beta + \left(1 - \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d + \delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \sin \beta \right], \quad (17)$$

где $\beta = \arctg \frac{a}{b+d}$

Погрешность срабатывания датчика в зависимости от типа датчика может быть в пределах от 3 до 4,2 мкм, т.е. до 0,0042мм. Остальные величины (размеры a , b , c , d) измеряются в миллиметрах. Отсюда можно утверждать, что δ^2 будет пренебрежимо мало.

Считаем, что $\delta^2 \rightarrow 0$

Тогда в формулах (16) и (17)

$$\begin{aligned} \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d + \delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)} &\rightarrow 0, \\ 1 - \sqrt{\frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d + \delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} &\rightarrow 1, \\ 1 - \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d + \delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} &\rightarrow 0. \end{aligned}$$

Кроме того, из-за малости δ

$$(d + \delta)^2 \rightarrow d^2$$

Все это дает возможность получить окончательные выражения

$$\Delta Y = \frac{c\delta \sin \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2} \quad (18)$$

$$\Delta X = \frac{c\delta \cos \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2} \quad (19)$$

Эти выражения с достаточной для практики точностью описывают зависимости погрешностей измерения ΔX и ΔY от погрешности датчика δ и размеров a, b, c, d .

Очевидно, что перенастройку контрольной головки, построенной с использованием проанализированной метрологической схемы, проще всего производить путем изменения величины b , т.е. путем замены измерительного щупа.

Рассмотрим в связи с этим пример, позволяющий судить об изменении ΔX и ΔY в зависимости от величины b при неизменных длинах элементов a, c, d и точности датчика δ .

Пусть $a = 20$ мм, $c = 30$ мм, $d = 10$ мм, $\delta = 0,003$ мм

Тогда: из формулы (18)

$$\Delta Y = \frac{30 \cdot 0,003 \cdot \sin \beta \sqrt{20^2 + (b + 10)^2}}{30^2 + 10^2}$$

где, в соответствии с формулой (3)

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{a}{b+d} = \operatorname{arctg} \frac{20}{b+10} \quad (20)$$

После преобразования получим

$$\Delta Y = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \sin \beta \sqrt{400 + (b + 10)^2} \quad (21)$$

и аналогично следует

$$\Delta X = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \cos \beta \sqrt{400 + (b + 10)^2} \quad (22)$$

Используя формулы (20), (21), (22) рассчитаем значения ΔX и ΔY при некоторых значениях b в (табл. 4)

Таблица 4

b, mm	ΔY, mm	ΔX, mm
10	0,00179	0,0018
20	0,00180	0,00269
30	0,00179	0,0036
40	0,00180	0,00450
50	0,00179	0,0054
60	0,00179	0,00809
70	0,00180	0,00780
80	0,00179	0,00809
90	0,00180	0,00899
100	0,00179	0,00989

Как видно из табл.4, с увеличением длины щупа b погрешность ΔX значительно возрастает, а погрешность ΔY остается практически постоянной. С учетом этого, а также исходя из современных требований к точности измерения на токарных станках, при выбранных выше значениях a , c , и d величину b целесообразно принять равной 80 мм. Это и предопределило выбор конструктивных параметров контрольной головки КГ-2, являющейся усовершенствованием головки КГ-1 и КГ-3.

Третьей разработкой явилась модификация КГ-1 и КГ-3 головка КГ-2 (рис. 22) пригодная для контроля тех же размеров, что и предыдущий вариант, но работающая независимо от системы ЧПУ станка. Отличительной особенностью головки КГ-2 является наличие двух датчиков У511.31, один из которых (1) закреплен неподвижно, а другой (2) подвижно. Для этого он ввинчен в переходную втулку 3, которая болтами 4 имеет возможность

перемещаться и фиксироваться в отверстии 5, расположенном поперек державки.

При использовании головки КГ-2 датчики настраиваются в соответствии с шириной поля допуска на контролируемый размер путем перемещения датчика 2 болтами 4. При этом меняется площадь перекрытия активной поверхности датчика поворотной пластиной, что приводит к изменению зазора между пластиной и датчиком, при котором последний срабатывает. Такая настройка обеспечивает более высокую точность, чем осевое перемещение датчика, и не требует его вращения, которое зачастую снижает надежность соединения с проводами. После настройки головки на нужную ширину поля допуска ее к некоторой базовой поверхности станка до срабатывания датчика, соответствующего нижней границе поля допуска, а затем перемещают к контролируемой точке детали на величину, равную расстоянию между базовой поверхностью и нижним предельным положением этой точки (это расстояние заранее рассчитывается и программируется). Если после позиционирования головки не сработает ни один из датчиков, то контролируемый размер, очевидно, меньше минимально допустимого. Если сработает один датчик – размер в поле допуска. Если оба – размер превышает максимально допустимое значение.

Контрольная головка КГ-2

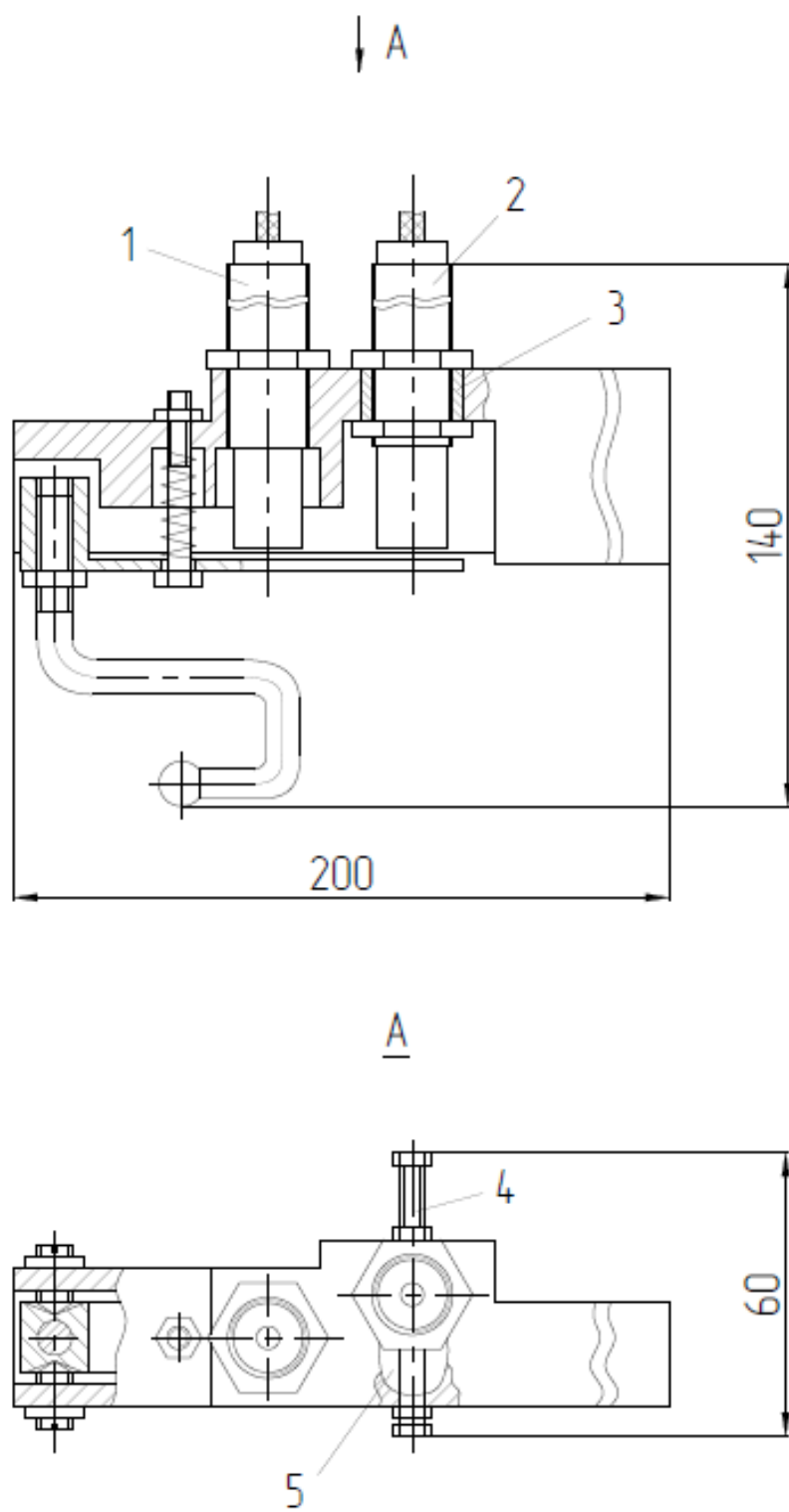


Рис.22

ГЛАВА 4. ТЕХНИКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ УСТРОЙСТВ

Рассмотрим далее некоторые элементы техники применения описанных выше устройств для контроля размеров. В общем случае указанная техника включает в себя оснастку, необходимую для установки контрольных головок на станке и введения их в соприкосновение с контролируемыми деталями и устройства сопряжения головок с электрооборудованием станка.

Рассмотреть все перечисленное в полном объеме в данной работе не представляется возможным, поэтому остановимся лишь на отдельных частных примерах, ориентированных на применение головок на станке 1П426ФЗ.

Для установки контрольных головок на этом станке прежде всего необходимы оправки, позволяющие закреплять их в револьверной головке. Такие оправки должны ориентировать контрольную головку в соответствии с допустимыми направлениями перемещения ее измерительного щупа и конструкцией установочных элементов. В частности, для установки головок КГ-1 и КГ-2 целесообразно применять оправку, показанную на рис 23. Если оправки дополнить сменными щупами, например, такими, как показано на рис 24, то можно получить комплект оснастки, позволяющий контролировать торцевые, наружные и внутренние цилиндрические поверхности (рис. 25) с более высокой точностью.

Оправка для крепления головки

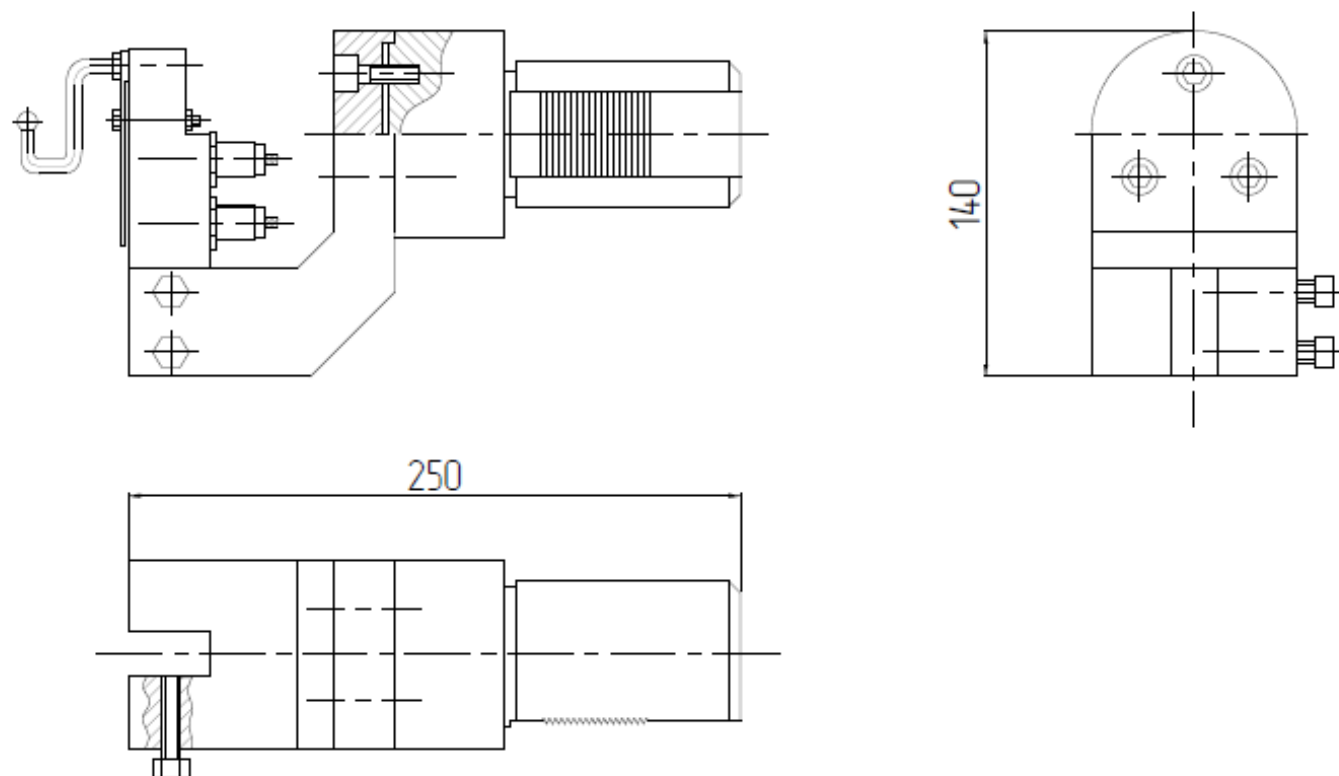


Рис. 23

Комплект щупов

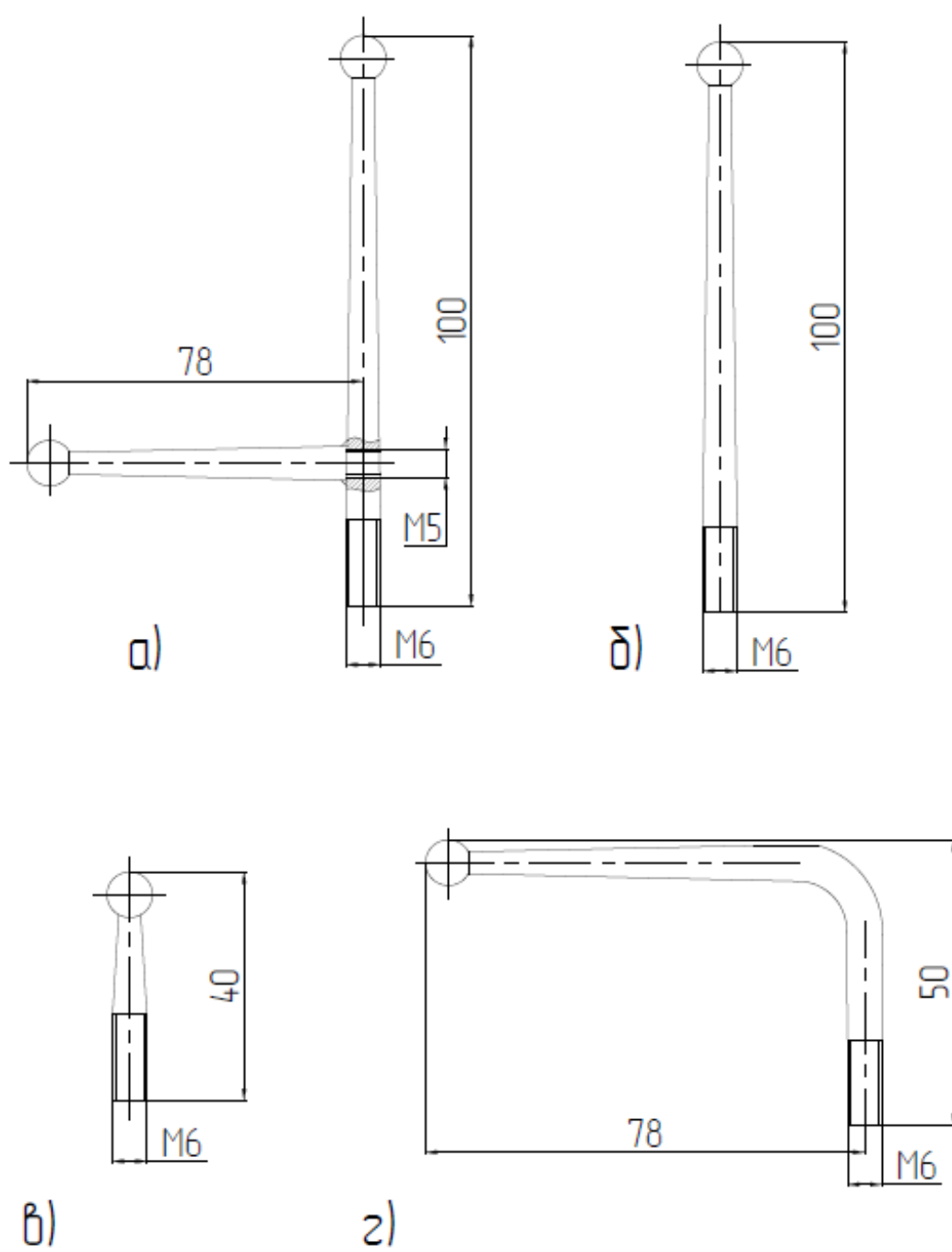
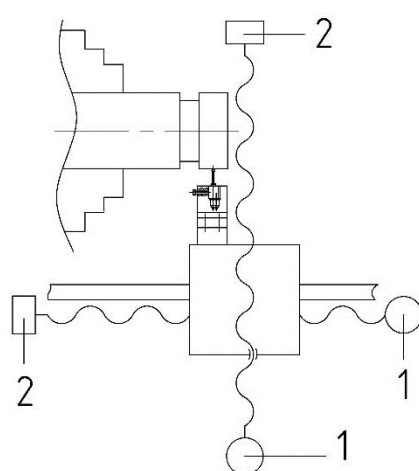
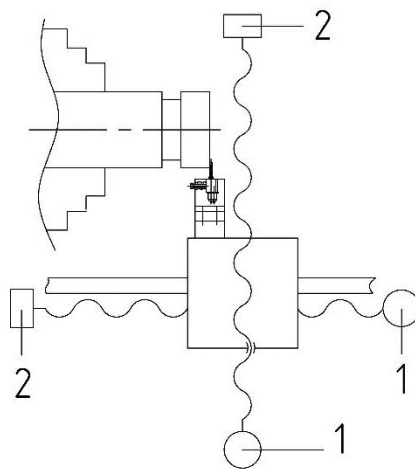


Рис.24

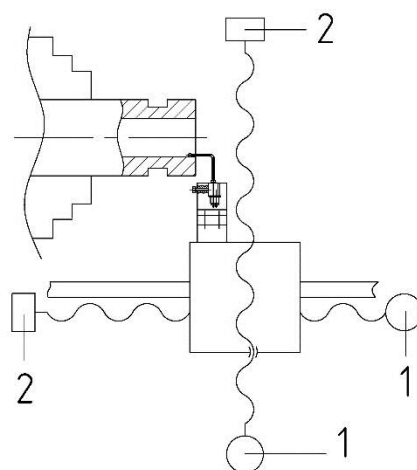
Применение контрольной головки



а) при измерении валов



б) при измерении торцев



в) при измерении отверстий

Рис. 25. Применение контрольной головки для контроля а) наружной поверхности; б) торцевой поверхности; в) отверстия, где 1- двигатель подачи, 2- датчик обратной связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенной работы был проведен анализ применимости автогенераторных преобразователей для прямого контроля состояния режущего инструмента. Рассмотрен состав задач и средств контроля и диагностики в станках с ЧПУ, а также современные средства контроля размеров в станках с ЧПУ. По данному анализу применимости был сделан вывод о неосуществимости систем прямого контроля состояния инструмента.

Также были проведены исследования точности автогенераторных преобразователей при взаимодействии с плоским экраном.

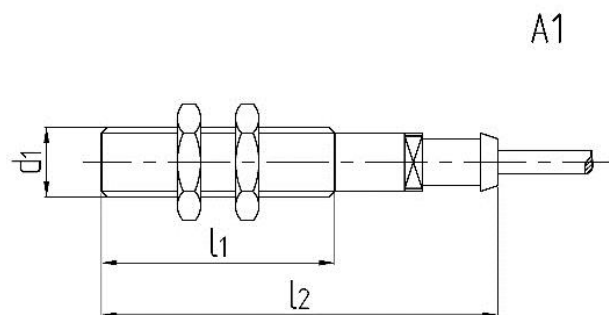
По результатам исследований были разработаны устройства контроля состояния инструмента и размеров деталей с применением индуктивных преобразователей и экранов-посредников, а также рассмотрены некоторые элементы техники применения разработанных устройств для контроля размеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

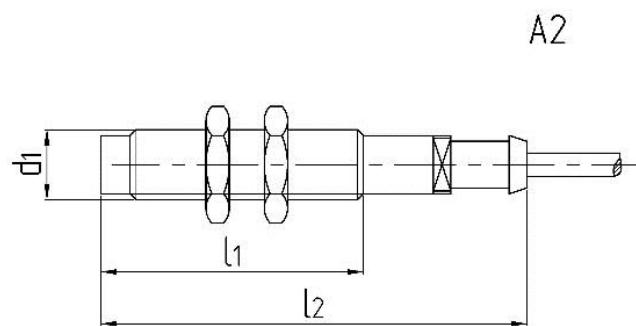
1. Либерман Я.Л., Зырянов И.А., Журов С.П., Мяготин А.Е. Исследование методов и средств внешнего контроля и диагностики в системах ЧПУ металлорежущими станками. – В кн.: Проблемы разработки и использования гибких автоматизированных производств (ГАП) на предприятиях Уральского региона (тезисы докладов конференции). Свердловск: УНИЦ АН СССР, СОПНТО Машпром, 1985. С. 56-58.
2. Сосонкин В.Л. Микропроцессорные системы программного управления станками. – М.:Машиностроение, 1985. 288с.
3. Либерман Я.Л., Метельков В.П. и др. Роботизация технологических процессов холодной штамповки и механической обработки на предприятиях ПО УЭТМ, Отчет по теме 0801/1У, УПИ им. С.М.Кирова, 1985.
4. Шарин Ю.С., Жураховский В.Г. и др. Многослойные твердосплавные режущие пластины для станков с ЧПУ и ГАП. Информлисток СЦНТИ № 85-30.
5. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М. «Машиностроение», 1972 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Конструктивное исполнение индуктивных (автогенераторных) датчиков



A1



A2

Рис. 2

Блок-схема индуктивного датчика

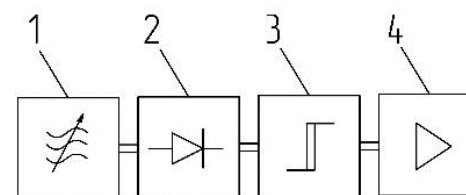


Рис. 3

Таблица 1

Конструктивное исполнение и размеры индуктивных датчиков

Исполнения		Размеры		
A ₁ встраиваемое заподлицо	A ₂ встраиваемое незаподлицо	d ₁	l ₁ мин.	l ₂ макс.
Типоразмер	Типоразмер		в мм.	в мм.
A 11	–	M 8 x 1	40	60
A 12	A 22	M 12 x 1	40	80
A 13	A 23	M 18 x 1	50	100
A 14	A 24	M 30 x 1,5	50	100

Схема взаимодействия инструмента с датчиком при прямом контроле

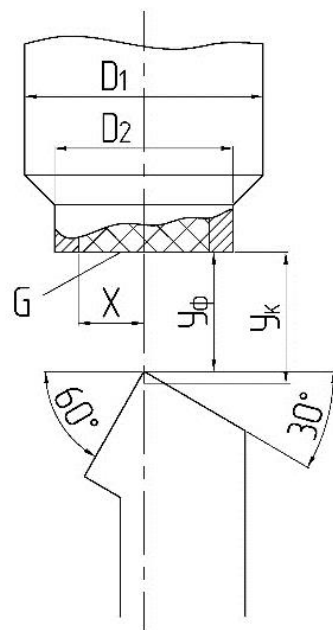


Рис. 4

Схема взаимного расположения датчика и экрана при эксперименте.
1 – экран, 2 – датчик

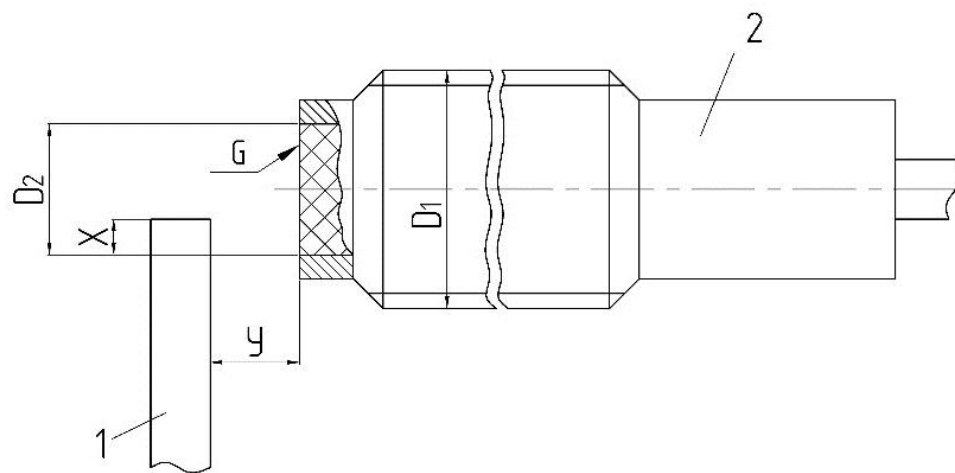
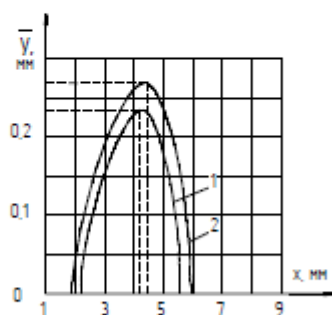


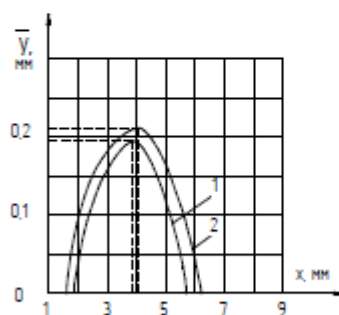
Рис. 8

Кривые срабатывания датчика EGT при взаимодействии
с острым (1) и изношенным (2) резцом

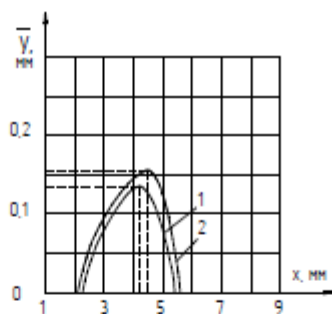
Sandvik Coromant



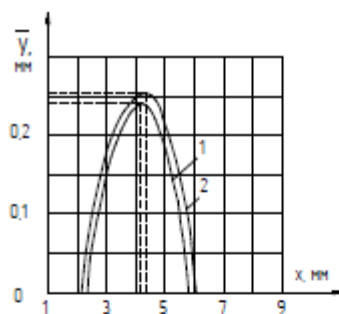
Б17



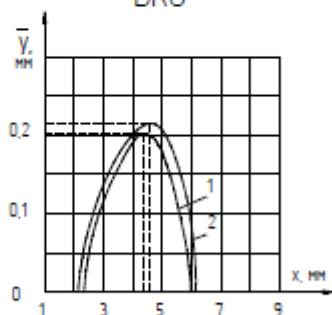
T15K6



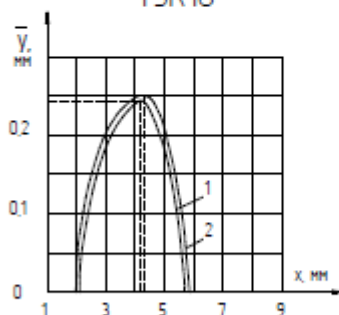
KHT16



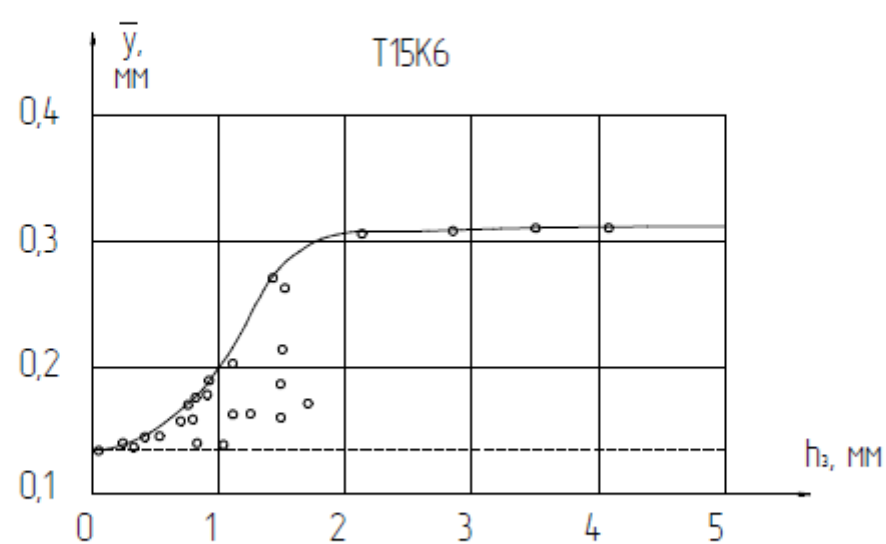
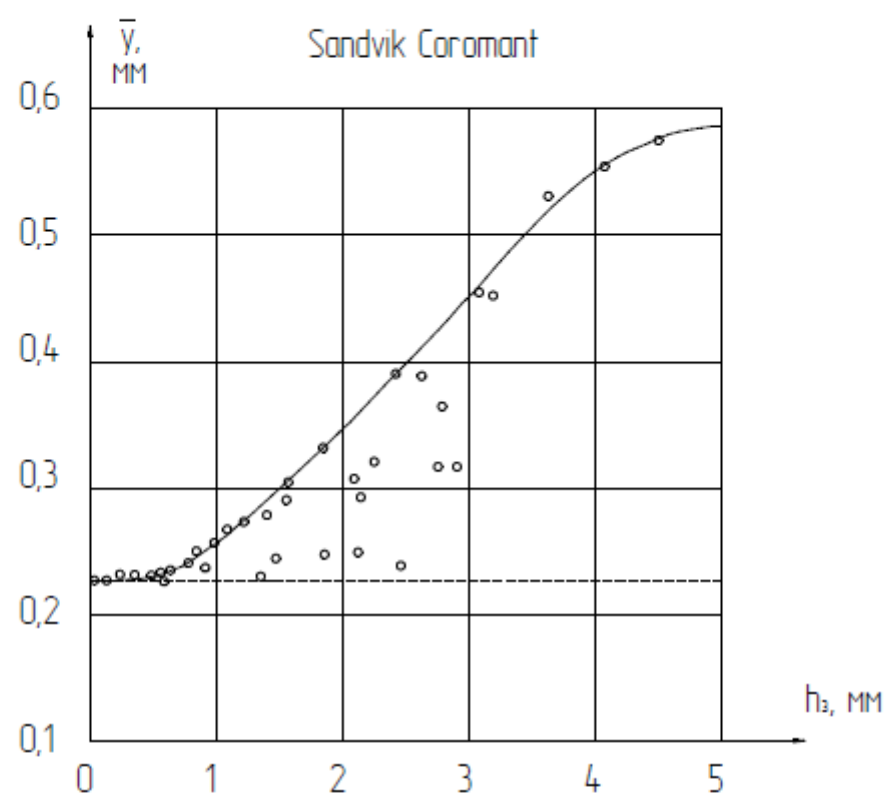
ВК6



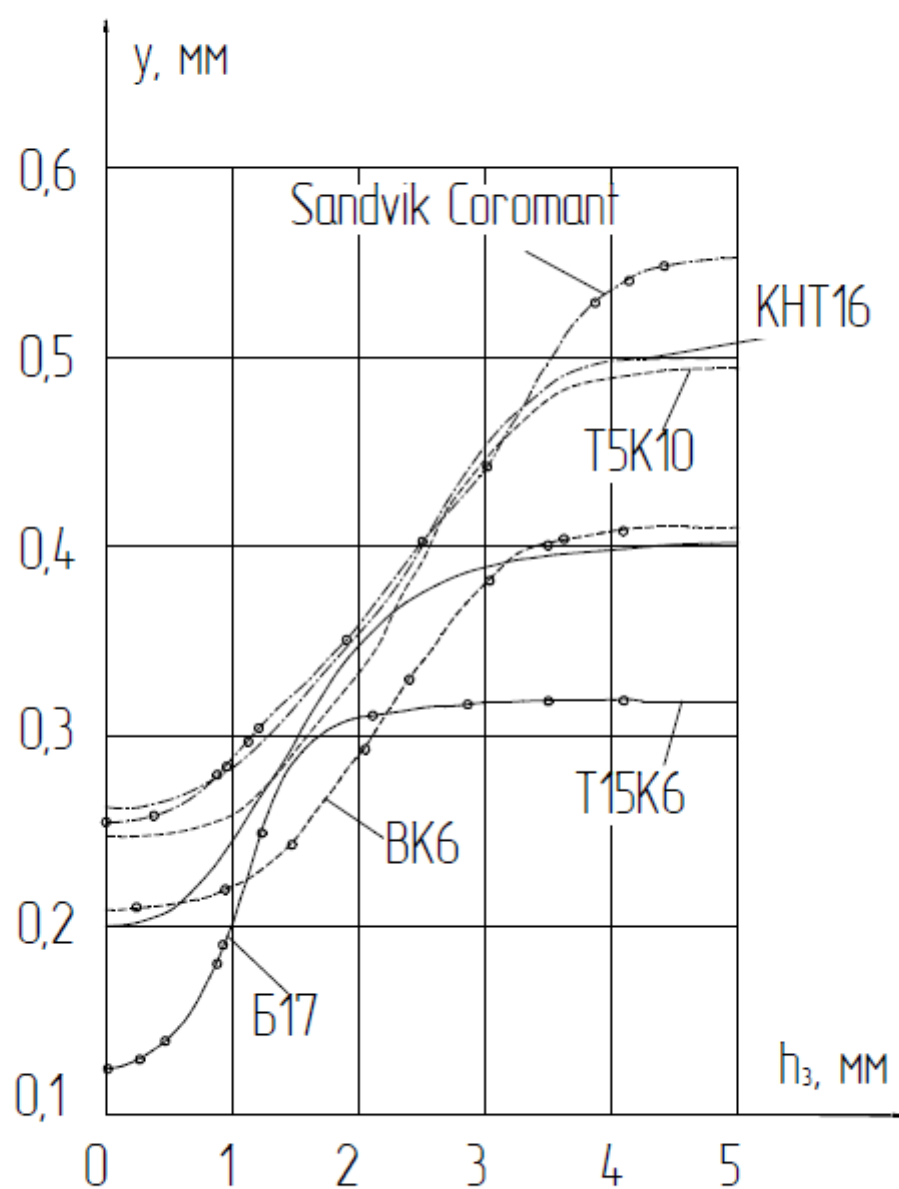
T5K10



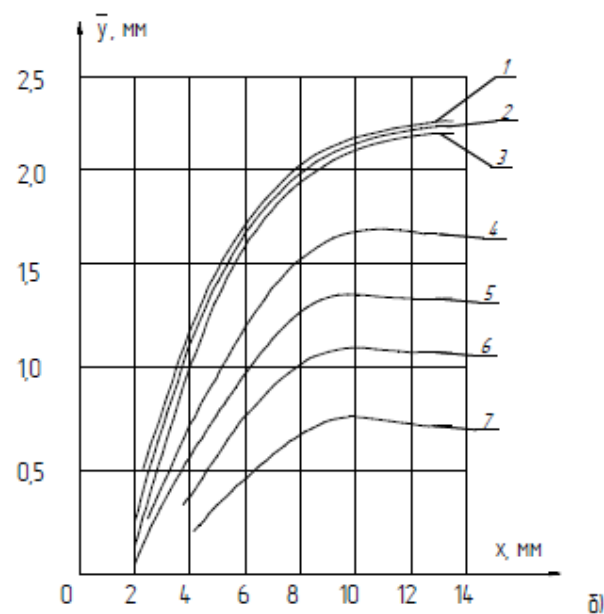
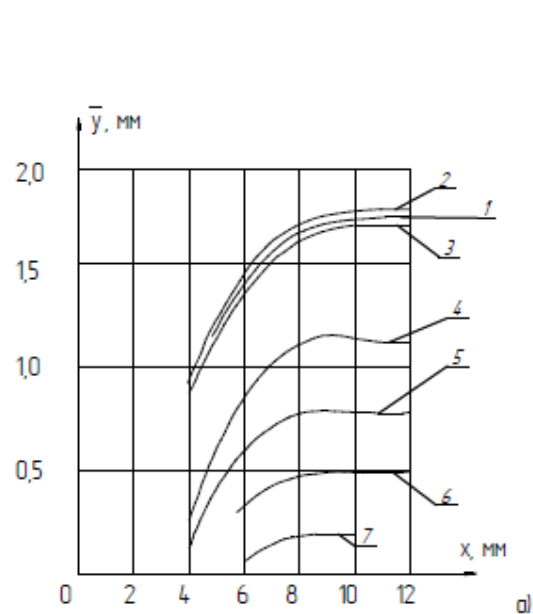
Зоны срабатывания датчика EGT при взаимодействии с МНП



Границы зон срабатывания датчика EGT
при взаимодействии с МНП

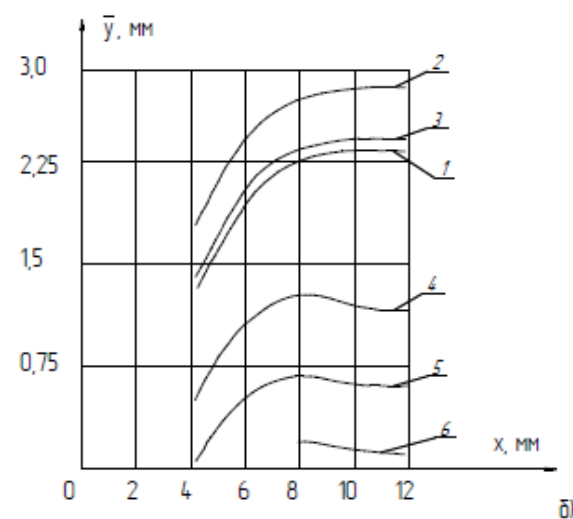
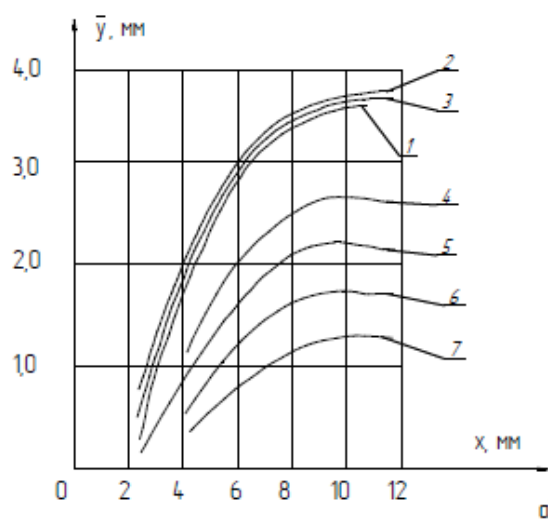


Кривые срабатывания датчиков типов EGT (а) и BES (б) при взаимодействии с плоским экраном из чугуна (1), стали 45 (2), стали Ст3 (3), стали 12Х18Н10Т (4), латуни (5), дюрала (6) и меди (7).



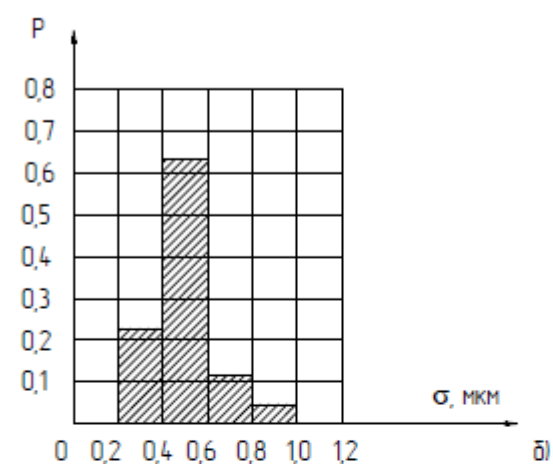
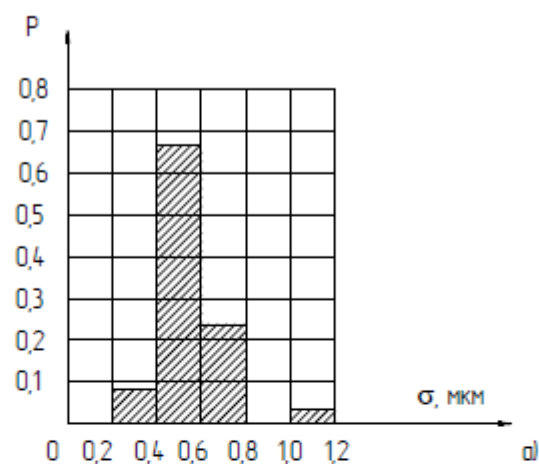
№	Материал экрана	Тип датчика							
		EGT				BES			
		$S_{\text{вх}}$, мм	$S_{\text{гид}}$	$S_{\text{гид}}$	$S_{\text{гид}}$	$S_{\text{вх}}$, мм	$S_{\text{гид}}$	$S_{\text{гид}}$	$S_{\text{гид}}$
1	Чугун	177	0.225	0.110	0.0030	4.48	0.370	0.106	0.0007
2	Сталь 45	180	0.220	0.100	0.0045	4.40	0.360	0.100	0.0007
3	Сталь Ст3	184	0.180	0.102	0.0045	4.36	0.320	0.098	0.0007
4	12Х18Н10Т	177	0.185	0.084	0	3.38	0.280	0.080	0.0007
5	Латунь	0.80	0.170	0.080	0	2.74	0.320	0.070	0
6	Дюралю	0.48	0.100	0.073	0	2.20	0.300	0.063	0
7	Медь	0.19	0.080	0.063	0	1.94	0.230	0.056	0

Кривые срабатывания датчиков типов У511 (а) и СПП (б) при взаимодействии с плоским экраном из чугуна (1), стали 45 (2), стали Ст3 (3), стали 12Х18Н10Т (4), латуни (5), дюралю (6) и меди (7).

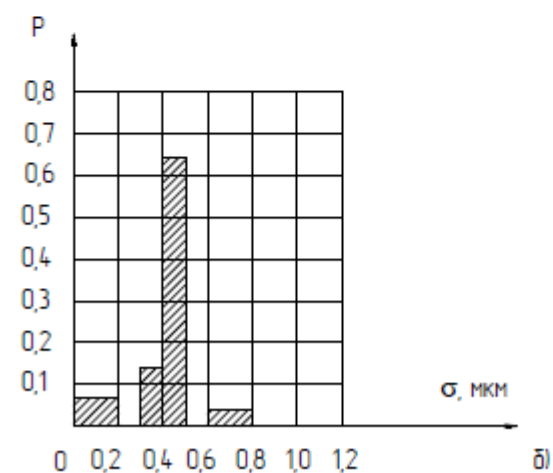
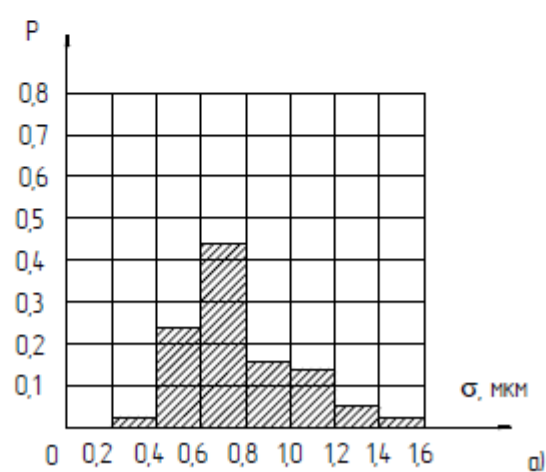


ИР	Материал экрана	Тип датчика							
		У511				СПП			
		$z_{\text{ср}}, \text{мм}$	$S_{\text{ср}}$	$z_{\text{ср}}$	$S_{\text{ср}}$	$z_{\text{ср}}, \text{мм}$	$S_{\text{ср}}$	$z_{\text{ср}}$	$S_{\text{ср}}$
1	Чугун	3,70	0,380	0,110	0,003	2,38	0,343	0,080	0,0006
2	Сталь 45	3,78	0,340	0,023	0,001	2,77	0,330	0,065	0,0006
3	Сталь 3	3,74	0,350	0,021	0,001	2,40	0,352	0,060	0,0006
4	12Х18Н10Т	2,70	0,300	0,074	0,002	1,34	0,338	0,040	0
5	Латунь	2,34	0,280	0,021	0	0,72	0,381	0,030	0
6	Дюралю	1,76	0,240	0,065	0	0,24	0	0,030	0
7	Медь	1,32	0,200	0,015	0	-	-	-	-

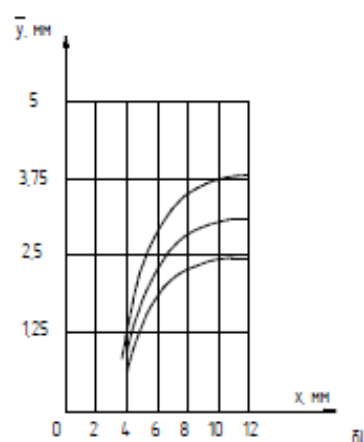
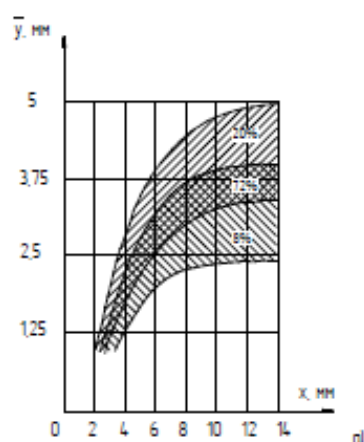
Гистограммы распределения σ для датчиков типов EGT (а) и BES (б)



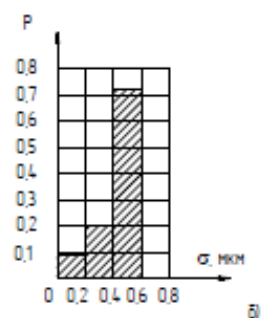
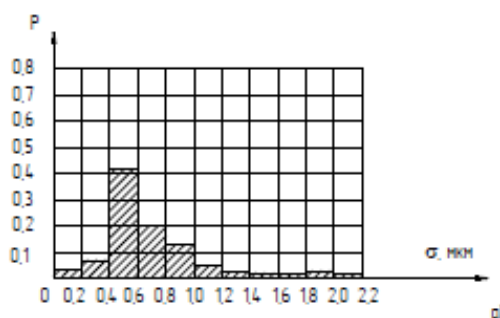
Гистограммы распределения σ для датчиков типов Y511 (а) и СПП (б)



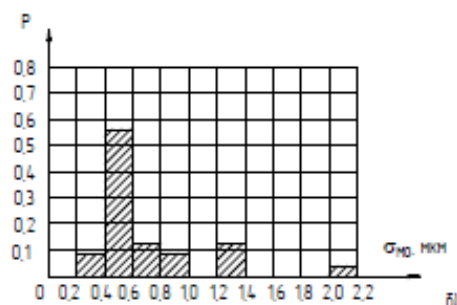
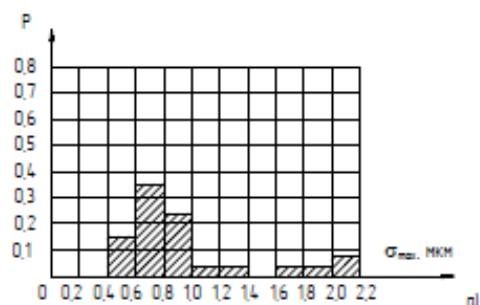
Зоны распределения кривых срабатывания двадцати пяти датчиков типа У511 (а) и кривые срабатывания трех датчиков типа СПП (б).



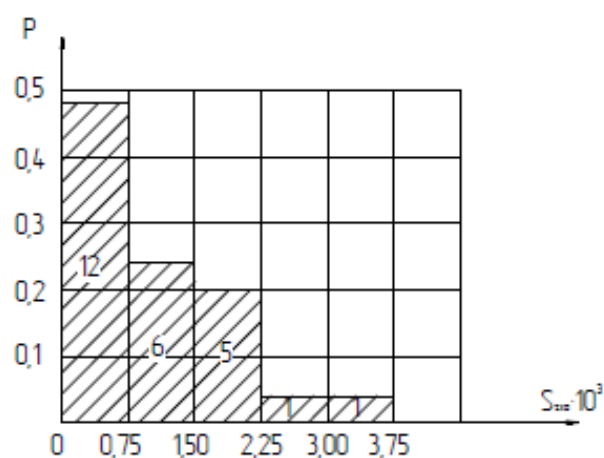
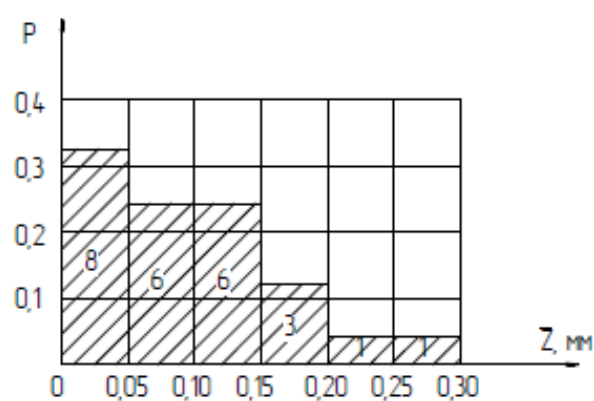
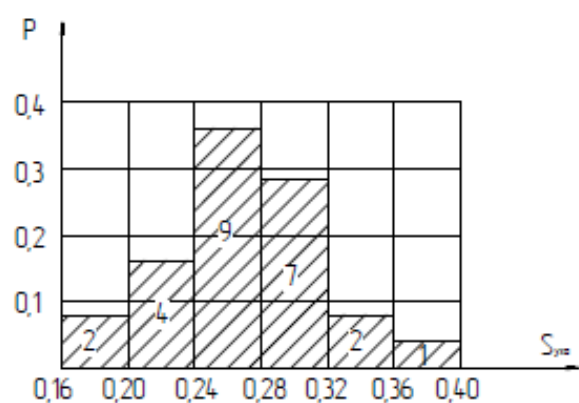
Гистограммы распределения σ для двадцати пяти датчиков типов У511 (а) и двух датчиков типа СПП (б)



Гистограммы распределения $\sigma_{\max}$ (а) и $\sigma_{\text{МО}}$ (б) для двадцати пяти датчиков типа У511.

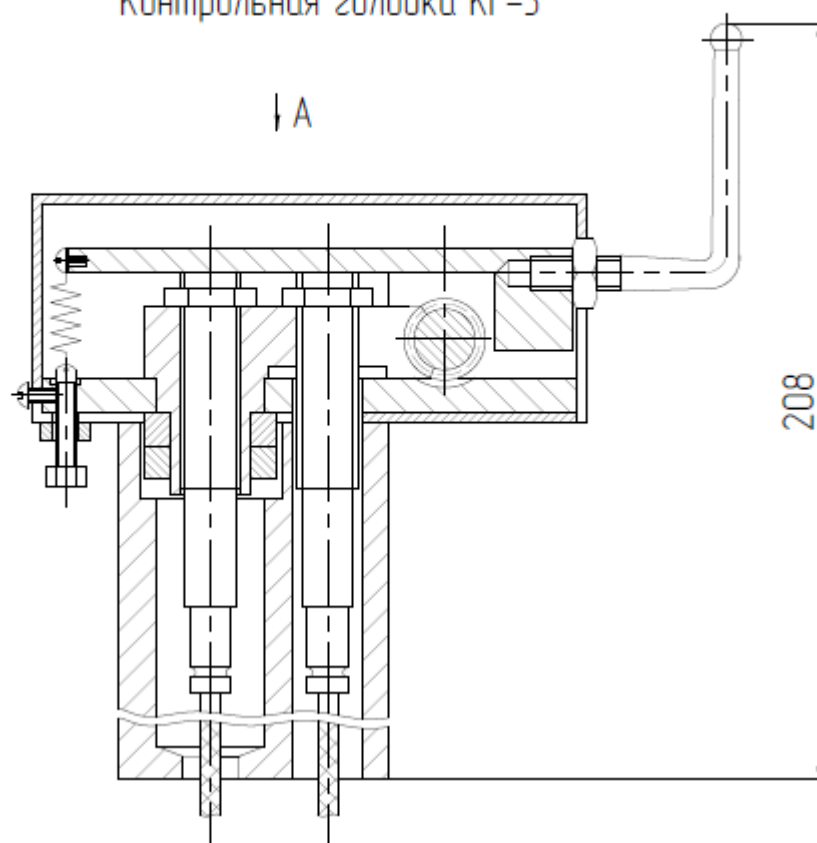


Гистограммы распределения $S_{y\text{ср}}$ (а), $\bar{Z}$ (б) и $S_{z\text{ср}}$ (в)
для двадцати пяти датчиков У511

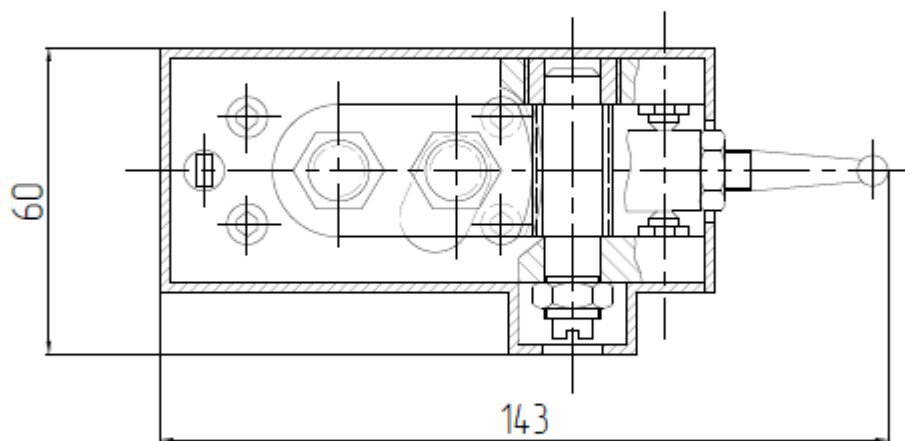


Контрольная головка КГ-3

A

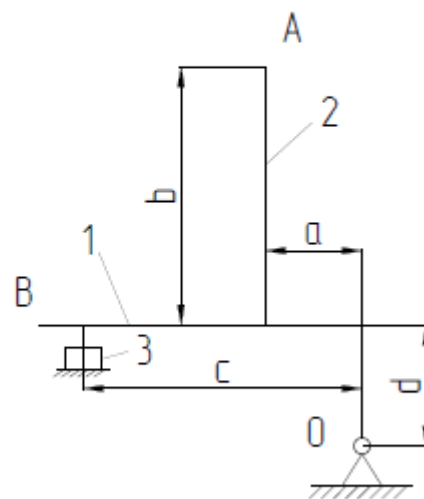


A



Исполнитель	Проверен	Согласован	Утвержден
М.П.	М.П.	М.П.	М.П.
Дата	Дата	Дата	Дата
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
Контрольная головка КГ-3	Контрольная головка КГ-3	Контрольная головка КГ-3	Контрольная головка КГ-3
ИПН: 000000000000	ИПН: 000000000000	ИПН: 000000000000	ИПН: 000000000000
Лист 1 из 1	Лист 1 из 1	Лист 1 из 1	Лист 1 из 1

Метрологическая схема контрольной головки



Метрологическая схема головки
(1 - поворотная г-образная пластина, 2 -
измерительный щуп, 3 - бесконтактный
(автогенераторный) датчик.

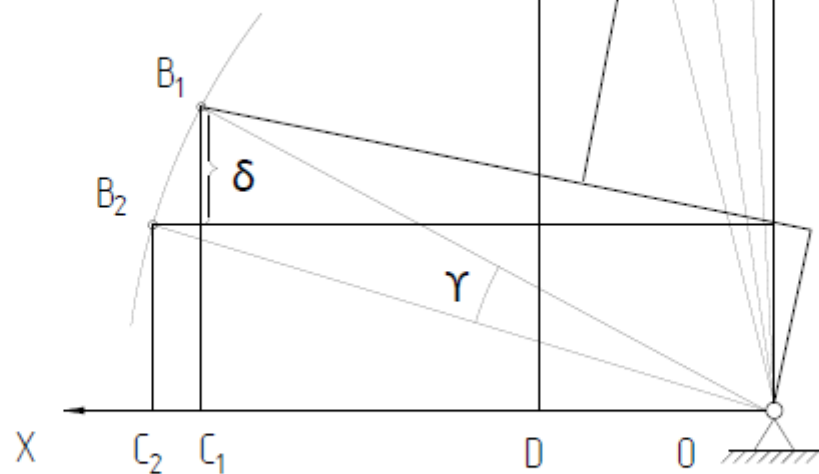
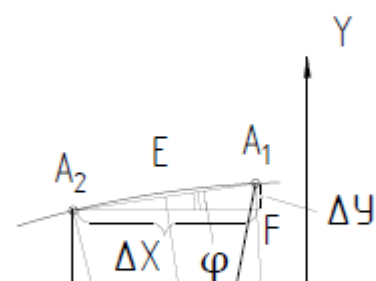


Схема для расчета точности головки

Как видно из рис.2, а именно, из треугольника B_1OC_1

$$\angle B_1OC_1 = \arctg \frac{|B_1C_1|}{|C_1O|} = \arctg \frac{d + \delta}{c}$$

Аналогично, из треугольника B_2C_2O :

Отсюда

$$\gamma = \arctg \frac{d + \delta}{c} - \arcsin \left(\frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right). \quad (1)$$

Отрезок A_2A_1 рассмотрим как хорду окружности радиусом $OA_1 = OA_2$ и проведем к этой хорде серединный перпендикуляр OE . Тогда

$$|A_2A_1| = |A_2E| + |A_1E| = 2|A_2E| = 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b + d)^2}. \quad (2)$$

Из треугольника $OE A_2$

$$\widehat{OA_2E} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2},$$

а из треугольника OA_2O

$$\widehat{OA_2O} = \arctg \frac{|OO|}{|A_2O|} = \arctg \frac{a}{b + d} = \beta.$$

Но в таком случае

$$\beta - \frac{\gamma}{2} = \varphi. \quad (3)$$

Зная φ , из треугольника A_2A_1F найдем

$$\Delta Y = |A_1F| = |A_1A_2| \cdot \sin \varphi. \quad (4)$$

$$\Delta X = |A_2 F| = |A_1 A_2| \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Подставим выражения (2) и (3) в (4) и получим

$$\begin{aligned} \Delta Y &= 2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \cdot \sin \left(\beta - \frac{\gamma}{2} \right) = \\ &= \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\sin \gamma \cdot \sin \beta - 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \beta \right], \end{aligned} \quad (6)$$

где в общем случае

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \gamma}{2}}.$$

а в нашем случае имеет смысл только знак «+», т.к. угол γ лежит в первом квадранте. После преобразований (6) будем иметь

$$\Delta Y = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} [\sin \gamma \cos \beta - (1 - \cos \gamma) \cdot \cos \beta]. \quad (7)$$

Подобным же образом, в результате подстановки (2) и (3) в (5) получим

$$\Delta X = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} [\sin \gamma \cos \beta + (1 - \cos \gamma) \cdot \sin \beta]. \quad (8)$$

Используя (1), определим

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \sin \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} - \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) = \sin \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} \right) \times \\ &\times \cos \left(\arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) - \sin \left(\arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \right) \cdot \cos \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} \right) \end{aligned}$$

и применим к (7) и (8) известные правила взаимосвязи тригонометрических функций [11]:

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

Учитывая это, после дальнейших преобразований будем иметь

$$\Delta Y = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2 + d^2}} \sin \beta - \left(1 - \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \cos \beta \right]. \quad (9)$$

$$\Delta X = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (\delta^2 + d^2)^2} \cdot \sqrt{c^2 + d^2}} \cdot \cos \beta + \left(1 - \sqrt{1 - \frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \sin \beta \right] \quad (10)$$

Как показали эксперименты, погрешность срабатывания датчика лежит в пределах от 3 до 4,2 мкм [12]. Остальные величины (размеры a , b , c , d) несоизмеримо больше, чем δ . Принимая это во внимание, правомерно полагать, что

$$\frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)} \rightarrow 0, \quad (d+\delta)^2 \rightarrow d^2.$$

Это позволяет из (9) и (10) получить выражения

$$\Delta Y \cong \frac{c \delta \sin \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2}, \quad (11)$$

$$\Delta X \cong \frac{c \delta \cos \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2}, \quad (12)$$

позволяющие выполнить требуемый анализ с достоверностью, достаточной для инженерной практики.

Пусть, например, $a = 20$ мм, $c = 30$ мм, $d = 10$ мм, $\delta = 0,003$ мм. Тогда

$$\sin \beta = \frac{\Delta Y \cdot (30^2 + 10^2)}{30 \cdot 0,003 \cdot \sqrt{20^2 + (b + 10)^2}}, \quad \cos \beta = \frac{\Delta X \cdot (30^2 + 10^2)}{30 \cdot 0,003 \cdot \sqrt{20^2 + (b + 10)^2}}.$$

$$\Delta Y = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \sin \beta \sqrt{400 + (b + 10)^2}$$

$$\Delta X = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \cos \beta \sqrt{400 + (b + 10)^2}$$

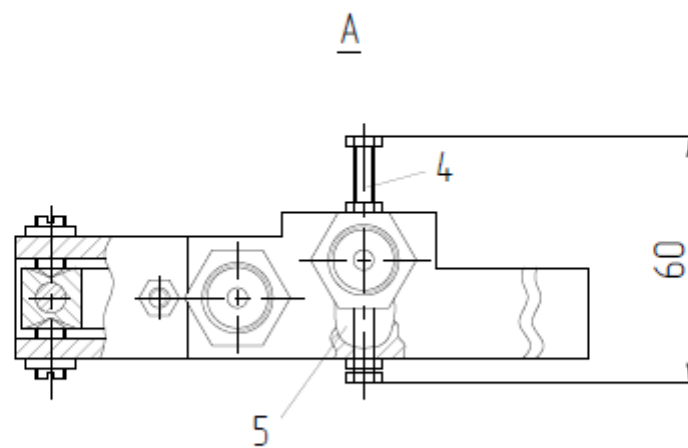
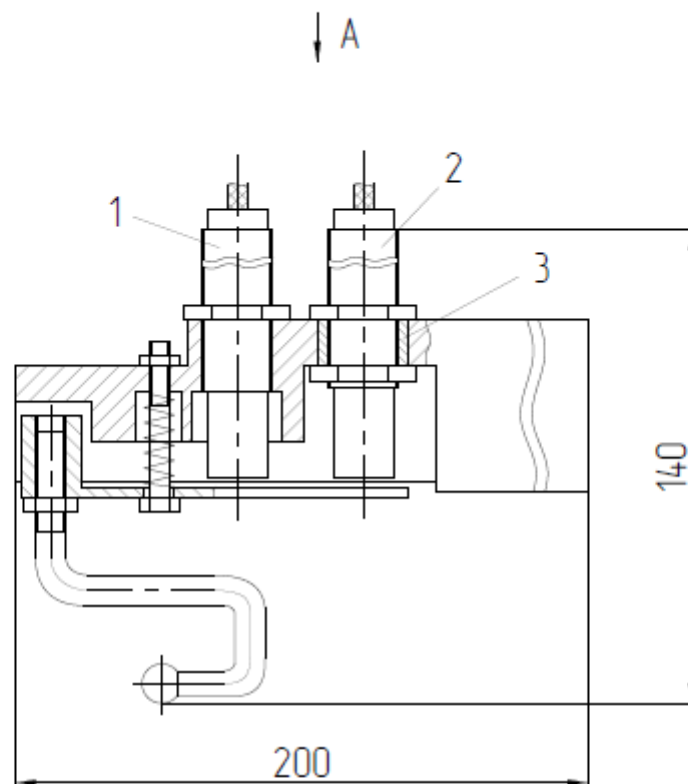
В зависимости точности головки от длины щупа последние изменяются так, как показано в табл.

Таблица

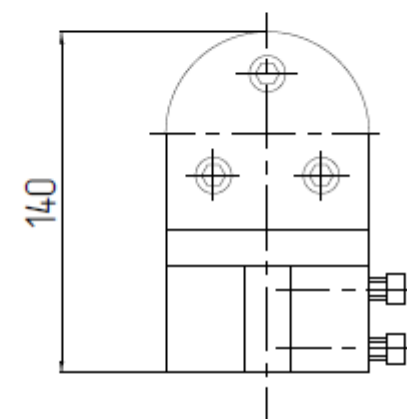
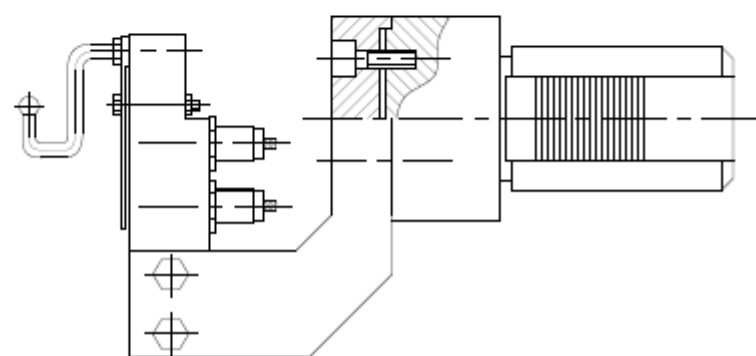
Зависимость точности головки от длины щупа

b, мм	ΔY , мм	ΔX , мм
10	0,00179	0,0018
20	0,00180	0,00269
30	0,00179	0,0036
40	0,00180	0,00450
50	0,00179	0,0054
60	0,00179	0,00809
70	0,00180	0,00780
80	0,00179	0,00809
90	0,00180	0,00899
100	0,00179	0,00989

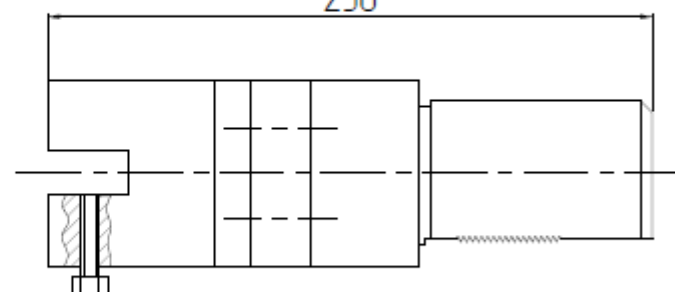
Контрольная головка КГ-2

[illegible]

Оправка для крепления головок КГ-1, КГ-2



250

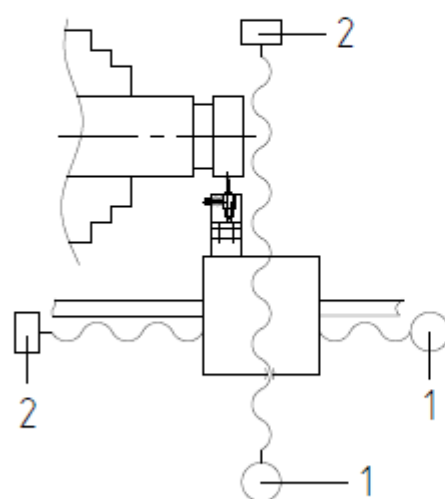


--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

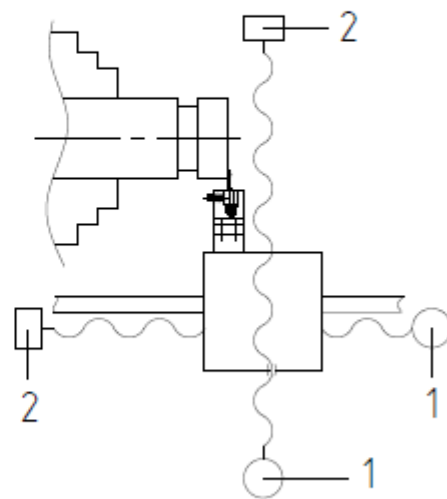
Комплект щупов

а) б) в) г)

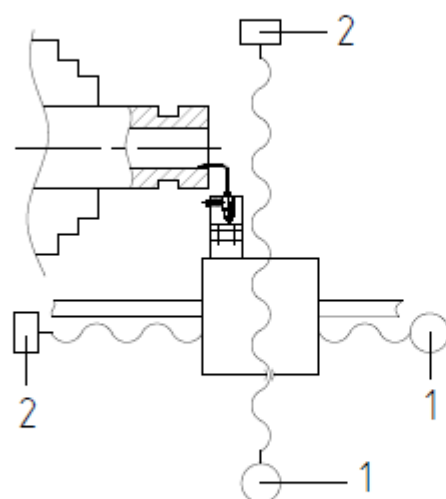
Применение контрольной головки



а) при измерении валов



б) при измерении торцев



в) при измерении отверстий

1 – двигатель подачи
2 – датчик обратной связи

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Minzu University of China
Infinity publishing

SCIENTIFIC RESEARCH OF THE SCO COUNTRIES: SYNERGY AND INTEGRATION

上合组织国家的科学研究：协同和一体化

International Conference

Beijing, China 2019

上合组织国家的科学研究：协同和一体化
国际会议

参与者的英文报告

International Conference
“Scientific research of the SCO
countries: synergy and integration”

Part 1: Participants' reports in English

2019年2月26日，中国北京
February 26, 2019. Beijing, PRC

Materials of the International Conference
**“Scientific research of the SCO countries: synergy
and integration”** - Reports in English

(February 26, 2019. Beijing, PRC)

ISBN 978-5-905695-96-6

这些会议文集结合了会议的材料 – 研究论文和科学工作者的论文报告。它考察了职业化人格的技术和社会学问题。一些文章涉及人格职业化研究问题的理论和方法论方法和原则。

作者对所引用的出版物，事实，数字，引用，统计数据，专有名称和其他信息的准确性负责

These Conference Proceedings combine materials of the conference – research papers and thesis reports of scientific workers. They examines technical and sociological issues of research issues. Some articles deal with theoretical and methodological approaches and principles of research questions of personality professionalization.

Authors are responsible for the accuracy of cited publications, facts, figures, quotations, statistics, proper names and other information.



ISBN 978-5-905695-96-6

©Minzu University of China, 2019

©Scientific publishing house Infinity, 2019

© Group of authors, 2019

CONTENT

ECONOMICS

评估电子支付手段发展的方法论方法 Methodological approach to the evaluation of the development of electronic means of payment <i>Kara-ool Ayana Leonidovna, Shmyreva A.I.</i>	13
上海合作组织的“软实力” "Soft power" of the Shanghai Cooperation Organization <i>Razumnova Lyudmila Lvovna, Migaleva Tatyana Evgenyevna, Podbiralina Galina Viktorovna</i>	24
俄罗斯联邦卡车行业企业战略规划因素的互联互通 Interconnection of strategic planning factors at the enterprise of truck industry in the Russian Federation <i>Lyaschuk Alexandr Vyacheslavovich, Tikhonova Maya Vladimirovna</i>	36
国家经济集中调控过程研究：国外经验 Research of processes of state regulation of economic concentration: foreign experience <i>Velikorossov Vladimir Viktorovich</i>	44
企业作为经济范畴的投资吸引力：选择因素的本质，原则，评价问题 The investment attractiveness of an enterprise as an economic category: the essence, principles for the selection of factors, the problem of evaluation <i>Velikorossov Vladimir Viktorovich, Shcherbakova Olga Ivanovna, Balakhanova Dariko Kenjebaevna</i>	52
俄罗斯食品市场的模仿建模 Imitation modelling of the russian food market <i>Belova Tatiana Nicolaevna, Kupriyanova Marina Vladimirovna</i>	61
工业企业创新能力的构成结构分析 Analysis of the component structure of innovative capacity of the industrial enterprises <i>Tashenova Larissa Vladimirovna, Babkin Aleksandr Vasilevich</i>	67

JURISPRUDENCE

土地地籍 – 土地关系管理的信息基础 Land Cadastre - information basis for the regulation of land relations <i>Azimzoda Alimardon Shoimardon</i>	75
--	----

PEDAGOGICAL SCIENCES

开发多功能教育技术综合体以控制学生的知识水平和培养高素质专家的要求
Requirements for the development of a multifunctional educational technological complex to control the level of knowledge of students and training highly qualified specialists

*Baranov Yevgeny Fedorovich, Lazareva Larisa Yuryevna,
Larin Sergey Nikolaevich.....82*

现代教学测试和技术作为一种有条理的设备模块化学习技术和电子学习资源，用于组织控制学生的知识水平

Modern pedagogical tests and technologies as a methodical apparatus modular learning technologies and e-learning resources for the organization of control of the level of knowledge of students

*Larin Sergey Nikolaevich, Gerasimova Lyudmila Ivanovna,
Gerasimova Elena Vladimirovna.....89*

学校法制教育：理论方面

Legal education in school: theoretical aspect

Nechaev Mikhail Petrovich, Kunitsyna Svetlana Mikhailovna.....96

回顾问题分析十二至二十世纪辛比尔斯克省历史条件下的成人教育再培训
Retrospective problem's analysis of pedagogical retraining of adults in historical conditions of XIX - XX centuries in Simbirsk province

Biriukov Andrei Alekseevich, Plotnikov Dmitry Yur'yevich.....101

PHILOSOPHICAL SCIENCES

楚瓦什共和国的旗舰大学

Flagship university of the Chuvash Republic

Pupyshev Igor Vasilyevich, Sokolova Larisa Yuryevna.....107

后现代形势下的恐怖主义

Terrorism in the context of the postmodern situation

Smirnov Roman Kamilevich.....113

PHILOLOGY

克服语言冗余是语言系统中信息增长的原因

Overcoming language redundancy as a reason of information growth in a language system

Nekipelova Irina Mikhaylovna.....120

政府管理和语言规则的词汇 - 语义子系统

Lexical-semantic subsystem of government management and linguistic rules

Zavarzina Galina Anatolyevna.....126

PSYCHOLOGICAL SCIENCES

- 体外受精方案中育龄妇女的个人特征和生活质量
Personal characteristics and quality of life in women of older reproductive age in the program of in vitro fertilization
Kalina Svetlana Andreevna.....134

HISTORICAL SCIENCES

- 大都会Nikodim (罗托夫) 和俄罗斯东正教会参与普世教会
Metropolitan Nikodim (Rotov) and the participation of the Russian Orthodox Church in ecumenism
Zinchuk Sergej Mikhailovich.....140
- “瓦解”是20世纪初俄罗斯的问题
“Disintegrating” is the problem of Russia at the beginning of the 20th century
Safonov Dmitry Anatolyevich.....144

ART HISTORY

- 跨越中国 ↔ 布里亚特在情况和人民的命运
Cross migration China ↔ Buryatia in circumstances and the fate of people
Tsibudeeva Nadezhda Tsidenovna.....150

ARCHITECTURE

- 儒家思想对中国园林建筑的影响
Influence of Confucianism on the architecture of gardens in China
Kruglova Ekaterina Alekseevna.....155

MEDICAL SCIENCES

- 心脏血管内介入治疗期间心肌状态的预处理和电生理监测
Preconditioning and electrophysiological monitoring of the state of the myocardium during endovascular interventions on the heart
Shevchenko Yuriy Leonidovich, Marchak Dmitriy Igorevich, Geraschenko Aleksandr Vitalyevich, Ermakov Dmitriy Yuryevich.....159
- 在怀孕期间接触主动和被动吸烟的妇女的社会人口学特征
Socio-demographic characteristics of women exposed to active and passive smoking during pregnancy
Chursina Ol'ga Andreevna, Konstantinova Ol'ga Dmitrievna, Loginova Elena Andreevna.....169

PHARMACEUTICAL SCIENCES

- 药剂师对孕妇药物治疗的认识
Pharmacists awareness about drug therapy of pregnant women
Ovod Alla Ivanovna, Khorlyakov Kirill Vladimirovich, Komissinskaia Irina Gennadiyevna, Solyanina Viktoriya Aleksandrovna.....176

BIOLOGICAL SCIENCES

- 白海潮汐带优势植物叶片的结构和功能特征
Structural and functional features of the leaves of dominant plant species in the tidal zone of the White Sea
Markovskaya Eugenia Fedorovna, Gulyaeva Elena Nikolaevna, Kosobryukhov Anatoly Aleksandrovich, Morozova Kira Vladimirovna.....180
- 使用标准化实验室测试评估运动员的代谢状态和身体表现的等级
Evaluation of gradations of metabolic states and physical performance of athletes using standardized laboratory tests
Tambovtseva Ritta Viktorovna.....188
- 使用凝胶和“二级凝胶薄膜”细菌纤维素作为抗生素和免疫增强药物载体的前景
Prospects for the use of the gels and the "secondary gel films" bacterial cellulose as carriers of antibiotic and immune-boosting drugs
Klenova Natalya Anatolyevna.....195

CHEMICAL SCIENCES

- Quasibinary 削减 Tm-AsS 和 As-TmS 三重系统 Tm-As-S
Quasibinary cuts Tm-AsS and As-TmS triple system Tm-As-S
Ilyasly Teymur Mammad, Gahramanova Gunel Gadji, Gadzhaly Najafoglu, Ismailov Zakir Islam.....200
- 以欧亚河流为例的河水碳酸氢盐二元论
Bicarbonate dualism of river water on the example of Eurasian rivers
Eugene G. Abramov.....209

EARTH SCIENCES

- 关于生物群的气候依赖性（以秋明地区为例）
On the climatic dependence of biota (on the example of the Tyumen region)
Konovalov Alexander Alexandrovich.....216
- 冻土的强度和变形特征
Strength and deformation characteristics of frozen soil
Konovalov Alexander Alexandrovich.....224

AGRICULTURAL SCIENCES

- 用植物激素处理水果和浆果作物，作为减少由于缺乏授粉而造成的作物损失的一个因素
Treatments of fruit and berry crops with phytohormones, as a factor of reducing crop losses from the lack of pollination
Boitsenyuk Leonid Iosivovich, Zhelonkina Elena Eduardovna, Pafnutova Elena Gennadyevna.....232

TECHNICAL SCIENCE

- 需要在现代条件下整合管理系统
The need to integrate management systems in modern conditions
Vayskrobova Evgenyia Sergeevna, Baryshnikova Nadezhda Ivanovna.....236
- 使用直立螺旋输送机处理颗粒材料的数学描述
The mathematical description of granular material handling with an upright screw conveyer
Evstratov Vladimir Aleksandrovich, Cuxarnikova Valentina Aleksandrovna....243
- 大豆种子脱粒，机械损伤及分离过程的研究两相脱粒机组脱粒机长度的研究
Research of process of the thresh, mechanical damage and separation of seeds of soy on length of the thresher of the combine of the two-phase thresh
Prisyazhnaya Irina Mikhailovna, Prisyazhnaya Serafima Pavlovna.....251
- 关于计算控制机器零件尺寸的简化设计头部精度
On calculating the accuracy of the head of simplified design for controlling the dimensions of machine parts
Liberman Yakov Lvovich, Mahiyanova Alisa Nailievna.....262
- 以风险为导向的方法确保磁悬浮GPU的安全运行
Risk-oriented approach to ensuring safe operation of GPU with magnetic suspension
Belova Svetlana Alexandrovna, Naumova Anna Yaroslavna.....269

关于计算控制机器零件尺寸的简化设计头部精度
**ON CALCULATING THE ACCURACY OF THE HEAD
OF SIMPLIFIED DESIGN FOR CONTROLLING
THE DIMENSIONS OF MACHINE PARTS**

Liberma Yakov Lvovich
Mahiyanova Alisa Nailiyevna
Institute of New Materials and Technologies
Department of Machine Building
Ural Federal University
Yekaterinburg, Russia

抽象。 该研究的重点是提高可靠性的问题,从而提高了公差尺寸控制头的耐用性和精度。 本文介绍了控制头的计量方案,当传感器位于“电路”上时,它提供了控制零件端部位置直径的能力。 由于传感器具有一些触发误差,因此计量方案的使用伴随着测量误差的出现。 测量误差的值由传感器尺寸的比率确定。 为了合理使用提供的头部,有必要分析其运动精度。 结果,获得了头部精度与探针长度的关系。

关键词: 控制头; 传感器, 机床。

Abstract. *The research was focused on the problem of increasing the reliability and, as a result, increasing the durability and accuracy of the head for tolerance dimension control. The article presents the metrological scheme of the control head, which provides the ability to control the diameters in the position of the ends of the parts when the sensors are on the "circuit". Since the sensor has some error of triggering, the use of the metrological scheme is accompanied by the appearance of measurement errors. The value of measurement errors is determined by the ratio of the sensor dimensions. For rational use of the offered head it was necessary to analyze its kinematic accuracy. As a result, relation of the accuracy of the head to the probe lengths were obtained.*

Keywords: *control heads; sensor; machines tools.*

I. INTRODUCTION

As it is known, in the process of production of machine parts, there is a need to control their dimensions, for which purpose special control heads are used, installed on CNC metal cutting machines tools or coordinate-measuring machines [1, 2]. Such heads practically always work on the same principle described, for example, in [3,4,5], but have very diverse designs [6,7,8,9]. Nevertheless, all those

designs are quite complex and not always reliable enough. To address that issue, we have offered in work [10] a simplified design of the control head – its metrological scheme is shown in fig. 1. For rational use of the offered head it was necessary to analyze its kinematic accuracy, which is described below.

II. SOLUTION OF THE RESEARCH TASKS

To perform the analysis, plate 1 with probe 2 were considered to be in two extreme positions, according to the scheme shown in fig. 2, where δ – is error of triggering of the sensor, ΔX and ΔY – are corresponding errors of positioning of the probe end in the X and Y directions, and the remaining symbols are clear from the figure.

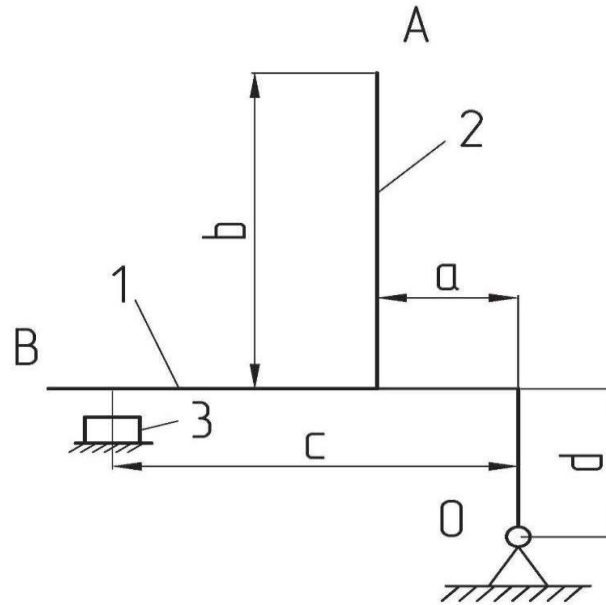


Fig. 1. The metrological scheme of the head (1 - rotary g-shaped plate, 2 - measuring probe, 3 - non-contact (oscillator) sensor).

As can be seen from fig. 2, namely, from the triangle B_1OC_1 :

$$\widehat{B_1OC_1} = \arctg \frac{|B_1C_1|}{|C_1O|} = \arctg \frac{d + \delta}{c}.$$

Similarly, from the triangle B_2C_2O :

$$\widehat{B_2OC_2} = \arcsin \frac{|B_2C_2|}{|B_2O|} = \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}}.$$

From this

$$\gamma = \arctg \frac{d + \delta}{c} - \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \quad (1)$$

$$\gamma = \arctg \frac{d + \delta}{c} - \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2 + d^2}} \quad (1)$$

The segment A_2A_1 will be considered as a chord of the circle with radius $OA_1 = OA_2$. Drawing OE - the middle perpendicular to this chord - we will get

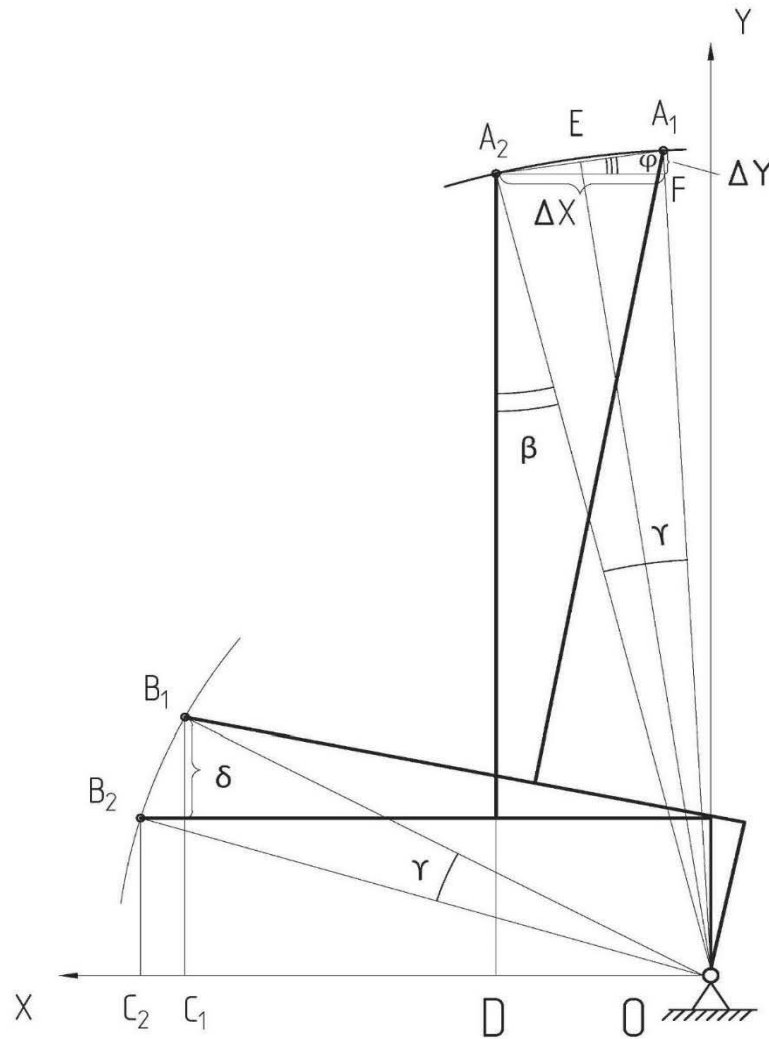


Fig. 2. The scheme to calculate the accuracy of the head

$$|A_2A_1| = |A_2E| + |A_1E| = 2|A_2E| = 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \quad (2)$$

From the triangle OEA_2

$$\angle OA_2E = 90^\circ - \frac{\gamma}{2},$$

and from the triangle DA_2O

$$\widehat{DA_2O} = \arctg \frac{|DO|}{|A_2D|} = \arctg \frac{a}{b+d} = \beta.$$

But in that case

$$\beta - \frac{\gamma}{2} = \varphi. \quad (3)$$

Knowing φ , from the triangle A_2A_1F we will find

$$\Delta Y = |A_1F| = |A_1A_2| \cdot \sin \varphi, \quad (4)$$

$$\Delta X = |A_2F| = |A_1A_2| \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Substituting (2) and (3) in (4), we will get

$$\begin{aligned} \Delta Y &= 2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \cdot \sin \left(\beta - \frac{\gamma}{2} \right) = \\ &= \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\sin \gamma \cdot \sin \beta - 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \beta \right], \end{aligned} \quad (6)$$

where in general

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \gamma}{2}},$$

As and in our case, only the sign "+" makes sense, since the angle γ lies in the first quadrant. After transformations (6) we will have

$$\Delta Y = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} [\sin \gamma \cos \beta - (1 - \cos \gamma) \cdot \cos \beta]. \quad (7)$$

Similarly, substituting (2) and (3) in (5), we will obtain

$$\Delta X = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} [\sin \gamma \cos \beta - (1 - \cos \gamma) \cdot \sin \beta]. \quad (8)$$

Using (1), we define

$$\sin \gamma = \sin \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} - \arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \right) = \sin \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} \right) \times \cos \left(\arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \right) - \sin \left(\arcsin \frac{d}{\sqrt{c^2+d^2}} \right) \times \cos \left(\arctg \frac{d+\delta}{c} \right)$$

and, applying to (7) and (8) known rules of interrelation of trigonometrical functions [11], we will get:

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 \alpha}}, \quad \cos \alpha = \sqrt{1-\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

In view of the above, and after further transformations, we will have

$$\Delta Y = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2 + d^2}} \sin \beta - \left(1 - \sqrt{\frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \cos \beta \right], \quad (9)$$

$$\Delta X = \sqrt{a^2 + (b+d)^2} \left[\frac{c \cdot \delta}{\sqrt{c^2 + (d+\delta)^2} \cdot \sqrt{c^2 + d^2}} \cos \beta + \left(1 - \sqrt{\frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)}} \right) \sin \beta \right] \quad (10)$$

As experiments have shown, the error of triggering of the sensor lies in the range from 3 to 4.2 μm [12]. Other values (dimensions a, b, c, d) are disproportionately larger than δ . Taking this into account, it is fair to assume that

$$\frac{c^2 \cdot \delta^2}{(c^2 + (d+\delta)^2) \cdot (c^2 + d^2)} \rightarrow 0, \quad (d+\delta)^2 \rightarrow d^2.$$

It gives the opportunity to obtain expressions from (9) and (10)

$$\Delta Y \cong \frac{c\delta \sin \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2}, \quad (11)$$

$$\Delta X \cong \frac{c\delta \cos \beta \sqrt{a^2 + (b+d)^2}}{c^2 + d^2}, \quad (12)$$

allowing to make the required analysis with the reliability sufficient for engineering practice.

Assume, for example, $a = 20$ mm, $c = 30$ mm, $d = 10$ mm, $\delta = 0.003$ mm. Then

$$\sin \beta = \frac{\Delta Y \cdot (30^2 + 10^2)}{30 \cdot 0,003 \cdot \sqrt{20^2 + (b+10)^2}}$$

$$\cos \beta = \frac{\Delta X \cdot (30^2 + 10^2)}{30 \cdot 0,003 \cdot \sqrt{20^2 + (b+10)^2}},$$

$$\Delta Y = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \sin \beta \sqrt{400 + (b+10)^2},$$

$$\Delta X = 9 \cdot 10^{-5} \cdot \cos \beta \sqrt{400 + (b+10)^2}.$$

The accuracy of the head varies in relation to the probe lengths as shown in the table below.

Table 1. Relation of the accuracy of the head to the probe lengths

b, mm	ΔY, mm	ΔX, mm
10	0,00179	0,0018
20	0,00180	0,00269
30	0,00179	0,0036
40	0,00180	0,00450
50	0,00179	0,0054
60	0,00179	0,00809
70	0,00180	0,00780
80	0,00179	0,00809
90	0,00180	0,00899
100	0,00179	0,00989

CONCLUSION

Considering the data given in it, it is easy to conclude that the offered control head can be used quite successfully when the length of a measuring probe is chosen correctly. The obtained accuracy of the head is quite acceptable to control the positions of end faces on the coordinate X and their diameter values on the coordinate Y.

References

- [1] Valkov V. M. *Control in the GAP*. - L.: Mechanical Engineering, 1986. – 232 p.
- [2] Ratmirov V. A. *Control of machines tools of flexible manufacturing systems*. – Moscow: Mechanical engineering. 1987. – 272 p.
- [3] *Flexible manufacturing systems/ Ed. P.N.Belyanin and V.A.Leschenko*. - M: Mechanical Engineering, 1984. – 384 p.
- [4] *Flexible automatic manufacturing/Edited by A. S. Mayorov, G. V. Orlovsky, S.N. Halkiopov*. - L.: Mechanical Engineering, 1985. – 454 p.
- [5] *Foundations of measurements automation/V. B. Korkin, T. V. Grigoryants, E. F. Makarov, etc.* – M.: Standards Publishing House, 1991. – 256 p. V.O. Azbel, V.A. Egorov, and A.Yu. Zvonitskiy, *Flexible Automated Manufacturing*. Saint Petersburg, RF: Machine Building, 1985.
- [6] Liberman Ya. L. *The head for tolerance control of dimensions*. Copyright certificate of the USSR No. 1599646, M Cl G 01 V, 7/02; applicant and patent holder the Ural Polytechnic Institute - No. 4143841/25-28; application 05.11.86; publ. 15.10.90. Bul No. 38.
- [7] Liberman Ya. L., Turova I.A. *The head for dimension control*. RF patent №80228, MPK G 01V, 7/00; applicant and patent holder the USTU – UPI - № 2008125333/22; application 23.06.2008; publ. 27.01.2009. Bul. No. 3.
- [8] Liberman Ya. L., *The measuring head*. RF patent №80229, MPK G 01V, 7/02; applicant and patent holder the USTU – UPI-2008126680/22; application 30.06.2008; publ. 27.01.2009. Bul. No. 3.
- [9] Liberman Ya. L., Semakin A.A., *The control head*. RF Patent №87514, MPK G 01V, 7/02; applicant and patent holder the USTU – UPI - № 2009101660/22; application 19.01.2009; publ. 10.10.2009. Bul. No. 28.
- [10] Liberman Ya. L., Mahinova A. N. *The head for tolerance control of dimensions*. The application for the patent of the Russian Federation № 2018137947 from 29.10.18.
- [11] Korn G., Korn T. *Handbook of mathematics for scientists and engineers*. – M: Science, 1970. – 720 p.
- [12] Liberman Ya. L. *Monitoring systems for metal-cutting machines tools*. – Ekaterinburg: USTU, 2000. - 99 p.

Infinity publishing

International Conference
«SCIENTIFIC RESEARCH OF THE SCO COUNTRIES:
SYNERGY AND INTEGRATION»

CERTIFICATE

Makhiyanova Alisa Nailiyevna

On calculating the accuracy of the head of simplified
design for controlling the dimensions of machine
parts

Location: Minzu University of China, Haidian, Beijing, PRC

Date: February 25-26, 2019

Co-chairman, Ph.D., Associate Professor: Khismatullin D.R.

Co-organizer (for foreign participants): Infinity publishing



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **188 494** (13) U1



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

G01B 7/02 (2006.01)

(52) СПК

G01B 7/02 (2019.02)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 26.04.2019)

(21)(22) Заявка: **2018137947**, 29.10.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.10.2018

Дата регистрации:
16.04.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 29.10.2018

(45) Опубликовано: **16.04.2019** Бюл. № **11**

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1599646 A1, 15.10.1990. RU 96649
U1, 10.08.2010. RU 80228 U1, 27.01.2009. SU
1179093 A1, 15.09.1985. US 6360176 B1,
19.03.2002.

Адрес для переписки:
620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург,
ул. Мира, 19, Центр интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Либерман Яков Львович (RU),
Махиянова Алиса Навильевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

ГОЛОВКА ДЛЯ ДОПУСКОВОГО КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ

Предлагаемая полезная модель относится к контрольно-измерительной технике и может быть использована для допускового контроля размеров в координатно-измерительных машинах, контрольно-сортировочных автоматах и в системах активного контроля размеров в машиностроении.

Контрольные головки, аналогичные предлагаемой, известны. К ним относятся, в частности, двухпредельные контактные устройства, описанные в книге Н.Н.Маркова и др. «Электроконтактные датчики для линейных измерений. М.: Машиностроение, 1969» на стр. 12-17, 37. Основными элементами в них являются настраиваемые электроконтактные датчики, взаимодействующие с коромыслом, соединенным с измерительным штоком. Датчики настраиваются на границы допуска. При линейном перемещении штока (он обычно кинематически связывается с коромыслом через реечную передачу или пару трения) коромысло замыкает тот или иной электрический контакт, в результате чего головка подает сигнал о переходе контролируемого размера через верхнюю или нижнюю границу допуска.

Электроконтактные контрольные головки довольно просты, однако из-за эрозионного износа и окисления входящих в них датчиков, имеют недостаточно высокую долговечность. Во избежание существенных погрешностей контроля их нужно довольно часто подвергать техническому обслуживанию и даже ремонту.

Отмеченного недостатка лишена головка для допускового контроля размеров, защищенная авторским свидетельством СССР № 1599646, кл. 5 G 01B 7/02, 1990, принятая нами за прототип. Эта головка построена на двух бесконтактных автогенераторных датчиках. Такие датчики практически не изнашиваются, а потому головка с их применением

обладает намного более высокой долговечностью и надежностью. Указанная головка содержит цилиндрический корпус, выполненный в виде стакана, в донную часть которого параллельно друг другу ввинчены два бесконтактных автогенераторных пороговых датчика, зафиксированных гайками и закрытых кожухом. В корпусе установлена с возможностью поворота вокруг своей оси цилиндрическая гильза, к внутренней стенке которой прикреплены свободными концами плоские пружины. На этих пружинах установлен измерительный шток с наконечником. На другом конце штока закреплена перпендикулярно его оси поворотная электропроводная пластина в виде диска с секторным вырезом. Гильза прикреплена к червячному колесу, а в корпусе размещен червяк, взаимодействующий с этим колесом. Для предотвращения самопроизвольного осевого смещения и поворота гильза фиксирована относительно корпуса накидной гайкой.

Перед проведением измерений торцевые (активные) поверхности пороговых датчиков располагают в одной плоскости, таким образом, чтобы при полном перекрытии их диском оба пороговых датчика срабатывали при одном и том же зазоре между датчиками и диском. Далее производится настройка головки на контролируемый допуск. Для этого с помощью червячной пары поворачивают гильзу, уменьшая перекрытие активной поверхности одного из пороговых датчиков диском. Благодаря этому зазор, при котором будет срабатывать датчик с меньшим перекрытием его активной поверхности, увеличивается. С помощью эталонной детали этот зазор устанавливается таким, что разница между первоначальным зазором, при котором по-прежнему будет происходить срабатывание датчика с полным перекрытием его активной поверхности, и увеличенным зазором, при котором происходит срабатывание настроенного датчика, равнялась ширине поля контролируемого допуска. При проведении контроля головку устанавливают в положение, при

котором порог срабатывания одного из датчиков совпадает с верхней границей допуска, а порог срабатывания другого датчика с нижней его границей. Если в процессе контроля окажется, что размер детали не превышает нижнего допустимого предела, ни один из датчиков не срабатывает. В случае, если размер контролируемой детали превысит верхний допустимый предел, сработают оба датчика. Один из датчиков сработает лишь в том случае, если размер лежит в пределах допуска.

Так как автогенераторные датчики являются бесконтактными, и для их настройки производится перемещение электропроводного диска, а не их самих, исключается перекрутка подходящих к датчикам проводов, что повышает надежность головки. Вместе с тем длительная эксплуатация контрольной головки-прототипа показывает, что ее надежность все же оставляет желать лучшего. Из-за того, что плоские пружины при многократном использовании головки испытывают циклические нагрузки, они хотя и немного, но все-таки пластически деформируются, а это снижает точность контроля. Уменьшает точность и наличие значительного числа сопряжений деталей головки: при длительной работе головки в этих сопряжениях возникает износ. И хотя он тоже небольшой, но на результатах контроля сказывается.

В связи с изложенным при разработке предлагаемой головки ставилась задача повышения ее надежности по сравнению с прототипом.

Достигается решение поставленной задачи за счет того, что головка для допускового контроля размеров, содержащая корпус, установленную в нем поворотную электропроводную пластину с закрепленным на ней измерительным штоком и два автогенераторных пороговых датчика, размещенных в корпусе параллельно друг другу с возможностью взаимодействия с пластиной, отличается от прототипа тем, что пластина выполнена прямоугольной, установлена с возможностью поворота относительно оси, расположенной в плоскости, поперечной пластине и

одновременно в плоскости, параллельной торцам датчиков, датчики размещены вдоль пластины, причем один из них установлен с возможностью перемещения параллельно оси поворота пластины и фиксации его положения.

На фиг.1 показана головка в сечении, параллельном осям датчиков, на фиг.2 – ее вид А.

Головка содержит корпус 1, установленную в нем поворотную электропроводную пластину с закрепленным на ней измерительным штоком 3 и два автогенераторных пороговых датчика 4 и 5, размещенных в корпусе 1 параллельно друг другу с возможностью взаимодействия с пластиной 2. Пластина выполнена прямоугольной, установлена с возможностью поворота относительно оси, расположенной в плоскости, поперечной пластине 2, и одновременно в плоскости, параллельной торцам датчиков 4 и 5. Датчики размещены вдоль пластины, причем один из них (датчик 5) установлен с возможностью перемещения параллельно оси поворота пластины 2 и фиксации его положения. Ось, относительно которой может поворачиваться пластина 2, создана с помощью двух центров 6 и 7, расположенных в корпусе 1, а возможность перемещения датчика 5 параллельно оси поворота пластины обеспечена путем установки на него втулки 8 с гладкой наружной поверхностью и размещения его в продолговатом отверстии 9, выполненном в корпусе 1 в направлении, поперечном пластине 2. Фиксация же датчика 5 в положении, достигнутом после его перемещения, обеспечивается двумя винтами 10 и 11 с контргайками и гайками 12 и 13. Аналогично гайкой 14 фиксируется датчик 4 при сборке головки (она выполняет функции контргайки, поскольку датчики 4 и 5 изготавливаются с наружной резьбой. Следует отметить, что в корпусе головки имеется еще винт 15 с пружиной 16, однако он играет роль ограничителя хода пластины 2 и в контроле, производимом головкой, не участвует.

Перед проведением контроля торцевые (активные) поверхности пороговых датчиков 4 и 5 располагают в корпусе 16 в одной плоскости, таким образом, чтобы при полном перекрытии их пластиной 2 оба датчика срабатывали при одном и том же зазоре между датчиками и пластиной. Далее производится настройка головки на контролируемый допуск. Для этого, ослабив гайки 12 и 13, винтами 10 и 11 перемещают датчик 5 в отверстие 9, уменьшая перекрытие активной поверхности порогового датчика 5 пластиной 2. Благодаря этому зазор, при котором будет срабатывать датчик с меньшим перекрытием его активной поверхности, увеличивается. С помощью эталонной детали этот зазор устанавливается таким, что разница между первоначальным зазором, при котором по-прежнему будет происходить срабатывание датчика с полным перекрытием его активной поверхности, и увеличенным зазором, при котором происходит срабатывание настроенного датчика, равнялась ширине поля контролируемого допуска. После настройки гайки 12 и 13 затягивают, а винты 10 и 11 фиксируют контргайками. При проведении контроля головку устанавливают в положение, при котором порог срабатывания одного из датчиков совпадает с верхней границей допуска, а порог срабатывания другого датчика с нижней его границей. Если в процессе контроля (взаимодействия штока 3 с контролируемой деталью) окажется, что размер детали не превышает нижнего допустимого предела, ни один из датчиков не срабатывает. В случае, если размер контролируемой детали превысит верхний допустимый предел, сработают оба датчика. Один из датчиков срабатывает лишь в том случае, если размер лежит в пределах допуска.

Техническим результатом предложения является повышение надежности на 35-37% по сравнению с прототипом, что является следствием почти полного исключения из конструкции сопряженных элементов, подверженных износу. Исключением является только центры 6

и 7, но они по мере изнашивания легко могут быть подрегулированы, а в случае достижения предельного износа без затруднений и существенных затрат могут быть заменены.

Формула полезной модели

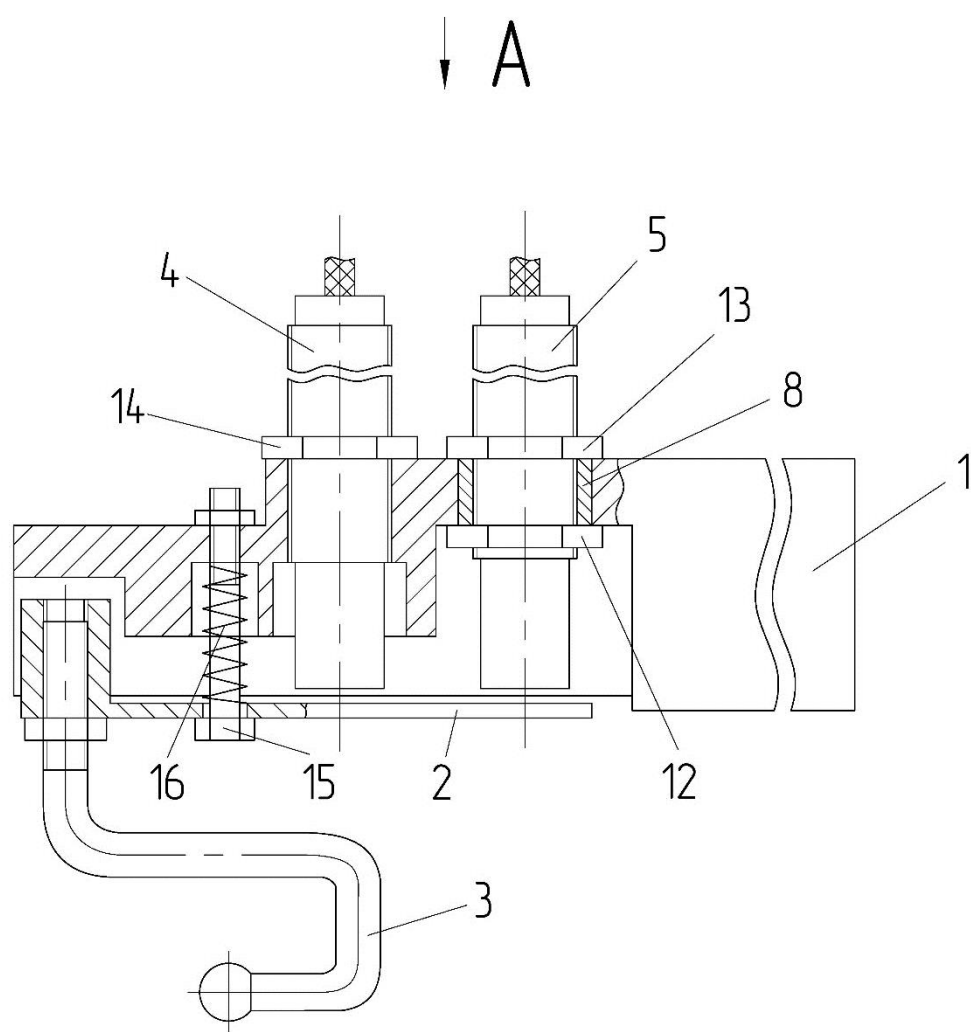
Головка для допускового контроля размеров, содержащая корпус, установленную в нем поворотную электропроводную пластину с закрепленным на ней измерительным штоком и два автогенераторных пороговых датчика, размещенных в корпусе параллельно друг другу с возможностью взаимодействия с пластиной, отличающаяся тем, что пластина выполнена прямоугольной, установлена с возможностью поворота относительно оси, расположенной в плоскости, поперечной пластине и одновременно в плоскости, параллельной торцам датчиков, датчики размещены вдоль пластины, причем один из них установлен с возможностью перемещения параллельно оси поворота пластины и фиксации его положения.

Реферат заявки «Головка для допускового контроля размеров»

Предлагаемая головка относится к измерительной технике и может быть использована для допускового контроля размеров в системах активного контроля и в контрольно-сортировочных автоматах в машиностроении. Она содержит корпус, установленную в нем электропроводную пластину с закрепленным на ней измерительным штоком и два автогенераторных пороговых датчика, размещенных в корпусе параллельно друг другу с возможностью взаимодействия с пластиной. Отличительной особенностью головки является то, что пластина в ней выполнена прямоугольной, установлена с возможностью поворота относительно оси, расположенной в плоскости, поперечной пластине и одновременно в плоскости, параллельной торцам датчиков, датчики размещены вдоль пластины, причем один из них установлен с возможностью перемещения параллельно оси поворота пластины и фиксации его положения.

Техническим результатом предложения является повышение надежности конструкции головки и, как следствие, увеличение долговечности и точности.

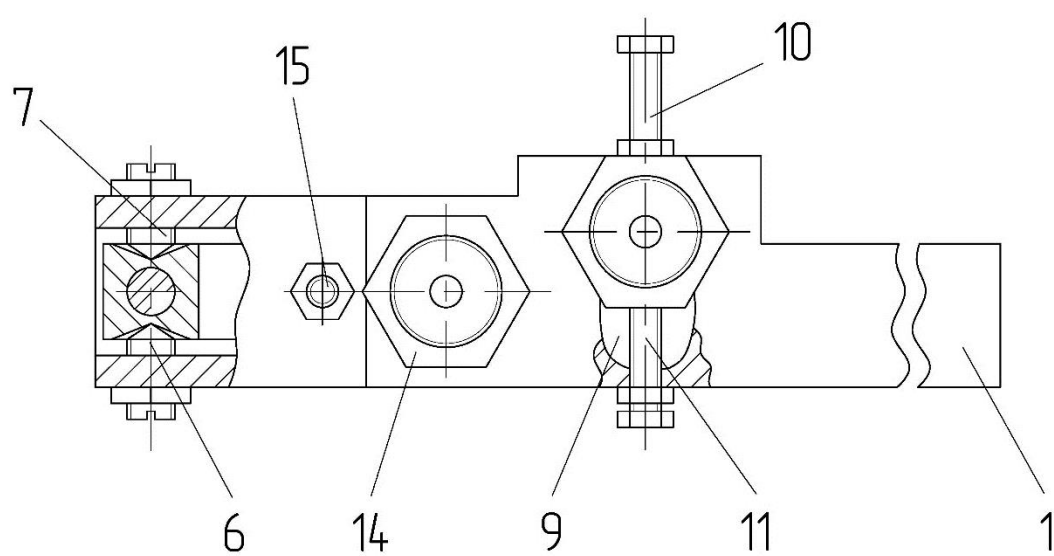
Головка для допускового контроля размеров



Фиг. 1

Головка для допускового контроля размеров

Вид А



Фиг. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Электронная копия

№DS-D19-131

РусАльянс Сова
sowa-ru.com
18.04.2019
Россия, Москва

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

Махиянова Аида Ильмовна

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

за **1** место

в VIII Международном интеллектуальном конкурсе студентов, аспирантов, докторантов
DISCOVERY SCIENCE: UNIVERSITY - 2019

Степень обучения: Магистратура
Направление конкурса: Технические науки

Номинация: Исследовательский проект
Форма: Магистерская диссертация

Название конкурсного проекта: Исследование возможности применения автогенераторных датчиков контроля перемещений для измерения размеров режущего инструмента и деталей в паузах между технологическими переходами.

Научный руководитель: Либерман Яков Львович

Директор по научным проектам

Григорьев А.Н.



