

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Разработка устройства для автоматического проведения измерения длины  
навитой части пружин кручения

выполнена Баланом Тимуром Александровичем

фамилия, имя, отчество студента в творительном падеже

по направлению подготовки/  
специальности

27.04.01

код

Стандартизация и метрология

наименование направления подготовки/ специальности

наименование направления подготовки/ специальности

направленности

Метрологическое обеспечение технологических процессов

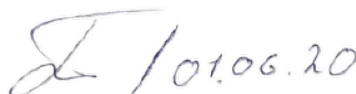
наименование направленности

и производств

наименование направленности

Студент группы №

M861M



подпись, дата

Т.А. Балан

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

РЕЦЕНЗИЯ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

на тему Разработка устройства для автоматического проведения измерения длины  
навитой части пружин кручения

выполненную студентом группы № M861M

Баланом Тимуром Александровичем

фамилия, имя, отчество студента

по направлению подготовки / 27.04.01 Стандартизация и метрология  
специальности (код) (наименование направления подготовки/специальности)

(наименование направления подготовки/специальности)

**Актуальность темы исследования:**

Тема ВКР связана с решением вопросов разработки устройства автоматического измерения длины навитой части пружин кручения, что является весьма актуальным для получения достоверных сведений при контроле пружинных изделий на производстве, контролем размерных значений готового изделия.

**Краткая характеристика структуры работы и отдельных ее разделов:**

В работе рассмотрены основные положения и характеристики пружин, в частности пружин кручения, выявлены возможные недостатки при производстве и причины их возникновения. Разобраны существующие методики выполнения измерений, выявлены их недостатки. Показана целесообразность разработки новой методики измерения и устройства для автоматического проведения измерений длины навитой части пружин кручения.

**Достоинства работы:**

Работа выполнена на современном научно-техническом уровне, с использованием последних достижений науки и техники. В работе представлены данные полученные при использовании нескольких методик измерений, наглядно представлены результаты. Разработано специальное приспособление, благодаря которому можно производить автоматические измерения в среде Solid Works и AutoCAD, представлены 3D модели.

**Недостатки работы (по содержанию и по оформлению):**

В качестве замечания можно указать недостаточную проработку результатов зарубежных исследований и наработок по этой теме.

**Общий вывод о выпускной квалификационной работе, ее соответствии предъявляемым к данному виду работ требованиям:**

Выпускная квалификационная работа Балана Т. А. соответствует всем предъявляемым к данному виду работ требованиям.

**Мнение рецензента об оценке работы:**

Работа Балана Тимура Александровича заслуживает оценки «отлично», а дипломант присвоения квалификации «магистр» по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология».

Рецензент:

проф., д.э.н, проф.

должность, уч. степень, звание



04.06.2020

подпись, дата

Ю. А. Антохина

инициалы, фамилия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт–Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения»

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

на тему Разработка устройства для автоматического проведения измерения длины  
навитой части пружин кручения

выполненную студентом группы № М861М

Балан Тимуром Александровичем

фамилия, имя, отчество студента

по направлению подготовки / 27.04.01 Стандартизация и метрология  
специальности (код) (наименование направления подготовки/специальности)

(наименование направления подготовки/специальности)

Актуальность темы работы:

выбранная тема является актуальной, так как решение вопросов разработки устройства для автоматического измерения длины навитой части пружин кручения является жизненно важным для обеспечения надежности амортизаторов, в состав которых входят пружины. Также актуальным является вопрос получения достоверных сведений при контроле пружинных изделий на производстве, контроль размерных значений готового изделия.

Цель и задачи работы:

разработка устройства для автоматического проведения измерения длины навитой части пружин кручения, обзор существующих методик измерения длин навитой части пружин кручение.

Общая оценка выполнения поставленной перед студентом задачи, основные достоинства и недостатки работы:

магистрант выполнил поставленную перед ним задачу в индивидуальном задании, из достоинств работы можно выделить - работа основана на актуальных данных по анализу недостатков широкого ассортимента пружин, расчета их надежности, определения их недостатков. Для обнаружения последних было разработано устройство для автоматического проведения измерений.

Из недостатков работы нужно подчеркнуть, что в работе присутствуют незначительные недочеты по оформлению, недостаточно проработан вопрос сравнения данного прибора с зарубежными аналогами.



Степень самостоятельности и способности к исследовательской работе студента (умение и навыки поиска, обобщения, анализа материала и формулирования выводов):  
при выполнении выпускной квалификационной работы Балан Т.А. проявил инициативу и самостоятельность проведения исследований. Показал себя как опытный специалист, способный самостоятельно решать различные сложные задачи в области изучения проблем машиностроительной отрасли, разработки трехмерных моделей, конструирования новых приборов, способным проводить анализ материала и формулирования выводов.

Проверка текста выпускной квалификационной работы с использованием системы Антиплагиат, проводившаяся «17» мая 2020 г. показывает оригинальность содержания на уровне 70,28%.

Степень грамотности изложения и оформления материала:

материал изложен грамотно, в выпускной квалификационной работе присутствуют ссылки на действующие стандарты, есть незначительные ошибки в области пунктуации.

Оценка деятельности студента в период подготовки выпускной квалификационной работы (добросовестность, работоспособность, ответственность, аккуратность и т.п.):

магистрант Балан Т.А. добросовестно относился к поставленным задачам, посещал консультации, самостоятельно предложил и разработал модель стенда для контроля параметров пружин на основании накопленного им опыта в процессе работы на предприятии. В целом, ответственно подошел к выполнению поставленной задачи, работа выполнена аккуратно, в соответствии с ГОСТ.

Общий вывод:


По мнению руководителя выпускной квалификационной работы студент Балан Тимур Александрович заслуживает присвоения квалификации «магистр» по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология».

В работе не содержится информация с ограниченным доступом и отсутствуют сведения, представляющие коммерческую ценность.

Руководитель

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, звание

 30.05.2020  
\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Епифанцев К.В.

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

## ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства, и способах достижения требуемой точности

Метрологическое обеспечение – это комплекс действий, таких как утверждение и применение метрологических норм, методик выполнения измерений, обеспечивающих определение характеристик изделия с требуемой точностью;

Поверка средств измерений – это набор действий, выполняемых с целью выяснить, соответствуют ли метрологические характеристики средства измерений регламентированным значениям;

Погрешность измерения – это отклонения результата измерений от истинного значения измеряемой величины;

Абсолютная погрешность – это разность между измеренным и истинным значением, выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина;

Действительный размер – это размер, определенный в результате измерения с допустимой погрешностью;

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины;

Методика (метод) измерений - совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности;

МО – метрологическое обеспечение;

СИ – средства измерений;

МВИ – методика выполнения измерений;

ПКМД – плоскопараллельные концевые меры длины;

ЕСДП – единая система допусков и посадок;

ЕСТД – единая система технологической документации;

ЕСКД – единая система конструкторской документации

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ.....	8
1.1. Пружины основные понятия.....	8
1.2. Винтовые пружины .....	14
1.3. Пружины сжатия .....	14
1.3. Винтовые пружины кручения.....	15
1.4. Распространённые дефекты пружинных изделий .....	17
2. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ (ДЛИНЫ) НАВИТОЙ ЧАСТИ ПРУЖИН СЖАТИЯ И КРУЧЕНИЯ.....	21
2.1. Методика измерения высоты навитой части пружины сжатия .....	22
2.2. Методика измерения высоты навитой части пружины кручения.....	23
2.3. Методика контроля высоты навитой части пружины кручения.....	24
2.4. Методика контроля высоты навитой части пружины кручения.....	26
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ НАВИТОЙ ЧАСТИ ПРУЖИНЫ КРУЧЕНИЯ.....	28
3.1. Измерение высоты навитой части пружины в горизонтальном положении с помощью универсальных СИ.....	28
3.2. Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении с помощью специального контрольного приспособления .....	29
3.3. Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении с помощью поверочной призмы.....	32
3.4. Выводы .....	34
4. ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИАНГУЛЯЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА РФ605 .....	37
5. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ.....	58
6. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА.....	63
7. РАЗРАБОТАННАЯ МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ .....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	83



## ВВЕДЕНИЕ

По мере развития человечество прошло путь от простейших инструментов и механизмов, которые многократно увеличили возможности человечества, позволили возводить чудеса света, приспосабливаться к окружающей среде, изменять окружение, чтобы повысить уровень жизни, до сложнейших машин, расширяющих границы возможностей человека. Человечество заглядывает в суть вещей с помощью сложных оптических систем, покоряет все новые высоты, отправляя части нашей цивилизации в глубины космоса. Приручает природную энергию, преобразуя ее на благо всех людей. Человек к двадцать первому веку сумел создать воистину сложные машины и механизмы. И прогресс не стоит на месте, развитие человечества не прекращает темпы, а наоборот увеличивает их. Чтобы обеспечить работу машин и механизмов в жестких природных и эксплуатационных условиях, к узлам машин и механизмов предъявляют повышенные требования.

В современных условиях, чтобы производить качественную конкурентоспособную продукцию, необходима высокая квалификация работников производства, в этом помогает знание общих положений ЕСКД.

Точность - понятие комплексное, которое характеризует не только геометрические параметры изделий и их элементов, но и единообразие различных свойств: упругих, динамических, электрических и т.д. Одним из основных показателей, определяющих точность машины, является точность относительных движений рабочих органов, т.е. максимальное приближение действительного характера движения исполнительных поверхностей к теоретическому закону движения, выбранному исходя из служебного назначения изделия. Этот показатель определяется во многом точностью деталей машины.

В настоящей магистерской диссертации рассматривались общие положения о пружинах кручения, нормирование их метрологических

характеристик, методы (методики) выполнения измерений. Для того, чтобы повысить качество выпускаемых пружин кручения, что в свою очередь повысит качество сборки.

#### Постановка задачи

- описать особенности пружин, в частности пружин кручения;
- выявить возможные дефекты пружин, возникающих при изготовлении пружин;
- провести сравнительный анализ методик (методов) измерения высоты (длины) навитой части пружин кручения, выявить их недостатки;
- описать средство измерений, которое сможет нивелировать недостатки существующих методик (методов) измерений высоты (длины) навитой части пружин кручения
- описать методику поверки выбранного средства измерений
- разработать специальное приспособление для выбранного СИ, изготовить чертеж этого приспособления
- описать новую разработанную методику (метод) измерения высоты (длины) навитой части пружин кручения.

## 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

### 1.1. Пружины основные понятия

Деформации деталей механизмов нежелательны, так как изменение размеров ведет к появлению дополнительных зазоров, натягов, погрешностей взаиморасположения в соединениях; уменьшает точность передачи; увеличивает потери на преодоление сил трения. Но существует большая группа деталей, основным рабочим свойством которых является значительная упругая деформация, полезно используемая для различных целей, их называют упругими элементами (УЭ).

Упругие элементы делятся на стержневые и оболочковые. К стержневым УЭ относятся винтовые пружины растяжения (рис. 1, а) и сжатия (рис. 1, б), проволока которых при деформации пружины скручивается; винтовые пружины кручения (рис. 1, г) и плоские пружины (рис. 1, в, д), материал которых испытывает деформацию изгиба. Материал оболочковых упругих элементов испытывает сложную деформацию, к таким элементам относят: гофрированные трубки–сильфоны (рис. 1, е); плоские и гофрированные мембраны (рис. 1, ж); мембранные коробки (рис. 1, з); трубчатые пружины (рис. 1, и).

По назначению упругие элементы делятся на силовые, измерительные и элементы упругих связей. Силовые УЭ применяются для силового замыкания кинематических пар – прижима звеньев в фрикционных, кулачковых и храповых передачах, муфтах; для накопления механической энергии, необходимой для возврата в исходное положение или приведения в движение (пружинные двигатели) подвижных звеньев механизмов. Измерительные УЭ используются в манометрах, динамометрах, термометрах и электроизмерительных приборах как чувствительные элементы устройств для измерения давлений, сил и моментов сил, температур и других параметров. Часто функцию измерительного элемента совмещают с

функцией токопровода. Тонкие винтовые и спиральные пружины применяют как токоведущие упругие элементы.

### Условные обозначения пружин на сборочных чертежах

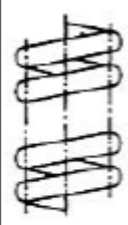
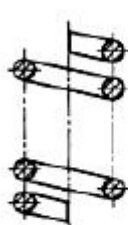

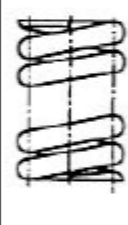
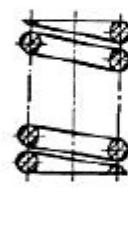



Наименование пружины	Условное изображение		
	на виде	в разрезе	с толщиной сечения на чертеже 2 мм и менее
1. Пружина сжатия из проволоки круглого сечения с неподжатыми и нешлифованными крайними витками			
2. Пружина сжатия с поджатыми по $\frac{3}{4}$ витка с каждого конца и шлифованными на $\frac{3}{4}$ окружности опорными поверхностями			
3. Пружина сжатия с поджатыми по одному витку с каждого конца и шлифованными на $\frac{3}{4}$ окружности опорными поверхностями			

Рисунок 1 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах



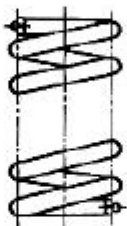





<p>4. Пружина сжатия с прямоугольным сечением витка с поджатыми по <math>\frac{3}{4}</math> витка с каждого конца и шлифованными на <math>\frac{3}{4}</math> окружности опорными поверхностями</p>			
<p>5. Пружина сжатия трехжильная с поджатыми по <math>\frac{3}{4}</math> витка с каждого конца</p>			
<p>6. Пружина сжатия коническая из проволоки круглого сечения с поджатыми по <math>\frac{3}{4}</math> витка с каждого конца и шлифованными на <math>\frac{3}{4}</math> окружности опорными поверхностями</p>			

Рисунок 2 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах

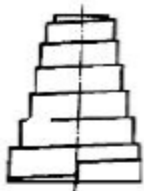






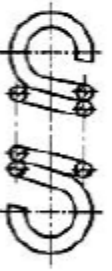




<p>7. Пружина сжатия коническая (телескопическая) из заготовки прямоугольного сечения с шлифованными на <math>\frac{3}{4}</math> окружности опорными поверхностями</p>			
<p>8. Пружина растяжения из проволоки круглого сечения зацепами, открытыми с одной стороны и расположенными в одной плоскости</p>			
<p>9. Пружина растяжения из проволоки круглого сечения зацепами, открытыми противоположных сторон и расположенными в одной плоскости</p>			
<p>10. Пружина растяжения из проволоки круглого сечения зацепами, расположенными под углом <math>90^\circ</math></p>			

Рисунок 3 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах







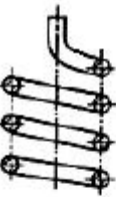







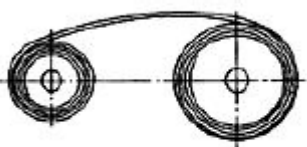

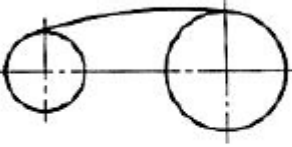
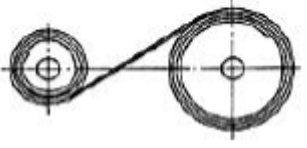
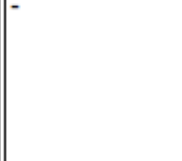
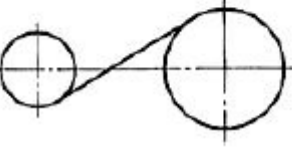
<p>11. Пружина кручения из проволоки круглого сечения прямыми концами, расположенными под углом 90°</p>			
<p>12. Пружина кручения прямыми концами, расположенными вдоль оси пружины</p>			
<p>13. Пружина спиральная плоская отогнутыми зацепами</p>			
<p>13а. Пружина ленточная</p>			
			
			

Рисунок 4 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах

14. Пружина тарельчатая с наклонными кромками			
15. Пружина тарельчатая с прямыми кромками			
16. Пакет с последовательной схемой сборки тарельчатых пружин			
17. Пакет с параллельной схемой сборки тарельчатых пружин			
18. Пружина изгиба пластинчатая			
18а. Торсион цилиндрический		-	
18б. Торсион наборный		-	
19. Пружина изгиба пластинчатая многослойная (рессора), стянутая хомутом		-	

Рисунок 5 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах



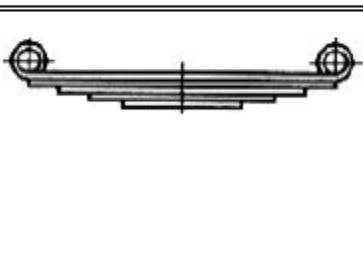
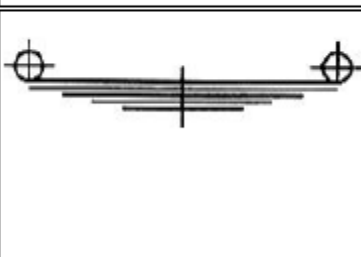
19а. Пружина изгиба пластинчатая многослойная (рессора)		-	
19б. Пружина изгиба пластинчатая многослойная (рессора) с проушинами		-	

Рисунок 6 Условные обозначения пружин на сборочных чертежах

## 1.2. Винтовые пружины

Наиболее широко из упругих элементов в приборо- и машиностроении используются винтовые пружины. Она просты и компактны по конструкции, надежны в работе. Их изготавливают путем холодной и горячей навивки проволоки с круглым, квадратным или прямоугольным поперечным сечением на специальные оправки.

По форме оправки винтовые пружины делятся на цилиндрические, конические и параболоидные, по виду нагружения – на пружины растяжения (рис. 3), сжатия (рис. 1) и кручения (рис.4).

Основными размерами винтовых пружин являются: диаметр проволоки  $d$  ; наружный диаметр  $D$  ; средний диаметр витка пружины  $D_{cp}$  ; шаг витков  $t$  ; число витков  $i$  ; длина пружины в свободном (ненагруженном) состоянии  $H$  (для пружин сжатия и растяжения); индекс пружины  $c = D_{cp}/d$ .

## 1.3. Пружины сжатия

**Пружины сжатия** (см. рис. 1) изготавливают с зазором между витками. Крайние витки пружины всегда поджимают к соседним виткам и шлифуют по плоскости, перпендикулярной продольной оси. Это обеспечивает легкую установку пружины на опорной плоскости и центральное, т.е. строго по оси пружины, направление сжимающей нагрузки.

Чтобы предотвратить возможную потерю устойчивости (выпучивание) пружины при соотношениях размеров  $H/D > 3$ , ее рекомендуют устанавливать в направляющем стакане или на стержне. Цилиндрические винтовые пружины сжатия получили наибольшее распространение, так как их форма сочетается с формой валиков, стаканов и других тел вращения. Винтовые конические пружины (см. рис. 3, в) обладают более высокой устойчивостью, в сжатом состоянии имеют минимальную высоту, но ввиду сложности изготовления применяются редко. Коническая пружина может сжиматься до размера, равного толщине проволоки, так как при сжатии виток входит в виток с небольшим зазором.

Пружины сжатия мало чувствительны к перегрузкам. Витки пружины при перегрузке полностью сжимаются, и пружина принимает вид жесткого цилиндра. Конические пружины сжатия применяют, если необходима нелинейная упругая характеристика.

Если при проектировании механизмов задача может быть решена путем применения пружины растяжения или пружины сжатия, то предпочтение отдают последней. При этом получают следующие преимущества: более простую конструкцию, чем у пружины растяжения; не требуются ограничители больших деформаций; поломка одного витка не ведет к мгновенному отказу механизма.

Винтовые пружины растяжения – сжатия имеют обычно линейную характеристику. При расчетных нагрузках материалы таких пружин работают в пределах упругих деформаций. Для устойчивости против вибрации и толчков винтовым пружинам в процессе сборки сообщается начальное нагружение  $F_0$ , т.е. пружину устанавливают в несколько растянутом или сжатом на величину  $f_0$  состоянии.

### 1.3. Винтовые пружины кручения

**Винтовые пружины кручения** (рис.4) по внешнему виду отличаются от пружин растяжения–сжатия лишь конструкцией концевых витков. Один

конец пружины(рис. 5) соединяется с неподвижной деталью, а другой – с подвижной и нагружается при этом усилием  $F$  на плече  $a$ . Концевые витки пружин отгибаются так, чтобы к ним можно было приложить моменты, действующие в плоскости витка. При закручивании пружины ее диаметр уменьшается, поэтому пружину устанавливают на цилиндрическую оправку диаметром  $d_0$  с зазором, обеспечивающим свободный поворот витков. Пружины применяются для создания противодействующего момента  $T$  при закручивании свободного конца пружины на угол  $j$ . Их используют в виде силовых элементов, например, для поджатия магнитных и оптических головок записи и считывания информации.

Основной принцип работы пружин кручения состоит из преобразования деформации кручения в деформацию сжатия и растяжения и в обратном порядке. Для изготовления пружин кручения используется специальная проволока с диаметром сечения 0,3 — 4 см. Пружинная проволока для пружин кручения должна обязательно иметь повышенную упругость. Связанно это с тем, что пружины кручения в процессе своей эксплуатации подвергаются постоянной деформации. Это условие и определяет то, что металл обязательно проходит термическую обработку. Только благодаря термообработке материал приобретает необходимую упругость. Для изготовления данного типа пружин используется проволока из таких марок стали, как 55С2, 60С2А, 65Г и Ст70.

Пружины кручения могут быть не винтовыми и винтовыми. Винтовые так же можно разделить на два типа — цилиндрические и конические. При этом, количество витков не является величиной стандартной, количество витков зависит только от предназначения. Не винтовые пружины делятся уже на три вида — тарельчатые, пластичные и спиральные. Вне зависимости от своего вида, пружины кручения могут быть изготовлены по чертежам заказчика и по типовым проектам.

Изготовление пружин кручения на заказ осуществляется по чертежу заказчика. В чертеже обязательно указываются следующие данные:

- наружный диаметр пружины;
- внутренний диаметр;
- диаметр материала (пружинной проволоки) с указанием марки металла;
- необходимая твердость материала после термообработки;
- направление навивки;
- графики деформации от получаемой нагрузки либо график, в котором отображена нагрузка, которую будет получать готовое изделие;
- форма и геометрические параметры торцов и концов готовой пружины;
- расположение концов к друг другу и оси;
- требования к покрытию пружины (наличие покрытия является обязательным условием).

В качестве покрытия пружин кручения применяют лак, грунт, эмаль и гальваническое покрытие.

#### **1.4. Распространённые дефекты пружинных изделий**

Дефекты возникают из-за нарушения или отступления от технологического процесса изготовления продукции, при использовании недоброкачественных материалов, не аттестованной оснастки или инструмента. Продукция может иметь следующие недостатки:

- Несоответствие диаметра навитой пружины требуемого по чертежу. Этот дефект возникает в результате нарушения технологического процесса, неправильного выбора диаметра оправки, неправильной работы приспособления, направляющего заготовку на оправку, и недостаточного натяга.



- Различный диаметр витков. Причинами возникновения дефекта являются неравномерный нагрев заготовки по всей длине и отсутствие постоянного натяга заготовки во время навивки. Чтобы ликвидировать этот дефект, необходимо обеспечить равномерный нагрев заготовки по всей длине и отрегулировать приспособление на соответствующий натяг.

- Риски и царапины на поверхности пружин. Появление этих дефектов зависит от зажимного приспособления, которое осуществляет натяг заготовки на оправку. Для устранения дефектов необходимо проверить состояние отверстия зажимного устройства и при обнаружении дефектов устранить их. Риски и царапины возможны также при неправильном направлении заготовки в зажимное отверстие. Подача заготовки в зажимное отверстие должна быть равномерной и параллельной оси отверстия зажимного приспособления. При невыполнении этих требований создаются условия для неравномерного хода заготовки через зажимное устройство, заготовка испытывает неравномерный натяг, что приводит к рискам, царапинам, подрезам и надрывам.

- Неправильное расположение оттянутых концов пружин в торцевой плоскости. Этот дефект можно устранить в процессе навивки пружины: при подходе оттянутого конца заготовки к направляющему приспособлению ввертывают конец так, чтобы при навивке нерабочего витка пружины оттянутый конец не был вывернут. При небольших искривлениях оттянутые концы торцов пружины правят специальными крючками.

- Поперечные трещины на витках пружины, обнаруживаемые после термической обработки или после механических испытаний. Дефект появляется вследствие нарушения заданного режима нагрева заготовок перед навивкой. Пружины с такими дефектами являются браком.

- Дефекты пружин при холодной навивке. Несоответствие диаметра навивкой пружины требуемому по чертежу. Этот дефект устраняют подбором оправок требуемого диаметра и обеспечением постоянного натяга проволоки на оправку при станочной и ручной навивке. При навивке на автоматах необходимо устранить регулировкой неполадки в навивочном механизме, проверить подгонку оправок и натяг проволоки.

- Несоответствие свободной высоты пружин требуемой по чертежу. Этот дефект в пружинах растяжения связан с величиной натяга проволоки. Образовавшиеся зазоры между витками пружин растяжения свидетельствуют о недостаточном натяге проволоки во время навивки. Необходимо тщательно отрегулировать и наладить механизм навивки для обеспечения плотного прилегания витков один к другому. В пружинах сжатия этот дефект возникает при не правильной настройке шагового приспособления, автоматах — при неправильной наладке и регулировке шагового механизма. Дефект исчезает при устранении перечисленных недостатков.

- Риски и царапины на поверхности пружин. Эти дефекты возникают от неисправности и несоответствия размеров канавок для проволок в подающих роликах и у направляющих пластин, от смещения пазов и от грубой обработки навивочных штифтов. Для устранения дефектов необходимо отремонтировать детали механизмов и тщательно наладить эти механизмы.

- Овальность пружин. Дефект возникает в результате смещения канавок для проволоки в подающих роликах механизма подачи автомата. При устранении смещения канавок дефект исчезает.

Перечисленные дефекты возникают только при неисправности оборудования, его неправильной наладке, а также низкой квалификации рабочего и в результате нарушения технологического процесса.

Дефекты и брак пружин могут возникать и по другим причинам: из-за низкого качества проволоки, несоблюдения технологии и режимов термической обработки и т. д. При этом часть пружин бракуют по результатам механических испытаний.

## **2. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ (ДЛИНЫ) НАВИТОЙ ЧАСТИ ПРУЖИН СЖАТИЯ И КРУЧЕНИЯ.**

Методика выполнения измерений (МВИ) представляет собой чёткий алгоритм, пооперационно и с максимальной детализацией регламентирующий процесс определения заданных параметров конкретного объекта с необходимой точностью. [1]

Методика необходима в случаях, когда искомые параметры определяются по сложной технологии, косвенным методом, нередко с применением комплексных программно-аппаратных средств. Согласно Федеральному закону 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», методики, применяемые в сфере государственного регулирования, подвергаются обязательной аттестации, в порядке, определяемом Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. С другой стороны, действие закона не распространяется на те случаи, когда требуемые данные выявляются прямыми измерениями с помощью утвержденных и поверенных в установленном порядке технических средств. Здесь вполне достаточно общих знаний и сведений из инструкции на конкретное СИ – к примеру, электроизмерительный прибор, весы или штангенциркуль.

Методики выполнения измерений, помимо общих сведений об оформлении отчетной документации, нормативной базе, области применения, определений и обозначений в тексте содержат обязательные разделы, конкретизирующие требования к точности получаемых данных, перечню и характеристикам используемых СИ, численности, составу и квалификации персонала, а также оговаривающие требования безопасности проведения работ, меры по охране окружающей среды и чисто технологические аспекты, как то: методы, условия, подготовительные мероприятия, собственно процесс и обработку полученных данных, включая контроль их достоверности. В состав МВИ включаются также и необходимая справочная информация в форме приложений.

Высота пружин в свободном состоянии измеряется в горизонтальном или вертикальном положениях с помощью универсальных средств измерения. Вертикальное положение допустимо для пружин, высота которых не изменяется под собственным весом. При непараллельности опорных плоскостей пружины, за величину высоты пружины принимается наибольшее измерение. [10]

### **2.1. Методика измерения высоты навитой части пружины сжатия**

При измерении высоты пружины в свободном состоянии в горизонтальном положении необходимо установить пружину в призму поверочную (разметочную), либо на поверочную (разметочную) плиту, соответствующую требованиям ГОСТа 10905-86 [2]. За базу принимается наружный диаметр пружины. Далее производятся измерения штангенциркулем. При измерении в вертикальном положении, при условии, что высота пружины сжатия не изменяется под собственным весом, проводят аналогично, но призму и саму пружину устанавливают вертикально и проводят измерения штангенрейсмасом.



Рисунок 7 Измерение высоты (длины) навитой части пружины сжатия в горизонтальном положении

## **2.2. Методика измерения высоты навитой части пружины кручения**

При измерении высоты пружины в свободном состоянии в горизонтальном положении необходимо установить пружину в призму поверочную (разметочную). За базу принимается наружный диаметр пружины. Далее производятся измерения штангенциркулем. При непараллельности опорных плоскостей пружины за величину высоты пружины принимается наибольшее измерение. [10]





Рисунок 8 Измерение высоты навитой части пружины кручения в горизонтальном положении

### **2.3. Методика контроля высоты навитой части пружины кручения.**

За базовые элементы при контроле навитой части пружины кручения принимаются:

- Точка в зоне перехода от витка к зацепу торца пружины 1.
- Образующая 2 на внутреннем диаметре, проведенная из точки 1.

Контроль проводится путем помещения пружины на стержень при боковом поджатии к стержню по образующей 2. Пружину опускать до контакта точки 1 с основанием, с последующим замером штангенрейсмасом верхней точки 3 второго торца (точка в зоне перехода от витка к верхнему «зацепу»)

Для контроля допускается использовать элементы оснастки для замера углов (основание и стержень) с установкой шайбы между торцом пружины и опорной поверхностью (для исключения влияния «зацепов» пружин на результат измерения).

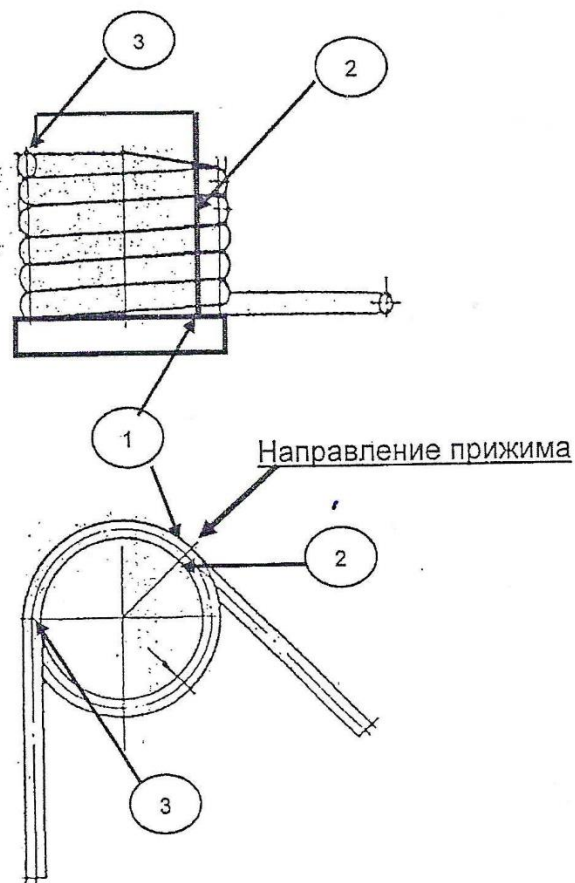


Рисунок 9. Базовые элементы пружины кручения

Для измерения длины (высоты) пружины кручения за базу принимается внутренний диаметр пружины.

Для уменьшения погрешности измерения, которая возникает из-за разности диаметра технологического валика специального контрольного приспособления (рис.8) и диаметра пружины, прижать пружину к внутреннему диаметру технологического валика специального контрольного приспособления. со стороны зацепов (возможно применять приспособление для контроля угла). Диаметр технологического валика должен быть меньше внутреннего диаметра пружины не более 0,5 – 1,0 мм.

Прижатую к технологическому валу специального контрольного приспособления пружину опустить до соприкосновения с основанием приспособления. Для исключения воздействия зацепов на измерения, применять шлифованную шайбу измеренной высоты и наружным диаметром, равным наружному диаметру пружины. Шайбу установить между основанием приспособления и пружиной. Произвести измерение длины (высоты) пружины штангенрейсмасом.

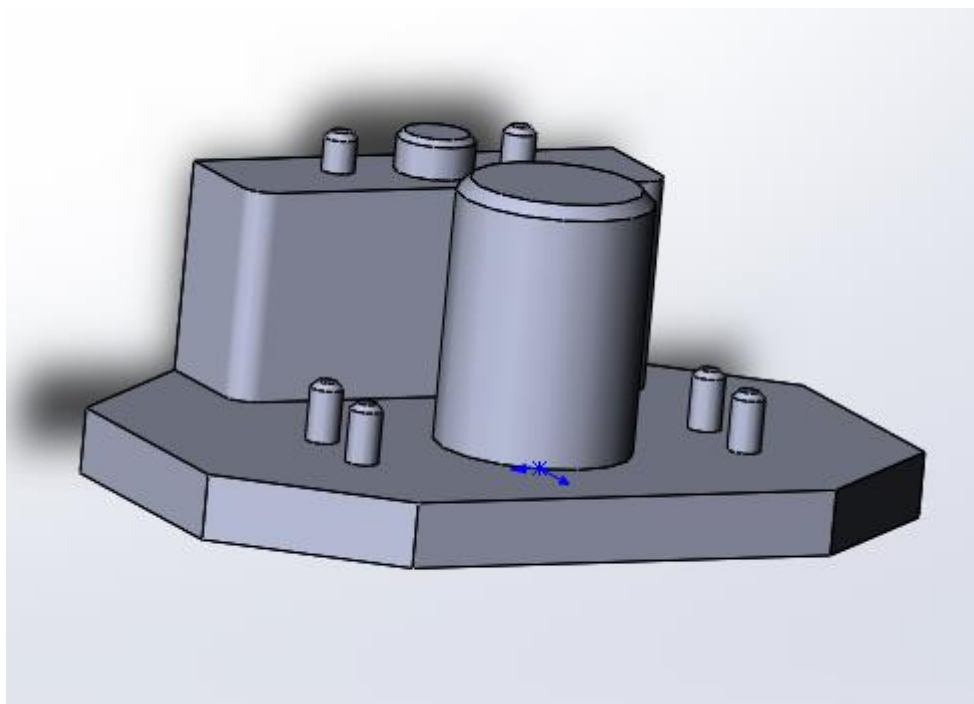


Рисунок 10. Эскиз специального контрольного приспособления

#### **2.4. Методика контроля высоты навитой части пружины кручения.**

Для измерения длины (высоты) пружины кручения за базу принимается наружный диаметр пружины.

Для уменьшения влияния перепада высот между основанием пружины и «зацепа», прижать пружину к рабочей поверхности поверочной призмы

Прижатую к поверочной призме пружину опустить до соприкосновения с поверхностью плиты, либо шлифованной шайбы. Для исключения воздействия «зацепов» на измерения, можно применять шлифованную шайбу измеренной высоты и наружным диаметром, равным наружному диаметру пружины. Шайбу установить между поверхностью и

пружиной. Произвести измерение длины (высоты) пружины штангенрейсмасом.

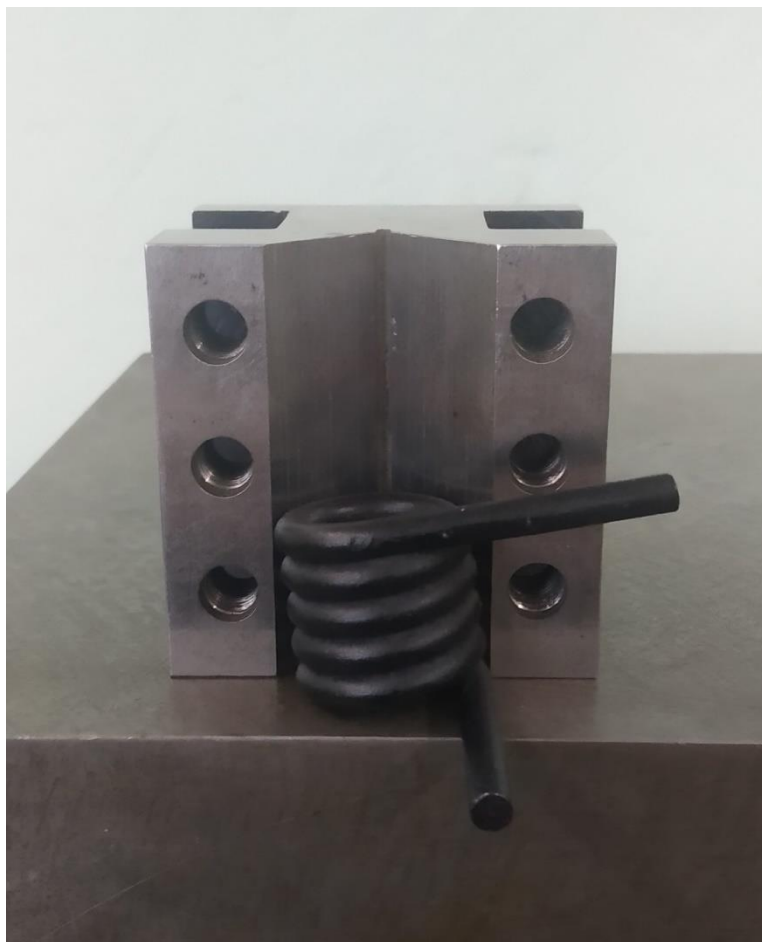


Рисунок 11. Измерение высоты навитой части пружины кручения в вертикальном положении.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ НАВИТОЙ ЧАСТИ ПРУЖИНЫ КРУЧЕНИЯ

В качестве исследуемого объекта была выбрана пружина кручения с высотой(длиной) навитой части, указанной в чертеже  $31\pm 1$  мм. Измерения проводились по трем методикам измерения высоты (длины) навитой части: в горизонтальном положении с помощью поверочной призмы, в вертикальном положении с помощью поверочной призмы, в вертикальном положении с помощью специального контрольного приспособления.

#### 3.1. Измерение высоты навитой части пружины в горизонтальном положении с помощью универсальных СИ

Используемые средства измерения:

Плита поверочная 1000x630 мм рег. № 2783-71 [2]

Призма I-2-3 ТУ 2-034-439-88 призма с одной призматической выемкой и накладкой, размером 60x60x50 мм, 3-го класса точности. [13]

Штангенциркуль ШЦЦ-I-200-0,01 рег. № 62052-15

Контролируемый параметр: высота навитой части пружины  $31\pm 1$  мм

Таблица 1. Измерение высоты навитой части пружины в горизонтальном  
положении с помощью универсальных СИ

29,1	29,4	29,3	29,6	29,1
29,3	29,6	29,4	29,9	29,6
29,5	29,4	29,6	29,5	29,5
29,5	29,1	29,5	29,7	29,5
29,7	29,5	29,4	29,2	29,5
29,2	29,3	29,9	29,5	29,4
29,5	29,5	29,5	29,5	29,2
29,1	29,9	29,1	29,5	29,5
29,6	29,5	29,5	29,3	29,1
29,5	29,4	29,4	29,5	29,5

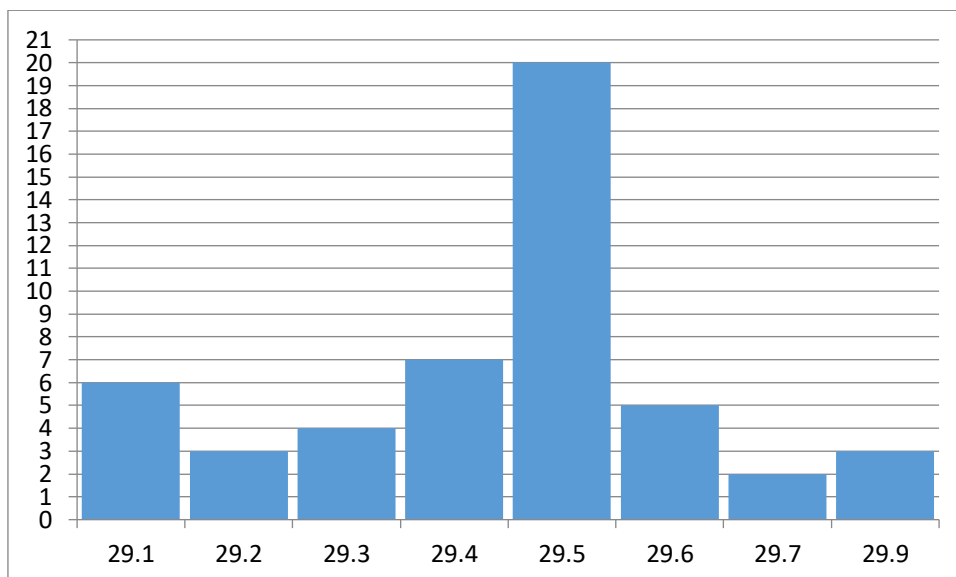


Рисунок 12. Полученные значения

Таблица 2. Описательная статистика

Среднее	29,446
Медиана	29,5
Мода	29,5
Минимум	29,1
Максимум	29,9

### 3.2. Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении с помощью специального контрольного приспособления

Используемые средства измерения:

Плита поверочная 1000х630 мм рег. № 2783-71 [2]

Штангенрейсмас, ШР 30-300-0,05 рег. № 198-92

Специальное контрольное приспособления для контроля углов между зацепами данной пружины

Контролируемый параметр: высота навитой части пружины  $31 \pm 1$  мм



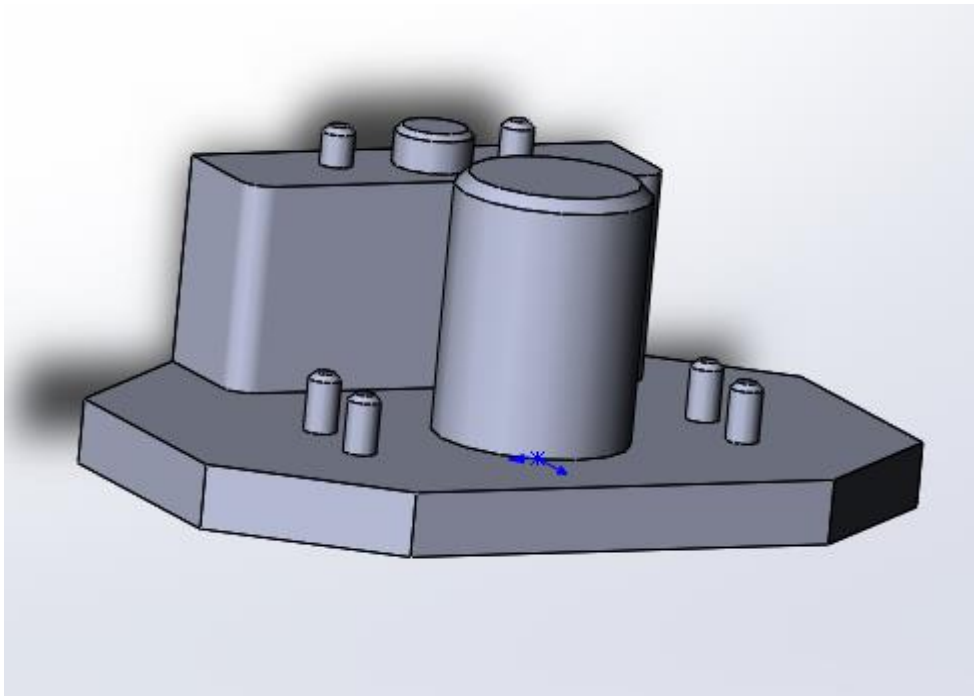


Рисунок 13. Эскиз специального контрольного приспособления

Таблица 3 Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении

29,6	29,6	29,7	29,7	29,8
29,6	29,7	29,8	29,7	29,6
29,7	29,7	29,8	29,8	29,6
29,7	29,8	29,9	29,6	29,6
29,8	29,8	29,7	29,6	29,7
29,7	29,9	29,8	29,7	29,7
29,8	29,7	29,8	29,7	29,7
29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
29,9	29,8	29,8	29,9	29,7
29,8	29,9	29,9	29,8	29,6

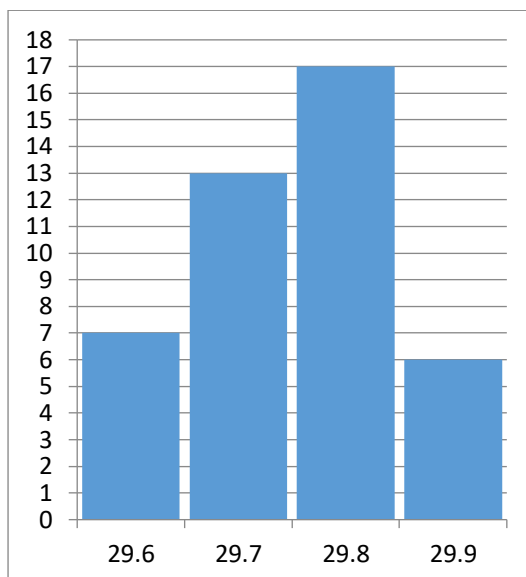


Рисунок 14 Полученные значения

Таблица 4. Описательная статистика

Среднее	29,744
Медиана	29,75
Мода	29,8
Минимум	29,6
Максимум	29,9

### 3.3. Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении с помощью поверочной призмы

Используемые средства измерения:

Плита поверочная 1000x630 мм рег. № 2783-71 [2]

Призма I-2-3 ТУ 2-034-439-88 призма с одной призматической выемкой и накладкой, размером 60x60x50 мм, 3-го класса точности. [13]

Штангенрейсмас, ШР 30-300-0,05 рег. № 198-92

Контролируемый параметр: высота навитой части пружины  $31 \pm 1$  мм

Таблица 5. Измерение высоты навитой части пружины в вертикальном положении с помощью поверочной призмы

29,9	29,8	30,0	29,7	29,9
29,9	29,7	30,1	29,7	29,7
29,8	29,7	29,8	29,9	29,8
29,7	29,7	29,7	29,9	30,0
30,0	29,7	29,8	29,8	30,1
30,1	29,8	29,6	29,7	29,9
29,9	29,9	29,7	29,8	29,6
29,8	29,7	29,7	29,6	29,7
29,7	29,8	29,7	29,8	29,8
29,8	29,8	29,8	29,7	29,8

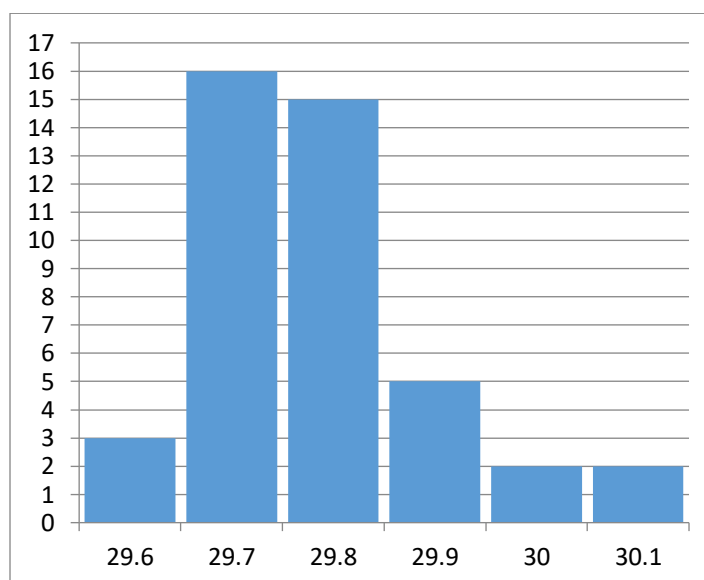


Рисунок 15. Полученные значения

Таблица 6. Описательная статистика

Среднее	29,8
Медиана	29,8
Мода	29,7
Минимум	29,6
Максимум	30,1

Таким образом, из полученных выше данных можно сделать выводы о каждом методе измерений. При измерении в горизонтальном положении универсальными СИ получается наибольший разброс. Случается из-за того, что точки 3 (рисунок 7) зачастую находятся в разных плоскостях, либо не хватает площади измерительных губок штангенциркуля, так же измерения ограничивают поверхности поверочной призмы.

При измерении в вертикальном положении с помощью поверочной призмы разброс показаний уменьшается, но увеличивается человеческий фактор, так как в методике не указано чем прижать пружину к призме, где следует прижать и с каким усилием. Так же в чертежах за базу принимается внутренний диаметр пружины, а при измерениях – наружный диаметр.

При измерении с помощью специального контрольного приспособления увеличивается разброс показаний из-за разности между

внутренним диаметром пружины и диаметром вала контрольного приспособления. Имеется та же проблема: человеческий фактор. Различные усилия могут дать разные результаты.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод о том, что если пружина выполнена на пределе допуска, то возникнут ошибки первого и второго рода.

#### 3.4. Выводы

Для исключения влияния человеческого фактора при измерениях высоты навитой части пружин кручения следует привести пружину в горизонтальное положение, установив ее на поверочную призму, изготовленную по ТУ 2-034-439-88. При измерениях за базу будет приниматься наружный диаметр пружины. В горизонтальном положении исключается качение пружины, возникающее в вертикальном положении из-за разности высот основания и «зацепа» пружины (рис.16)

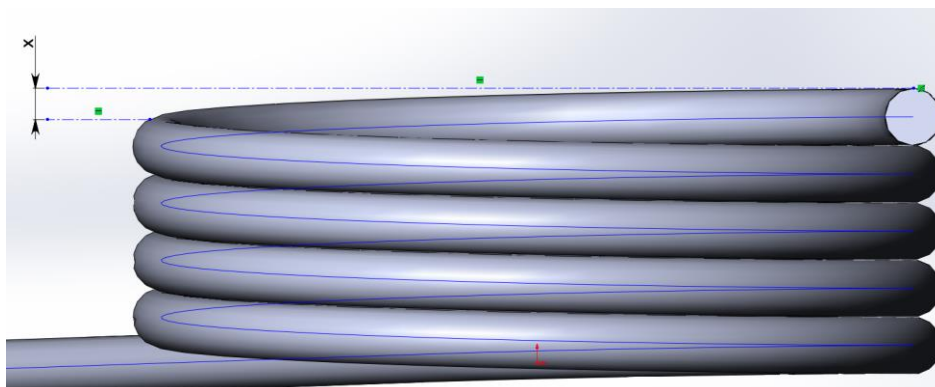
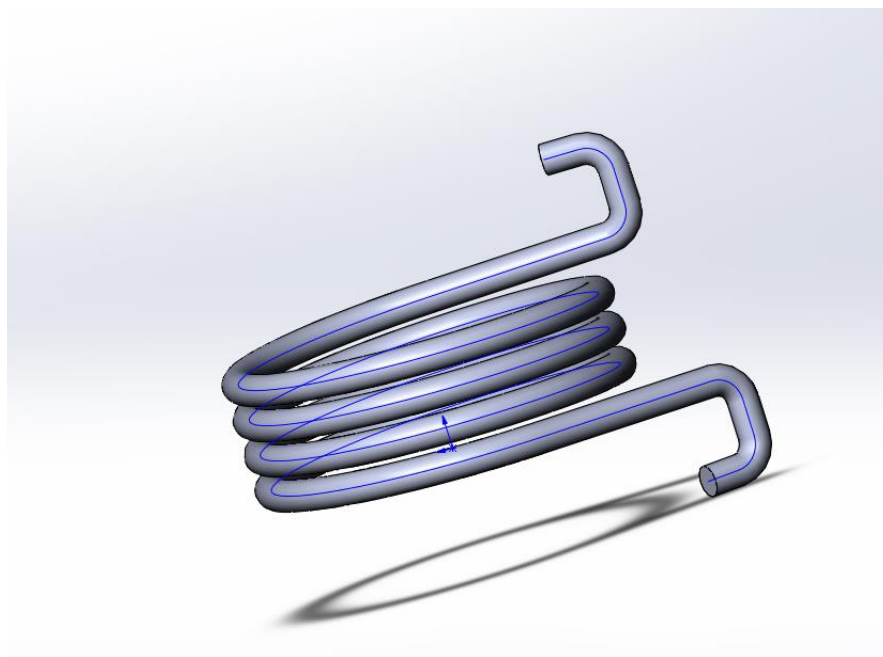


Рисунок 16 Разница высот между основанием и зацепом

Где  $X$  – значение перепада высот.

Так же горизонтальное расположение пружины на призме позволяет исключить влияние на измерение зацепов сложных геометрических форм. Так как при измерений параметра высоты пружин в вертикальном положении, зачастую проблематично исключить влияние таких зацепов при измерении.



**Рисунок 17 Пружина сжатия**

При измерении в горизонтальном положении универсальными средствами измерений, например штангенциркулем, возникает трудность с тем, что зачастую длины измерительных губок штангенциркуля не хватает, чтобы провести измерения, в большинстве своем диаметры пружин больше измерительных поверхностей штангенциркулей. И точки, расположенных на зацепах, в которых следует проводить измерения, находятся в разных плоскостях, что затрудняет измерения.

Неправильно выбранные точки при измерениях оператором, приводят к значительному разбросу показаний, указано в таблице 1.

Размеры и допуски высот навитой части и углы между зацепами пружин, используемых в производстве указаны в таблице 7.

Таблица 7. Размеры пружин кручения

Угол °	Высота навитой части (мм)	Угол °	Высота навитой части (мм)
$94^{+3}_{-2}$	$24^{+2}_{-1}$	70	23,5 max
70	34±1	95±2	22,5±1
70	34±1	95±2	22,5±1
$170^{+2}_{-1}$	12±1	45±2	20,5±1
70	23,5 max	45±2	20,5±1
$170^{+2}_{-1}$	12±1	205±2	31±1
15±2	23,5 max	160±2	15,4±1
50±6	17±1	160±2	15,4±1
64±2	14±1	142±2	21±1
64±2	14±1	142±2	21±1
100±2	17±1	162±2	$98^{+3}_{-1,5}$
100±2	17±1	162±2	$98^{+3}_{-1,5}$
72±2	90 max	120±3	40±1
45±2	31 max	31±1	95±2
55±2	17,5±1	31±1	95±2
25±2	15±1	157±2	26±1
45±2	31 max	165±2	22±1
55±2	17,5±1	157±2	26±1
25±2	15±1	165±2	22±1
204±2	234±2	50±2	22±1
190±2	14±1	165±3	11,5±1
190±2	14±1	33±2	11±1
24±2	32±1	33±2	11±1
72±3	19±1	72±2	90 max

#### **4.ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИАНГУЛЯЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА РФ605**

Чтобы минимизировать влияние человеческого фактора при измерениях в горизонтальном положении с использованием поверочной призмы, в вертикальном положении с применением поверочной призмы, в вертикальном положении с применением специального контрольного приспособления, вместо использования универсальных средств измерений (штангенциркулей, штангенрейсмассов) был выбран триангуляционный лазерный датчик. Характеристики которого и методика поверки которого описаны ниже.

##### **Триангуляционный лазерный датчик РФ605**

Триангуляционные лазерные датчики предназначены для бесконтактного измерения и контроля положения, перемещения, размеров, профиля поверхности, деформаций, вибраций, сортировки, распознавания технологических объектов, измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов.

Серия включает 4 модели датчиков с измерительным диапазоном от 50 до 500 мм и базовым расстоянием от 25 до 105 мм. Возможны также заказные конфигурации датчиков с параметрами, отличающимися от параметров, указанных ниже в таблице 7.





Рисунок 18. Лазерный датчик РФ605

Таблица 8. Основные технические характеристики

Модель РФ605-		25/50	45/100	65/250	105/500
Базовое расстояние X, мм		25	45	65	105
Диапазон, мм		50	100	250	500
Линейность, %		±0.1 от диапазона			
Разрешение, %		0.01 диапазона (только для цифрового выхода)			
Температурный дрейф		0,02% диапазона/°C			
Максимальная частота обновления данных, Гц		2000			
Источник излучения		видимый красный полупроводниковый лазер, длина волны 660 нм			
Мощность излучения, мВт		≤0,95 мВт			
Класс безопасности		2 (IEC60825-1)			
Выходной интерфейс	цифровой	RS232 (макс. 460,8 Кбит/с) или RS485 (макс. 460,8 Кбит/с)			
	аналоговый	4...20 мА (нагрузка ≤ 500 Ом) или 0...10 В			
Вход синхронизации		2,4 – 5 В (CMOS, TTL)			
Логический выход		программируемые функции, NPN: 100 мА max, 40 В max			
Напряжение питания, В		24 (9...36)			
Потребляемая мощность, Вт		1,5..2			
Устойчивость к внешним воздействиям	Класс защиты	IP67, только для датчиков с разъемом на корпусе			
	Уровень вибраций	20g/10...1000Гц, 6 часов для каждой из XYZ осей			
	Ударные нагрузки	30 g/6 мс			
	Окружающая температура, °C	-10...+60,			
	Окружающая освещенность, люкс	7000			
	Относительная влажность	35-85%			
	Температура хранения, °C	-20...+70			
Материал корпуса		алюминий			
Вес (без кабеля), грамм		60			

## Устройство и принцип работы

В основу работы датчика положен принцип оптической триангуляции, рис.13. Излучение полупроводникового лазера 1 фокусируется объективом 2 на объекте 6. Рассеянное на объекте излучение объективом 3 собирается на CMOS-линейке 4. Перемещение объекта 6 – 6' вызывает соответствующее перемещение изображения. Процессор сигналов 5 рассчитывает расстояние до объекта по положению изображения светового пятна на линейке 4.

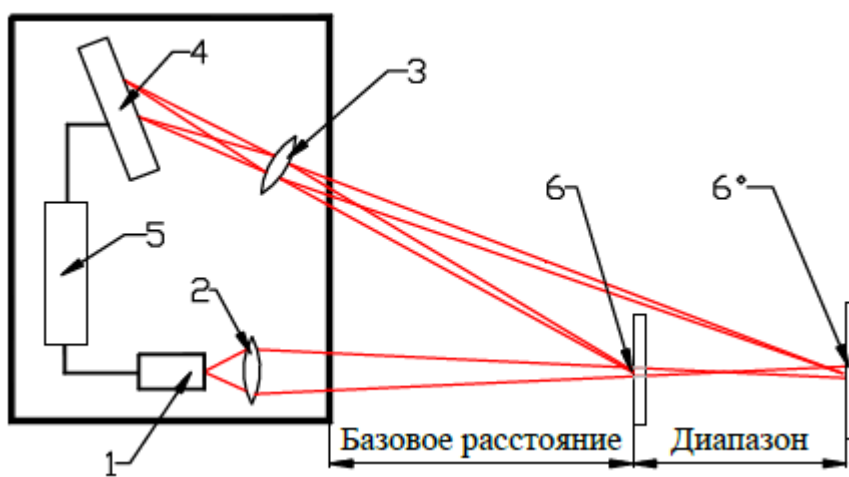


Рисунок 19. Устройство датчика

## Габаритные и установочные размеры

Габаритные и установочные размеры датчика показаны на рис. 20 и 21. Корпус датчика выполнен из анодированного алюминия. На передней панели корпуса расположено выходное окно. Для установки в оборудование корпус датчика содержит крепежные отверстия.

Датчик содержит разъем или кабельный ввод.

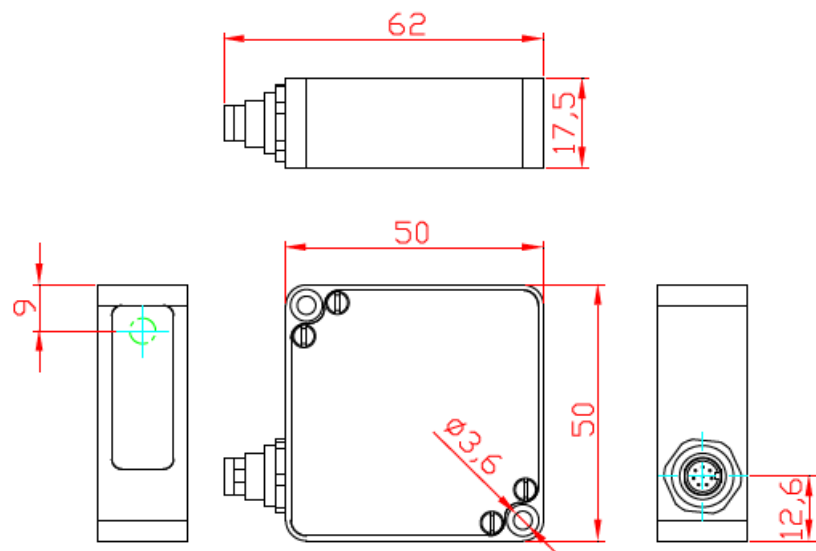


Рисунок 20. Датчик с разъемом

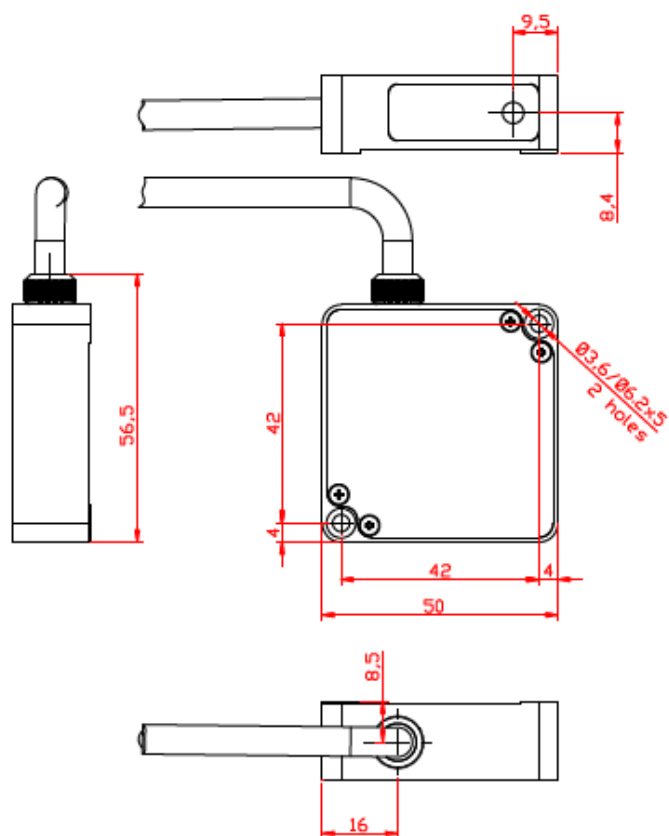


Рисунок 21. Датчик с кабельным вводом

### Общие требования к установке

Датчик устанавливается таким образом, чтобы контролируемый объект располагался в зоне рабочего диапазона датчика. Кроме того, в области

прохождения падающего на объект и отраженного от него излучения не должно находиться посторонних.

При контроле объектов сложной формы и текстуры необходимо минимизировать попадание зеркальной составляющей отраженного излучения во входное окно датчика.

### **Конфигурационные параметры**

Характер работы датчика определяют его конфигурационные параметры, изменение которых производится путем передачи команд через последовательный порт RS232 или RS485. Основные параметры:

Предельное время накопления

Интенсивность отраженного излучения, поступающего в датчик, зависит от свойств поверхности контролируемого объекта, поэтому мощность излучения лазера и время накопления излучения, падающего на CMOS-линейку, автоматически регулируются с целью получения оптимального сигнала и достижения максимальной точности измерения.

Параметр "предельное время накопления" задает величину предельно допустимого времени накопления линейки. Если интенсивность принимаемого датчиком излучения настолько мала, что за время накопления, равное предельному времени, не получен результат, датчик передает нулевое значение.

**Примечание 1.** От величины времени накопления приемной линейки зависит частота обновления результата. Максимальная частота (2 кГц) достигается для времени накопления  $\leq 106$  мкс (минимально возможное время накопления – 10 мкс). При увеличении времени накопления свыше 106 мкс частота обновления результата пропорционально уменьшается.

**Примечание 2.** Увеличение данного параметра расширяет возможности контроля слабоотражающих (диффузная составляющая) поверхностей, однако уменьшает частоту обновления результата измерения и увеличивает влияние внешней засветки (фона) на точность измерения. Предельное время накопления – 3200 мкс

**Примечание 3.** Уменьшение данного параметра позволяет повысить результирующую частоту обновления результата, но может привести к снижению точности измерения.

#### Режим выборки

Данный параметр задает один из двух вариантов выборки результата при работе датчика в режиме потока данных:

- выборка по времени;
- выборка по внешнему входу

При установке режима выборки *по времени* датчик автоматически по последовательному интерфейсу передает результат измерения в соответствии с заданным интервалом времени (периодом выборки).

При установке режима выборки *по внешнему входу* датчик передает результат при переключении входа внешней синхронизации (вход IN) с учетом установленного коэффициента деления.

#### Период выборки

Если установлен режим выборки по времени, то параметр "период выборки" определяет интервал времени, через который датчик должен автоматически *передавать* результат измерения. Значение интервала времени задается в дискретах по 0.01мс. **Например**, для значения параметра, равного 100, данные по последовательному интерфейсу передаются с периодом

$$0,01 * 100 = 1 \text{ мс.}$$

Если установлен режим выборки по внешнему входу, то параметр "период выборки" определяет коэффициент деления для входа внешней синхронизации.

**Например**, если параметр равен 100, данные по последовательному интерфейсу передаются с приходом на вход IN датчика каждого 100-го импульса синхронизации.

**Примечание 1.** Необходимо отметить, что параметры "режим выборки" и

"период выборки" управляют только передачей данных. Алгоритм работы датчика построен таким образом, что собственно измерения выполняются постоянно с максимально возможным темпом, определяемым временем накопления, результат измерения заносится в буфер и хранится в нем до поступления нового результата. Указанные параметры определяют способ выдачи результата из этого буфера.

**Примечание 2.** Если для приема результата используется последовательный интерфейс, то при задании малых интервалов периода выборки следует учитывать время, необходимое для передачи данных на выбранной скорости передачи. Если время передачи превосходит период выборки, то именно оно будет определять темп передачи данных.

**Примечание 3.** Необходимо учитывать, что датчики отличаются некоторым разбросом параметров внутреннего генератора, что влияет на точность периода *выборки по времени*.

Точка нуля

Данный параметр задает начало отсчета в абсолютной системе координат в любой точке в пределах рабочего диапазона. Начало отсчета может устанавливаться как программно, путем передачи соответствующей команды, так и аппаратно, путем подачи нулевого потенциала на вход AL (предварительно данный вход должен быть установлен в режим 3). При изготовлении датчика базовое расстояние задается с некоторой неопределенностью и при необходимости возможно более точное задание начала координат.

Режим работы линии AL

Данная линия может работать в одном из четырех режимов, определяемых значением конфигурационного параметра:

- режим индикации выхода за диапазон;
- режим взаимной синхронизации;
- режим аппаратной установки начала отсчета;
- режим аппаратного выключения/включения лазера.

В режиме "Индикация выхода за диапазон" на линии AL устанавливается логическая "1", если контролируемый объект находится в пределах рабочего диапазона датчика (в пределах заданного окна в диапазоне), и логический "0", если в пределах рабочего диапазона (в пределах заданного окна) объект отсутствует. Например, в таком режиме данную линию можно использовать для управления исполнительным механизмом (реле), срабатывающим при нахождении (отсутствии) объекта в заданном диапазоне (рис. 21.1.).

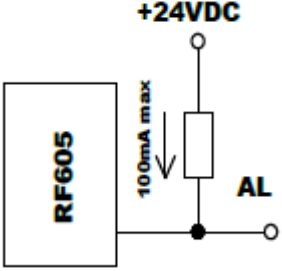
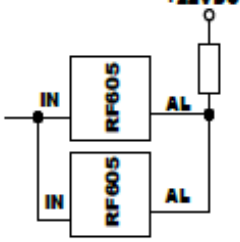
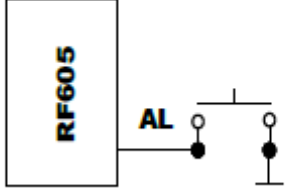
Режим "Взаимная синхронизация" позволяет синхронизировать моменты измерения двух и более датчиков. Режим удобно использовать при контроле одного объекта несколькими датчиками, например, при измерении толщины. На аппаратном уровне синхронизация датчика осуществляется путем объединения линий AL (рис. 21.2.).

Примечание. Необходимо учитывать, что в режиме "Взаимная синхронизация" частота измерения уменьшается пропорционально количеству синхронизируемых датчиков.

В режиме "Аппаратная установка начала отсчета" подача нулевого потенциала на линию AL устанавливает начало координат в текущую точку (рис.21.3.).

В режиме "Аппаратное выключение/включение лазера" подача нулевого потенциала на линию AL выключает/включает лазер (рис. 21.3.)

### Примеры использования линии AL:

Индикация выхода за диапазон	Взаимная синхронизация	Установка начала отсчета. Включение/выключение лазера
		
Рисунок 21.1	Рисунок 21.2	Рисунок 21.3

### Удержание результата

Если датчик не обнаруживает объект или если достоверный результат не может быть получен, то передается нулевое значение. Данный параметр задает время, в течение которого передается не нулевое значение, а последний достоверный результат. Дискретность задания времени удержания – 5 мс.

### Способ усреднение результата

Данный параметр определяет один из двух способов усреднения результатов измерений, выполняемых непосредственно в датчике:

- усреднение по количеству результатов;
- усреднение по времени;

При установке усреднения по количеству результатов вычисляется скользящее среднее.

При установке усреднения по времени получаемые результаты усредняются в течение заданного интервала времени

### Количество усредняемых значений/время усреднения

Данный параметр определяет количество исходных результатов, по которым берется среднее для формирования выходного значения



(усреднение по количеству результатов) или период времени усреднения (дискретность - 5 мс)

Применение усреднения позволяет уменьшить выходной шум и повысить разрешающую способность датчика.

Усреднение по количеству результатов не влияет на темп обновления данных в выходном буфере датчика.

При усреднении по времени данные в выходном буфере обновляются с темпом, равным периоду усреднения.

**Примечание.** Максимальное значение параметра -127.

### **Таблица заводских значений параметров**

Датчики поставляются с параметрами, значения которых представлены в таблице:

<b>Наименование параметра</b>	<b>Значение</b>	<b>Наименование параметра</b>	<b>Значение</b>
Предельное время накопления	3200 (3,2 мс)	Предельное время накопления	3200 (3,2 мс)
Режим выборки по времени		Режим выборки по времени	
Период выборки	500 (5 мс)	Период выборки	500 (5 мс)
Точка нуля начало диапазона		Точка нуля начало диапазона	
Режим линии AL	1	Режим линии AL	1
Время удержания результата	5 мс	Время удержания результата	5 мс
Способ усреднения результата по количеству		Способ усреднения результата по количеству	
Количество усредняемых значений	1	Количество усредняемых значений	1

Параметры хранятся в энергонезависимой памяти датчика. Корректное изменение параметров производится с помощью программы параметризации, поставляемой с датчиком, либо программой пользователя.

## **Описание интерфейсов RS232 и RS485**

### **Порт RS232**

Порт RS232 обеспечивает подключение - «точка-точка» и позволяет подключать датчик непосредственно к RS232 порту компьютера, либо контроллера.

### **Порт RS485**

Порт RS485 в соответствии с принятым сетевым протоколом и аппаратными возможностями позволяет подключить датчики к одному устройству сбора информации по схеме - «общая шина».

### **Конфигурационные параметры**

#### **Скорость передачи данных через последовательный порт**

Данный параметр определяет скорость передачи данных по последовательному интерфейсу в дискретах по 2400 бит/с.

*Например,* значение параметра, равное 4, задает скорость передачи  $2400 \cdot 4 = 9600$  бит/с.

**Примечание.** Максимальная скорость передачи по интерфейсам RS232/RS485 – 460,8 кбит/с.

#### **Сетевой адрес**

Данный параметр определяет сетевой адрес датчика, оснащенного интерфейсом RS485.

**Примечание.** Сетевой протокол передачи данных предполагает наличие в сети одного — «мастера», которым может быть компьютер или другое устройство сбора информации, и от 1 до 127 — «помощников» (датчик серии РФ605), поддерживающих этот протокол.

Каждому — «помощнику» задается уникальный для данной сети идентификационный код — адрес устройства. Адрес устройства используется при формировании запросов по сети. Каждый из помощников принимает запросы, содержащие его личный адрес, а также адрес "0", который является широковещательным и может быть использован для формирования групповых команд, например для одновременного защелкивания значений всех датчиков, а также при работе с одним датчиком (как с портом RS232, так и с портом RS485).

Таблица 9. Таблица заводских параметров

Наименование параметра	Значение
Скорость передачи данных (интерфейс RS232 или RS485)	9600
Сетевой адрес	1
Режим передачи данных	По запросу

### Аналоговые выходы

Изменение сигнала на аналоговом выходе происходит синхронно с изменением результата, передаваемого по последовательному интерфейсу.

### Токовый выход 4...20 мА

Схема подключения показана на рисунке 22. Значение нагрузочного резистора

не должно превышать 500 Ом. Для уменьшения шума перед измерительным при-

бором рекомендуется установить RC фильтр. Величина конденсатора фильтра

указана для максимальной частоты выборки датчика (2 кГц) и пропорционально

увеличивается при уменьшении частоты.

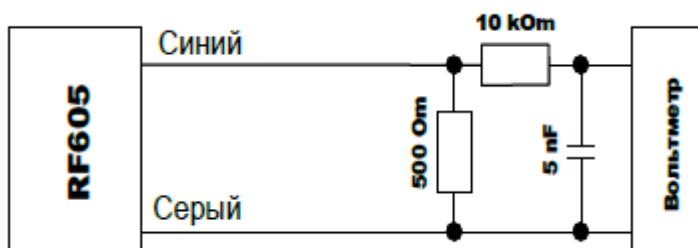


Рисунок 22. Схема подключения

### Выход по напряжению 0...10В

Схема подключения показана на рисунке 23. Для уменьшения шума перед измерительным прибором рекомендуется установить RC фильтр.

Величина конденсатора фильтра указана для максимальной частоты выборки датчика (2 кГц) и пропорционально увеличивается при уменьшении частоты.

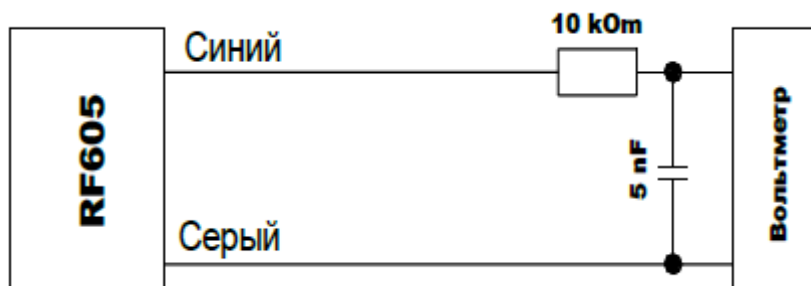


Рисунок 23. Схема подключения

## Конфигурационные параметры

### Диапазон аналогового выхода

При работе с аналоговым выходом для повышения разрешения можно воспользоваться функцией "окно в рабочем диапазоне", которая позволяет выбрать в рабочем диапазоне датчика окно требуемых размеров и положения, в пределах которого будет масштабироваться весь диапазон аналогового выходного сигнала.

**Примечание.** В случае если начало диапазона аналогового сигнала задать

большим по величине, чем конец этого диапазона, то это изменит направление

нарастания аналогового сигнала.

### Режим работы аналогового выхода

При работе с функцией "окно в рабочем диапазоне" данный параметр задает режим работы аналогового выхода.

Аналоговый выход может находиться:

- в оконном режиме или
- в полном режиме.

**"Оконный режим"**. Весь диапазон аналогового выхода масштабируется в заданном окне. Вне окна на аналоговом выходе — «0».

"Полный режим". Весь диапазон аналогового выхода масштабируется в заданном окне (рабочий диапазон). Вне заданного окна весь диапазон аналогового выхода автоматически масштабируется на весь рабочий диапазон датчика (диапазон чувствительности).

## Программа параметризации

### Программное обеспечение RF60X-SP-2.0

([www.riftek.com/resource/files/rf60x-sp-2-0.zip](http://www.riftek.com/resource/files/rf60x-sp-2-0.zip)) предназначено для:

1. тестирования и демонстрации работы датчиков серии РФ605;
2. настройки параметров датчиков;
3. приема и накопления данных с датчика

Для установки программы требуется запустить файл RF60Xsetup.exe и следовать инструкциям мастера установки. После запуска программы появляется рабочее окно:

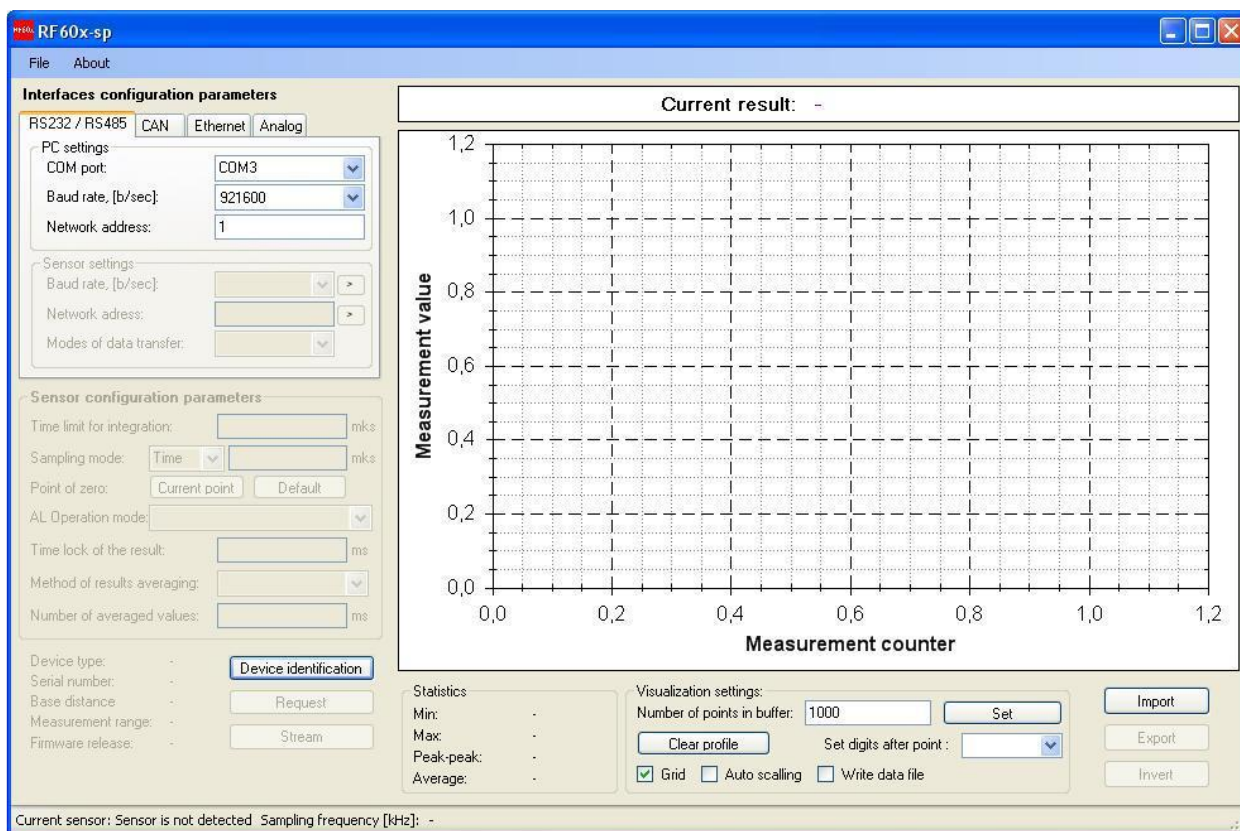


Рисунок 24. Рабочее окно программы

Для установки соединения необходимо во вкладке **RS232/RS485 PC settings** панели **Interface configuration parameters**:

- выбрать COM-порт, к которому подключен датчик (виртуальный порт, в случае подключения датчика через USB-адаптер)
- выбрать скорость передачи (Baud rate), на которой работает датчик
- выбрать, при необходимости, сетевой адрес датчика
- нажать кнопку **Device identification**.

Если установленные параметры соответствуют параметрам интерфейса датчика, программа выполнит идентификацию датчика, считает и отобразит его конфигурационные параметры:

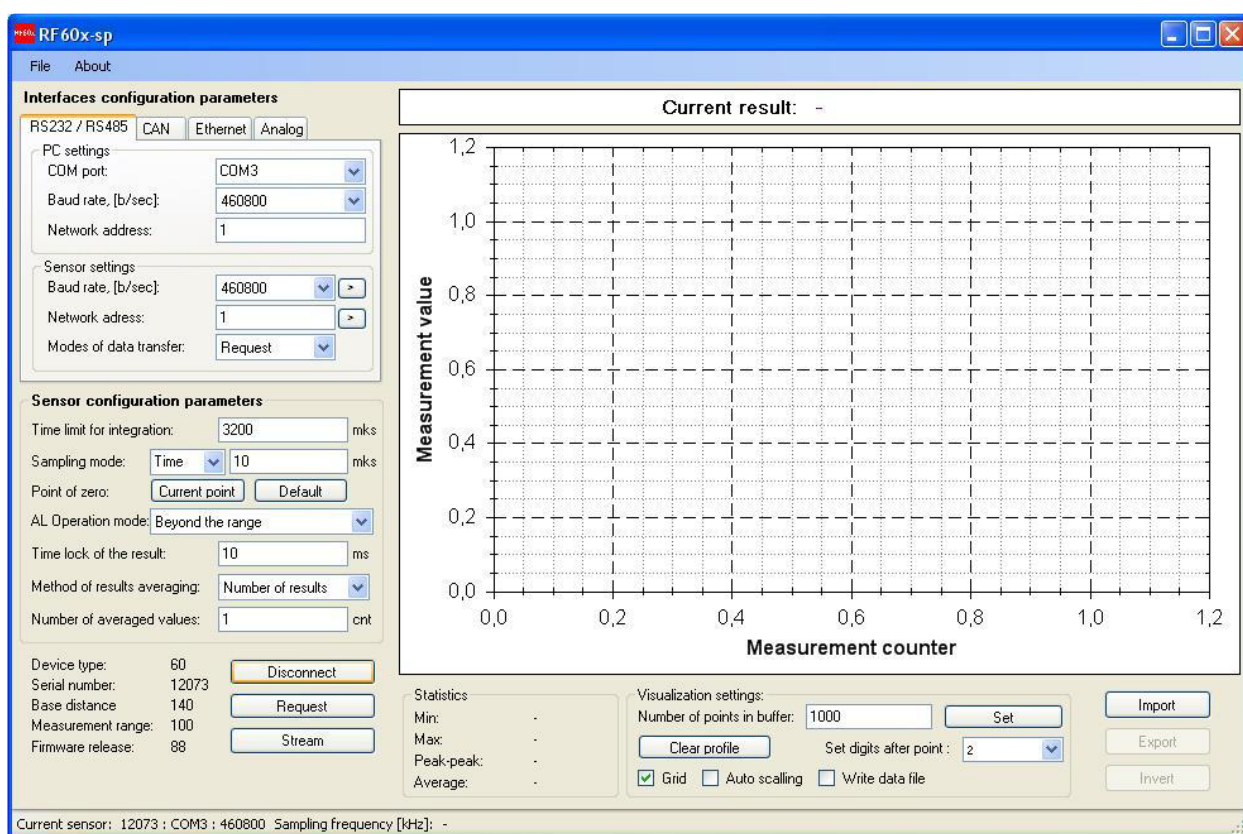


Рисунок 25. Конфигурационные параметры

- в строке Baud rate установить диапазон поиска скорости передачи

- в строке Net address установить диапазон поиска сетевого адреса
- нажать клавишу **Search**

Программа выполнит автоматический поиск датчика путем перебора возможных скоростей, сетевых адресов и СОМ-портов ПК.

### **Проверка работоспособности датчика**

После успешной идентификации проверяем работоспособность датчика.

- устанавливаем объект в области рабочего диапазона датчика
- нажатие кнопки **Request** выводит на панель индикации (**Current result**)
- результат единичного измерения. При этом реализуется тип запроса 06h
- нажатие кнопки **Stream** переводит датчик в режим передачи потока данных. При этом реализуется тип запроса 07h
- перемещая объект, наблюдаем изменение показаний.
- в статусной строке в нижней части окна отображаются текущие скорость
- передачи и скорость обновления данных

Нажатие кнопки **Stop stream** останавливает передачу данных.

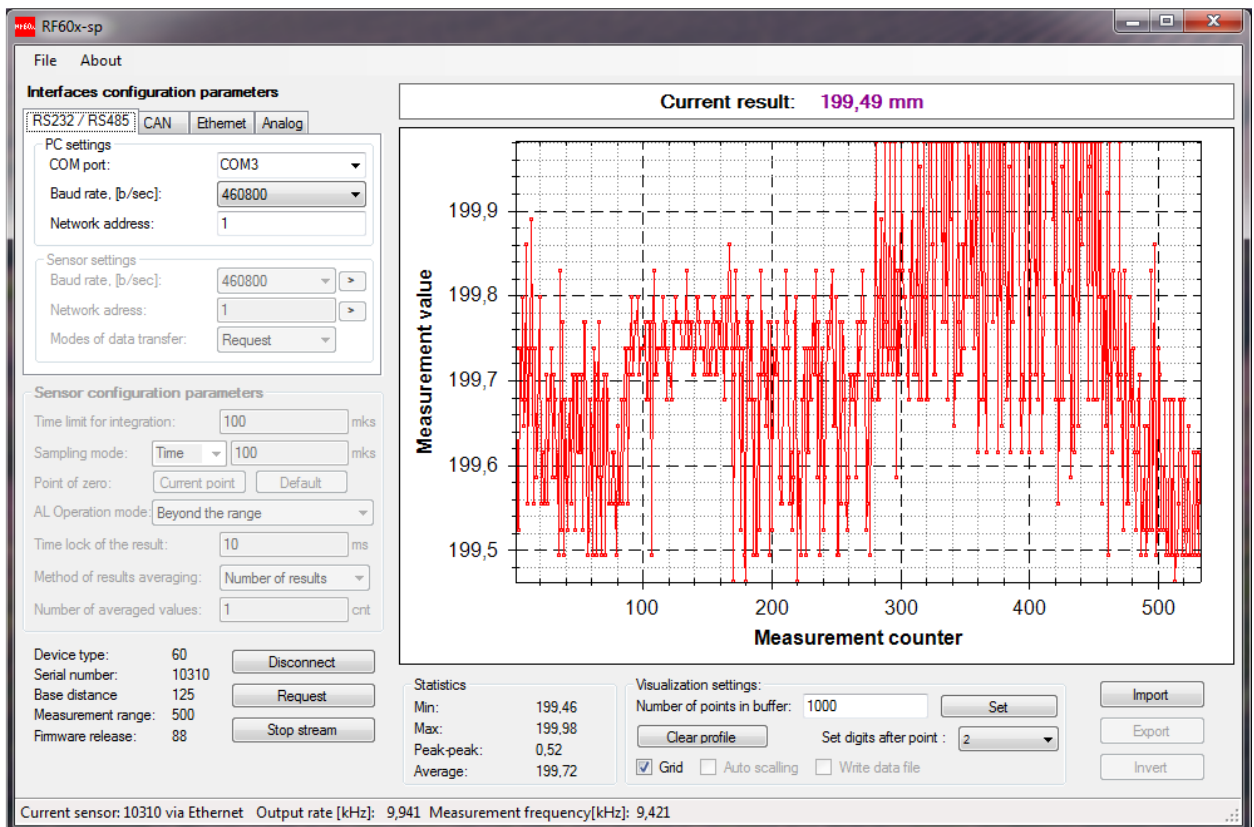


Рисунок 26. Рабочее окно программы

## Отображение, накопление и просмотр данных

Результат измерения отображаются в цифровом виде и в виде осциллограммы, и накапливается в памяти ПК.

- количество отображаемых точек по координате X можно задать в окне
- **Number of points in buffer;**
- способ масштабирования по координате Y можно задать функцией **Auto scaling;**
- включение/отключение масштабной сетки производится функцией **Grid;**
- количество отображаемых после запятой знаков в результате можно установить в окне **Set;**
- для сохранения поступаемых данных в файл отметить **Write data file;**



**Примечание:** количество точек, отображаемых на графике, зависит от быстродействия ПК и уменьшается пропорционально скорости передачи.

После остановки потока, кнопка **Stop Stream**, на графике отображаются все принятые данные

- для работы с изображением щелкнуть правой кнопкой мыши по графику, вызвав соответствующее меню:

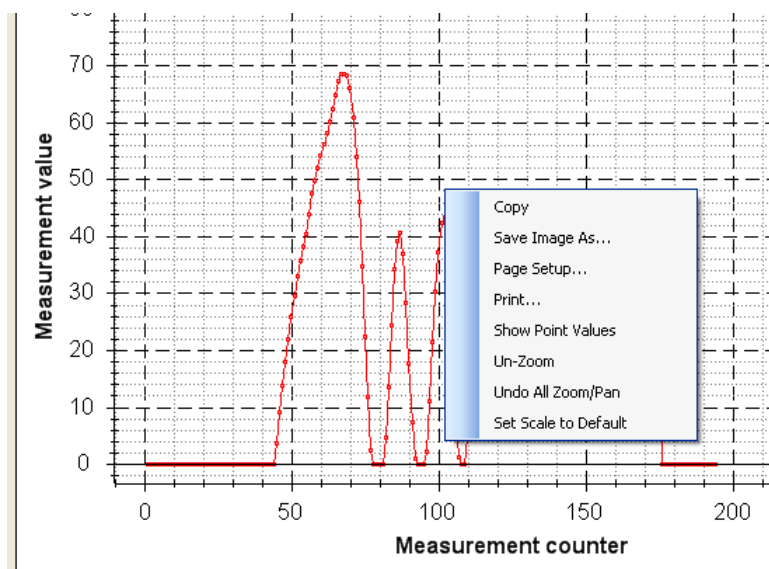


Рисунок 27. Работа с графиком

- перемещать изображение можно, нажав колесо мыши
- для зума вращайте колесо мыши
- для сохранения данных в файл нажать кнопку **Export**. Программа предложит сохранить данные в двух возможных форматах: внутреннем и Exel.
- для просмотра ранее сохраненных данных нажать кнопку **Import** и выбрать соответствующий файл.

### **Настройка и сохранение параметров датчика**

Настроить параметры интерфейса можно во вкладке RS232/RS485 панели **Interfaces configuration parameters**:

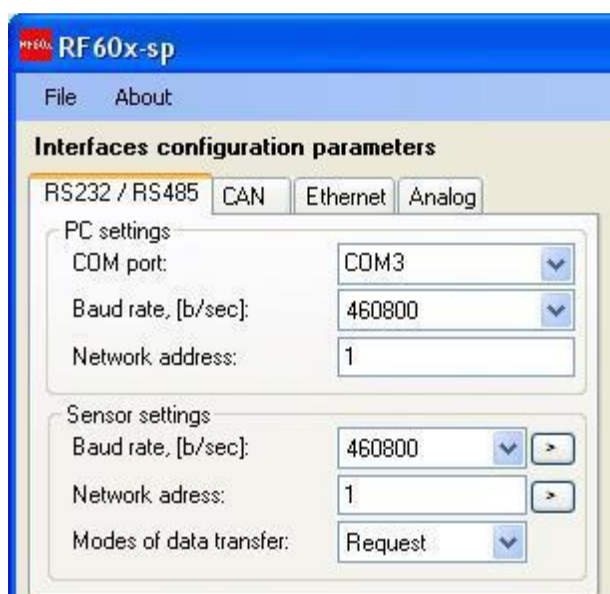


Рисунок 28. Настройка параметров интерфейса

Настроить все конфигурационные параметры датчика можно в соответствующей панели (**Sensor configuration parameters**):

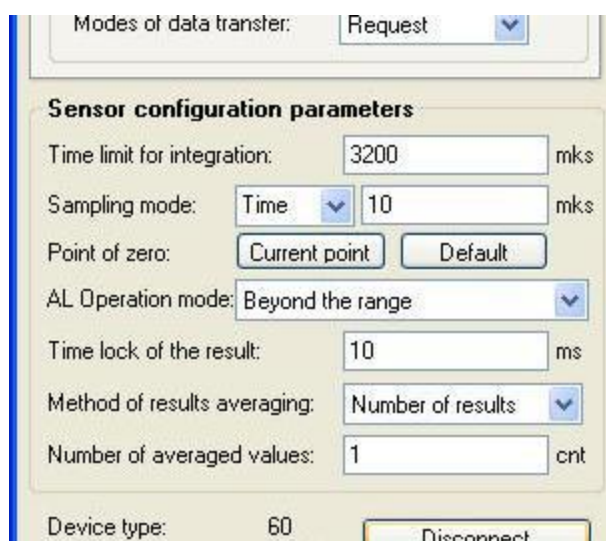


Рисунок 29. Конфигурационные параметры датчика

## Сохранение параметров

- после установки одного или нескольких требуемых параметров необходимо записать их в память датчика, для чего выполнить **File>Write parameters**.

**Примечание:** для быстрой записи параметров интерфейсов RS232/RS485 предлагается специальная клавиша

- провести тестирование работы датчика с новыми параметрами;
- для сохранения новых параметров в энергонезависимой памяти датчика
- выполнить **File>Write to flash**. Теперь при любом последующем включении датчика он будет работать с установленной Вами конфигурацией.



Рисунок 30. Сохранение параметров

Параметры датчика можно сохранить в файл, для чего выбрать **File>Write parameters set**, сохранить файл в предложенном окне.

Для вызова группы параметров из файла выбрать **File>Sensor parameters sets...**, выбрать требуемый файл. **Примечание:** данными функциями удобно пользоваться, если необходимо записать одинаковые параметры в несколько датчиков.

### Меры предосторожности

Используйте напряжение питания и интерфейсы, указанные в спецификации на датчик.

При подсоединении/отсоединении кабелей питание датчика должно быть отключено.

Не используйте датчики вблизи мощных источников света.

Для получения стабильных результатов после включения питания необходимо выдержать порядка 20 минут для равномерного прогрева датчика.

### **Электромагнитная совместимость**

Датчики разработаны для использования в промышленности и соответствуют следующим стандартам:

EN 55022:2006 Оборудование информационных технологий. Характеристики радиопомех. Пределы и методы измерений.

EN 61000-6-2:2005 Электромагнитная совместимость. Общие стандарты. Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде.

EN 61326-1:2006 Электрооборудование для измерения, управления и лабораторного использования. Требования к электромагнитной совместимости. Общие требования.

### **Лазерная безопасность**

В датчиках установлен полупроводниковый лазер с непрерывным излучением и длиной волны 660 нм. Максимальная выходная мощность 1 мВт. Датчики относятся к классу 2 лазерной безопасности. На корпусе датчиков размещена предупреждающая этикетка:

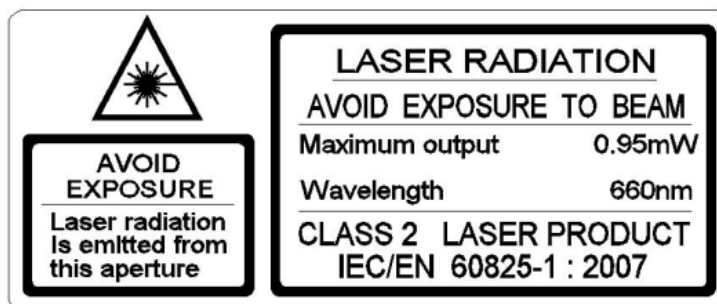


Рисунок 31. Предупреждающая этикетка

При работе с датчиком необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не направляйте лазерный луч на людей;
- не разбирайте датчик;
- не смотрите в лазерный луч.

## 5.МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 10.

Таблица 10

Наименование операции	Проведение операции при	
	Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр	Да	Да
Опробование	Да	Да
Определение метрологических характеристик:		
Определение базового расстояния до объекта измерения	Да	Да
Определение приведенной погрешности измерителя	Да	Да

При проведении поверки должны применяться средства поверки с характеристиками, указанными ниже

Для определения базового расстояния до объекта измерения: Линейка измерительная металлическая, ГОСТ 427-75 [9]. Диапазон измерения от 0 до 1000 мм,  $\Delta = \pm 0,2$  мм

Для определения приведенной погрешности измерителя: Машина измерительная оптико-механическая ИЗМ-3. Диапазон измерения от 0 до 3000 мм,  $\Delta = \pm(1,3+3L)$  мкм, где L – длина, м.

Требования безопасности

При проведении поверки необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- соблюдать правила безопасности, установленные для работы со средствами измерения и оборудованием;
- не допускать попадания прямого лазерного излучения на сетчатку глаза.

#### Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

Температура окружающего воздуха  $(20\pm 2)$  °С;

Относительная влажность  $(58\pm 20)$  %.

#### Подготовка к поверке

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

Устанавливают средства измерения, позволяющие в процессе проведения поверки изменять условия внешней среды;

Средства измерений и измеритель подготавливают к работе в соответствии с технической документацией на них;

Средства измерений и измеритель выдерживают в условиях по разделу «условия поверки» не менее 2 ч.

#### Проведение поверки

##### Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие измерителя следующим требованиям:

На наружных поверхностях не должно быть дефектов, вмятин, следов коррозии, влияющих на эксплуатационные качества измерителя;

- На измерителе должна быть следующая маркировка:
- Товарный знак изготовителя

- Порядковый номер измерителя по системе нумерации изготовителя (заводской номер)
- Обозначение типа измерителя
- Знак СЕ

На верхней панели должен быть нанесен знак лазерной безопасности по ГОСТ 12.4.026-2015. [8]

Комплектность измерителя должна соответствовать требованиям руководства по эксплуатации на него.

Опробование

Опробование измерителя проводят путем многократного измерения расстояния до объекта

Прибор должен работать без сбоев и измерять расстояние.

Программное обеспечение должно позволять выполнять все штатные функции. Идентификационные данные программного обеспечения и номер версии должны соответствовать указанным в эксплуатационных документах .

Определение метрологических характеристик

**Определение базового расстояния до объекта измерения**

Базовое расстояние до объекта измерения определяют линейкой измерительной металлической.

Линейкой измерительной металлической измеряют базовое расстояние до объекта измерения, равное расстоянию между отражающим экраном и корпусом измерителя.

Базовое расстояние до объекта измерения должно соответствовать маркировке измерителя.

## **Определение приведенной погрешности измерителя**

Приведенную погрешность измерителя определяют на машине измерительно опτικο-механической ИЗМ-3 в десяти точках расположенных равномерно по диапазону измерения.

Измеритель крепят винтами к приспособлению и закрепляют на люнете ИЗМ. На измерительную каретку крепят отражающий экран и выставляют отсчет по шкале ИЗМ, равный нулю. Включают измеритель. Регулировочными винтами приспособления ИЗМ выставляют измеритель так, чтобы отражающий экран находился в диапазоне измерения.

Перемещая измерительную каретку ИЗМ на расстояние, равное 10% диапазона измерения, снимают отсчёты по шкале ИЗМ и измерителю.

Приведенную погрешность определяют в десяти точках, расположенных равномерно по диапазону измерения.

Приведенную погрешность  $\gamma$ , %, измерителя рассчитывают по формуле

$$\gamma = \frac{X_I - X_D}{D} * 100 \quad (1)$$

Где  $X_I$  – измеренное значение перемещения, мм;

$X_D$  – эталонное значение перемещения, отсчитанное по шкале ИЗМ, мм;

$D$  – верхний предел измерения перемещений, мм

Приведенная погрешность в зависимости от модификации измерителя не должна превышать значений, указанных в приложении А

## **Оформление результатов поверки**

Результаты поверки записывают в протокол поверки по форме приложения Б.

Положительные результаты поверки оформляют свидетельством оформленным в соответствии с приказом от 2 июля 2015 года N 1815 Об



утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

При отрицательных результатах поверки выдают извещение о непригодности с указанием причин непригодности. После устранения причин непригодности измеритель подвергают повторной поверке.

## 6. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА

Основным недостатком имеющихся методик измерения является человеческий фактор. При разработке методики измерений упор делался именно на исключение влияния оператора на измерения, по этой причине был выбран триангуляционный лазерный датчик. В описании сказано, что триангуляционные лазерные датчики предназначены для бесконтактного измерения и контроля положения, перемещения, размеров, профиля поверхности, деформаций, вибраций, сортировки, распознавания технологических объектов, измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Отсюда следует, что такой тип датчиков подходит для решения поставленной задачи. Но сам по себе датчик трудно установить и настроить для проведения измерения. Для решения этой проблемы было разработано специальное контрольное приспособление (рис.32). Сборочный чертеж указан в приложении В

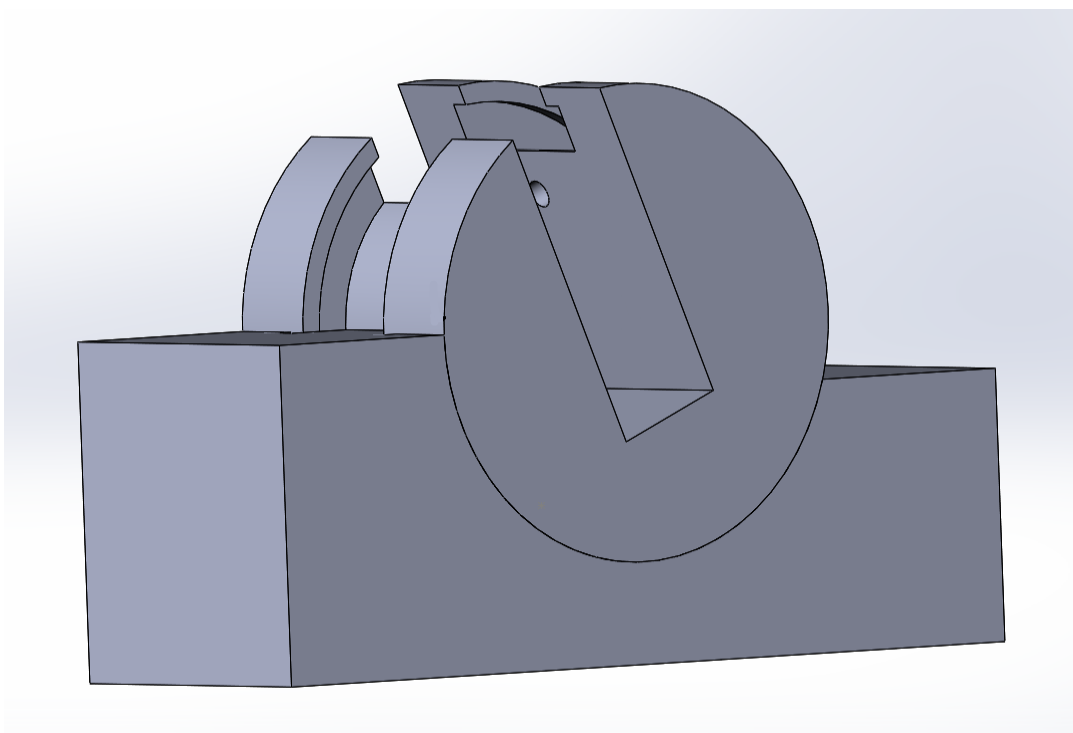


Рисунок 32. 3D модель специального контрольного приспособления для лазерного датчика

Данное приспособление предназначено для поворота и фиксации датчика на требуемый для измерения угол. Состоит из трех частей:

1) Подвижная часть с пазом для установки лазерного датчика, позволяющая повернуть датчик на требуемый угол. Имеет два резьбовых отверстия М5 под винты установочные с плоским концом и шестигранным углублением по ГОСТ 11074-93, М5-6g12 \*20. 14Н ГОСТ 11074-93 [3]. Которые служат для фиксации лазерного датчика в пазу для ограничения и ограничивают угол поворота, а так же не позволяют выскочить подвижной части. Изготавливается из инструментальной легированной стали по ГОСТ 5950-2000 (рис 33) [10]. Чертеж в приложении Г.

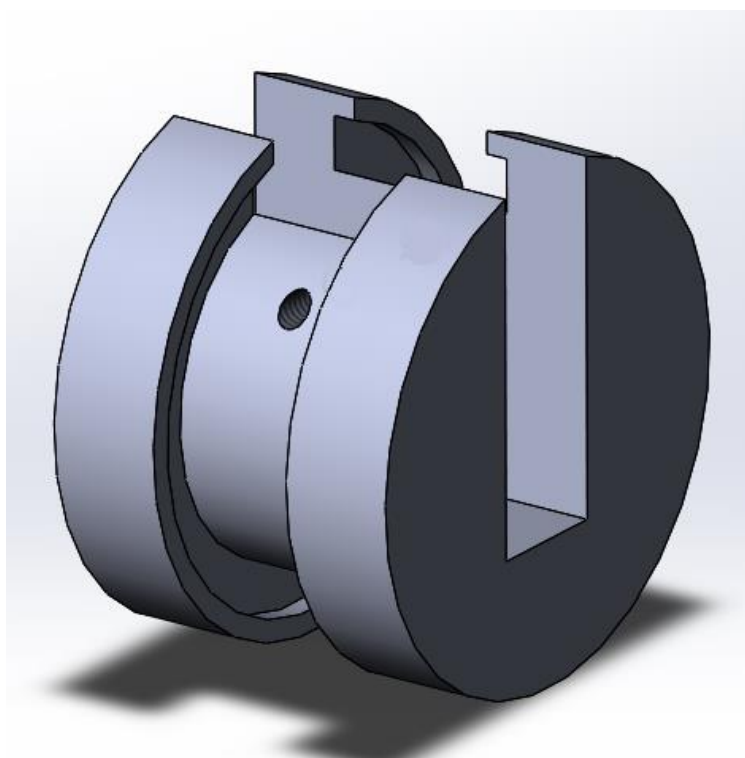


Рисунок 33. Часть 1

2) Основная часть. Является основанием, которая устанавливается на поверочную плиту, и с которой сопрягается подвижная часть. Имеет резьбовое отверстие М5 под винт с цилиндрической головкой и

шестигранным углублением под ключ. Винт М5-6gx20.68 ГОСТ 11738-84 [4]. Который служит для фиксирования подвижной части в том положении, которое удовлетворяет условиям измерения. Изготавливается из инструментальной легированной стали по ГОСТ 5950-2000 (рис 34) [10]. Чертеж в приложении Д.

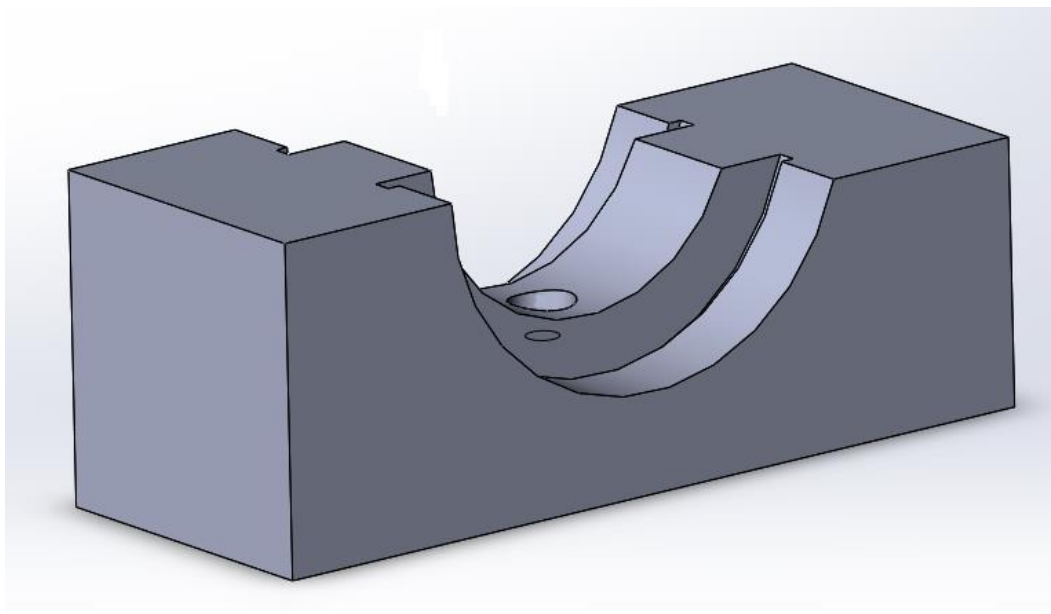


Рисунок 34. Часть 2

Чтобы обеспечить плавное и свободное вращение подвижной части относительно основания, необходимо обеспечить их сопряжение с зазором, следовательно, из ГОСТа 25346-2013 выбираем одну из рекомендованных посадок с зазором. Получаем  $\text{Ø}70 \text{ H7/g6}$ . [7]

Расчеты:

$$\begin{aligned}
 1) \quad ES &= EI + IT7 = 0 + 0,030 = 0,030 \text{ мм}; \\
 ei &= es - IT6 = -0,010 - (-0,029) = -0,019 \text{ мм}; \\
 2) \quad D_{\max} &= D + ES = 70 + 0,030 = 70,030 \text{ мм}; \\
 D_{\min} &= D + EI = 70 + 0 = 70 \text{ мм}; \\
 d_{\max} &= d + es = 70 + (-0,010) = 69,990 \text{ мм}; \\
 d_{\min} &= d + ei = 70 + (-0,029) = 69,971 \text{ мм}; \\
 TD &= ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм}; \\
 Td &= es - ei = -0,010 - (-0,029) = 0,019 \text{ мм};
 \end{aligned}$$

3) Посадка в системе отверстия.

$$4) S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 70,030 - 69,971 = 0,059 \text{ мм};$$

$$5) S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 70,000 - 69,990 = 0,01 \text{ мм}.$$

Итого:  $\text{Ø}70 \text{ H}7^{(+0,030)} / \text{g}6^{(-0,010}_{-0,029)}$

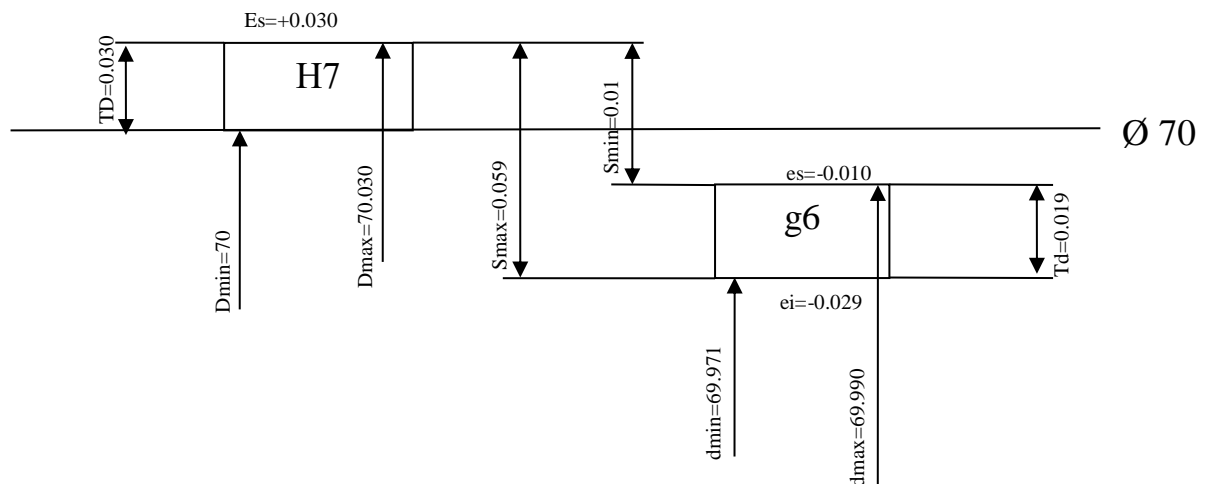


Рисунок 21. схема расположения полей допусков

3) Часть 3 является связующей между основной частью и подвижной частью. Имеет резьбовое отверстие М5 под винт с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ. Винт М5-6gx20.68 ГОСТ 11738-84 [4]. Благодаря которому обеспечивается натяг и фиксация положения подвижной части относительно основной (рис 21). Чертеж в приложении Е.

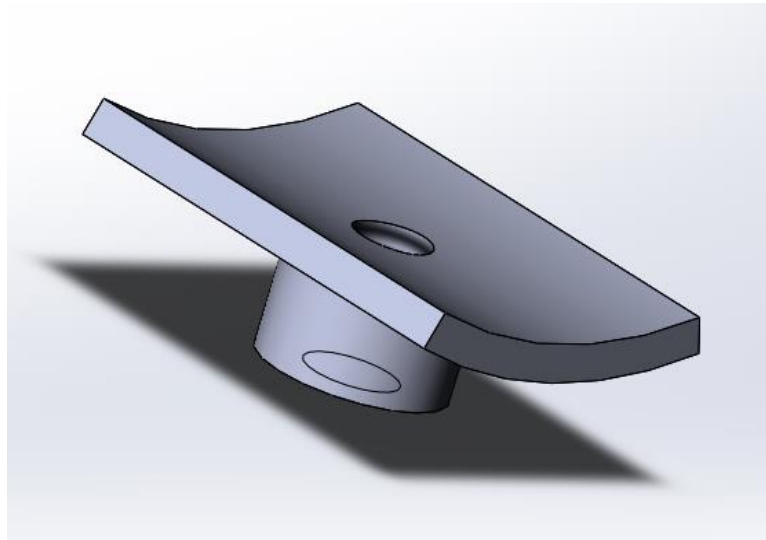


Рисунок 22. Часть 3

Чтобы обеспечить свободную сборку и разборку всего приспособления, назначаем посадку части 3 в основание с зазором. Из ГОСТа 25346-2013 выбираем одну из рекомендованных посадок с зазором. Получаем  $\text{Ø}10 \text{H}12/\text{d}11$ . [7]

Расчеты:

$$1) ES = EI + IT12 = 0 + 0,150 = 0,150 \text{ мм};$$

$$ei = es - IT11 = -0,040 - 0,90 = -0,130 \text{ мм};$$

$$2) D_{\max} = D + ES = 10 + 0,150 = 10,150 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 10 + 0 = 10,0 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 10 + (-0,040) = 9,96 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 10 + (-0,130) = 9,87 \text{ мм};$$

$$TD = ES - EI = 0,150 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 0,90 \text{ мм};$$

3) Посадка в системе отверстия.

$$4) S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 0,28 \text{ мм};$$

$$5) S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 0,04 \text{ мм}.$$

Итог:  $\text{Ø}10 \text{H}12^{(+0,150)}/\text{d}11^{(-0,040}_{-0,130)}$

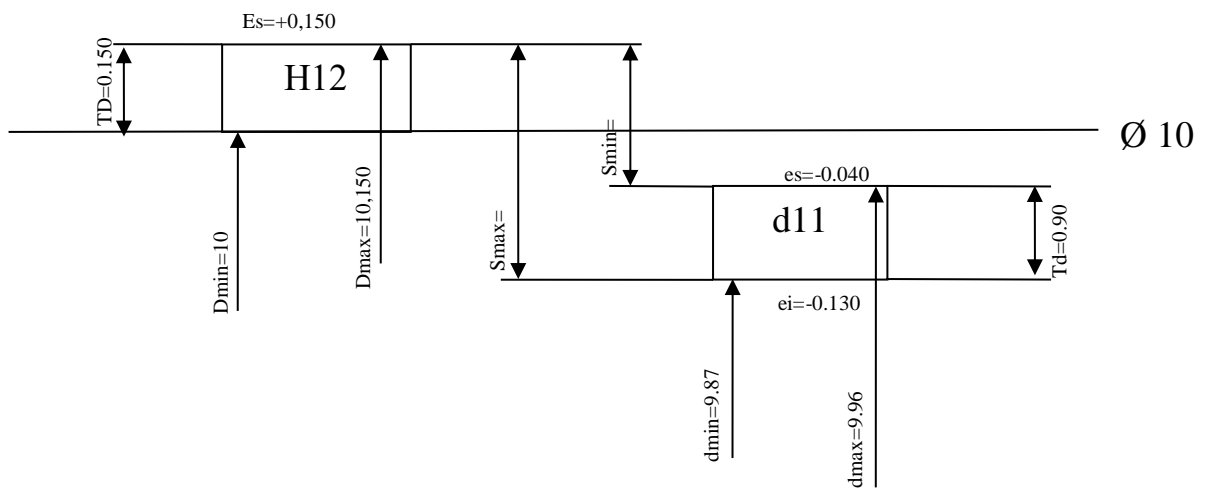


Рисунок 23. Схема расположения полей допусков

## 7. РАЗРАБОТАННАЯ МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

При измерении высоты навитой части (длины) за базу принимается наружный диаметр пружины.

Так как высота (длина) пружины в свободном состоянии измеряется в горизонтальном или вертикальном положении с помощью универсальных средств измерения и вертикальное положение допустимо для пружин, высота (длина) которых не изменяется под собственным весом. И при непараллельности опорных плоскостей пружины за величину высоты (длины) пружины принимается наибольшее измерение. [10] Чтобы избежать качения, которое возникает вследствие непараллельности опорных плоскостей пружин кручения, приведем пружину в горизонтальное положение, установив ее на призму поверочную по ТУ 2-034-439-88. []

### С одним датчиком

#### Требуемые СИ

- Призма поверочная по ТУ 2-034-439-88 [13]
- Триангуляционный лазерный датчик РФ605
- Специальное приспособление для датчика (рис.18)
- Плоскопараллельные концевые меры длины наборов 1, 2, 3 из стали, либо твердого сплава класса точности 3 или выше по ГОСТу 9038-90 [11]

#### Методика измерений

- 1) Измеряемая пружина устанавливается в поверочную призму.
- 2) Призму с установленной пружиной необходимо ограничить с одной стороны, подведя призму с пружиной к другой призме (рис 24), либо использовать другие аналогичные приспособления, обеспечивающие прямой угол между рабочей поверхностью самого



приспособления и поверхностью поверочной (разметочной) плиты, например, угольник (рис.25).

3) Подвести пружину до соприкосновения с ограничительной поверхностью

4) Триангуляционный лазерный датчик устанавливается в приспособление (рис.18)

5) Если это требуется, приспособление с закрепленным датчиком устанавливается на требуемую высоту, необходимую для измерений.

6) С помощью ПКМД выставить приспособление с датчиком относительно поверочной призмы так, чтобы было соблюдено базовое расстояние, с которого датчик может проводить измерения и, чтобы измеряемая поверхность попадала в диапазон измерения. Настроить угол поворота на приспособлении так, чтобы лазерный пучок попадал на точку (3) (рис.7)

7) Измерить расстояние от датчика до пружины, убрать пружину, измерить расстояние от датчика до ограничительной поверхности. Разность этих показаний равна высоте (длине) пружины кручения.

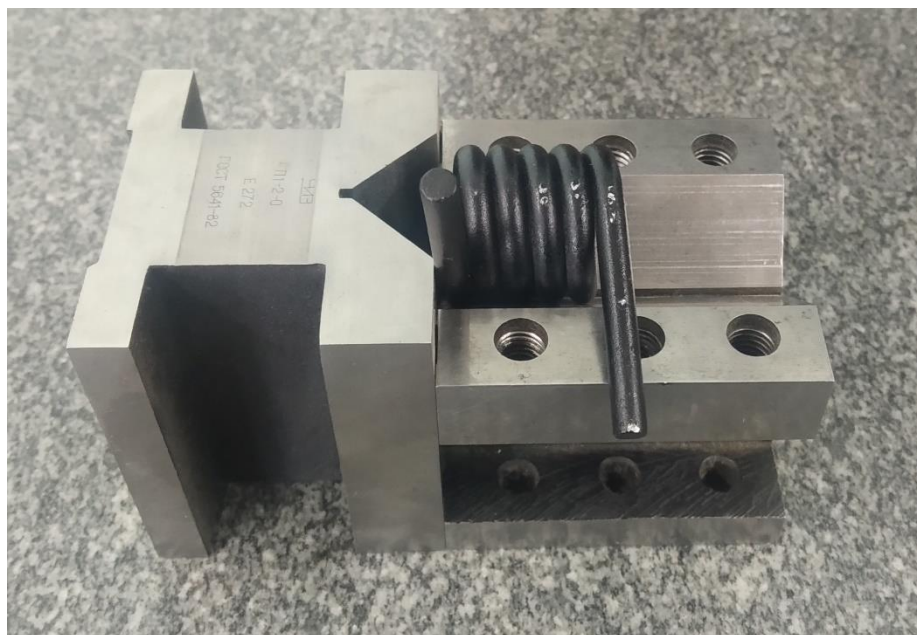


Рисунок 24. Установка пружины, с использованием двух призм



Рисунок 25. Установка пружины, с использованием приспособления

## С двумя датчиками

### Требуемые СИ

- Призма поверочная по ТУ 2-034-439-88 [13]
- Триангуляционный лазерный датчик РФ605 2 шт.
- Специальное приспособление для датчика (рис.18) 2 шт.
- Плоскопараллельные концевые меры длины наборов 1, 2, 3 из стали, либо твердого сплава класса точности 3 или выше по ГОСТу 9038-90 [11]

### Методика измерений

1) Триангуляционные лазерные датчики устанавливаются и закрепляются в специальных приспособлениях (рис.18)

2) Если это требуется, приспособления с закрепленными датчиками устанавливается на требуемую высоту, необходимую для измерений.

3) С помощью ПКМД приспособления с закрепленными датчиками выставляются относительно друг друга так, чтобы расстояние между ними было больше базового расстояния, с которого датчики могут снимать показания, но, так чтобы расстояние между ними не превышало диапазон их измерения.

4) С двух датчиков снимаются показания, чтобы знать расстояние от датчиков до противоположных приспособлений.

5) Между датчиками устанавливается поверочная призма, на которую устанавливается пружина кручения в горизонтальном положении

6) Настроить угол поворота на приспособлении так, чтобы лазерный пучок попадал на точку (3) (рис.7) Снять показания с двух датчиков.

7) По схеме (рис.24) вычислить высоту (длину) навитой части пружины

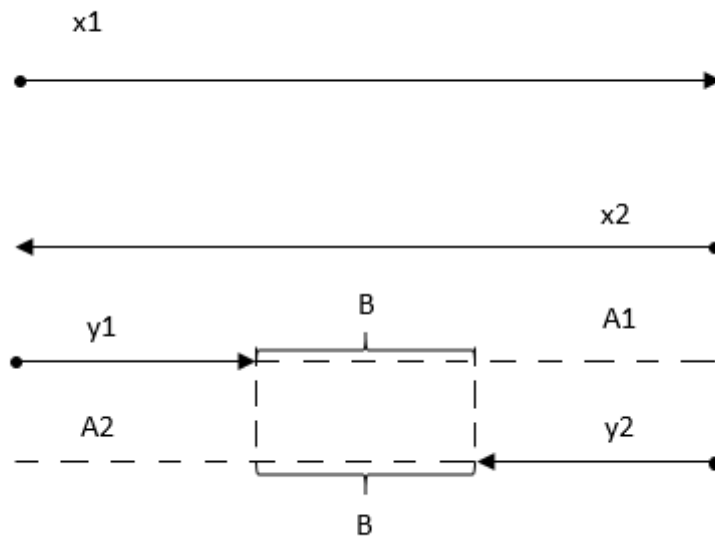


Рисунок 26. Схема измерения

Где:

- $x_1$  и  $x_2$  – расстояния между датчиками и приспособлениями;
- $y_1$  и  $y_2$  – расстояния от датчика до пружины;
- $A_1$  и  $A_2$  – разница между расстояниями  $x$  и  $y$ ;
- $B$  – высота (длина) пружины.

$$B = y_1 - A_2 \text{ или } B = y_2 - A_1$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации рассмотрены различные методики (методы) измерения высоты (длины) навитой части пружин кручения. Разобраны их основные недостатки:

- Выбор разных технологических баз при проведении измерений
- Человеческий фактор

Сделаны выводы о том, к чему могут привести недостатки данных методик измерений, в особенности – человеческий фактор, в двух из трех представленных на рассмотрение методик, оператор, проводящий измерения вынужден вручную прилагать усилие, направленное к пружине, с целью фиксации пружины. В зависимости от методики, прижим производится, либо к поверочной призме (если измерительная база – наружный диаметр), либо к технологическому валику (если измерительная база – внутренний диаметр). В результате того, что нет регламентированного усилия поджатия, нет регламентированного места приложения сил, мы наблюдаем большой разброс показаний.

В ходе работы была разработана новая методика (метод) измерения высоты (длины) навитой части пружин кручения, которая исключает два основных недостатка представленных ранее МВИ. Для реализации данной методики было выбрано подходящее СИ, описаны технические и метрологические характеристики. Методика его поверки.

Разработано специальное приспособление, позволяющее использовать представленное СИ при измерениях по разработанной методике. Что позволит в дальнейшем избежать споров или разногласий при приемке продукции и минимизирует ошибки первого и второго рода.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-Ф.
2. ГОСТ 10905-86 Плиты поверочные и разметочные.
3. ГОСТ 11074-93 (ИСО 4026-77) Винты установочные с плоским концом и шестигранным углублением "под ключ" классов точности А и В. Технические условия.
4. ГОСТ 11738-84 (ИСО 4762-77) Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры.
5. ГОСТ 18793-80 Пружины сжатия. Конструкция и размеры.
6. ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78) Шероховатость поверхности. Термины и определения (с Изменением N 1).
7. ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки.
8. ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.
9. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.
10. ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия
11. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.

12. ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.
13. ОСТ 92-8847-77 Пружины винтовые. Технические требования.
14. ТУ 2-034-439-88 Призмы поверочные и разметочные с одной призматической выемкой и накладной типа Ш.
15. Погонин А.А. Технология машиностроения / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко – М.:ИНФРА-М, 2020. – 530с.
16. Клименко С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении / С.С. Клименко – М.:ИНРФА-М,2018. – 248с.
17. Триангуляционные лазерные датчики «Рифтек» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://riftek.com/ru>, свободный – (04. 04. 2020).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.

### Основные технические и метрологические характеристики измерителей

Таблица А.1 – Характеристики измерителей

Наименование характеристики	Модификация			
	РФ600	РФ603	РФ603НС	РФ605
1. Диапазон измерения перемещений, мм	от 10 до 2500	от 2 до 1250	от 2 до 1250	от 50 до 500
2. Дискретность отсчета, мм	0,01 для диапазона от 10 до 39 мм	0,01 для диапазона от 2 до 39 мм	0,01 для диапазона от 2 до 39 мм	0,1 для диапазона от 50 до 399 мм
	0,1 для диапазона от 40 до 399 мм	0,1 для диапазона от 40 до 399 мм	0,1 для диапазона от 40 до 399 мм	
	1 для диапазона от 400 до 2500 мм	1 для диапазона от 400 до 1250 мм	1 для диапазона от 400 до 1250 мм	1 для диапазона от 400 до 500 мм
3. Пределы приведенной погрешности, % от верхнего предела измерения перемещений	± 0,25	± 0,25	± 0,25	± 0,25



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № \_\_\_\_\_

измерителя лазерного триангуляционного типа РФ60х \_\_\_\_\_

Заводской № \_\_\_\_\_

диапазон измерений \_\_\_\_\_ и базовое расстояние \_\_\_\_\_

принадлежащего \_\_\_\_\_ Дата проведения поверки \_\_\_\_\_

Номер документа по поверке \_\_\_\_\_

Б.1 Условия поверки:

температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_ °С, относительная влажность \_\_\_\_\_ %.

Б.2 Средства поверки:

Таблица Б.1

Наименование и тип СИ	Заводской номер СИ	Метрологические характеристики

Б.3 Результаты поверки:

Б.3.1.1 Внешний осмотр \_\_\_\_\_

Проверка маркировки \_\_\_\_\_

Проверка комплектности \_\_\_\_\_

Б.3.1.2 Опробование \_\_\_\_\_

Б.3.1.3 Определение базового расстояния до объекта измерения \_\_\_\_\_

Б.3.1.4 Определение приведенной погрешности измерителя

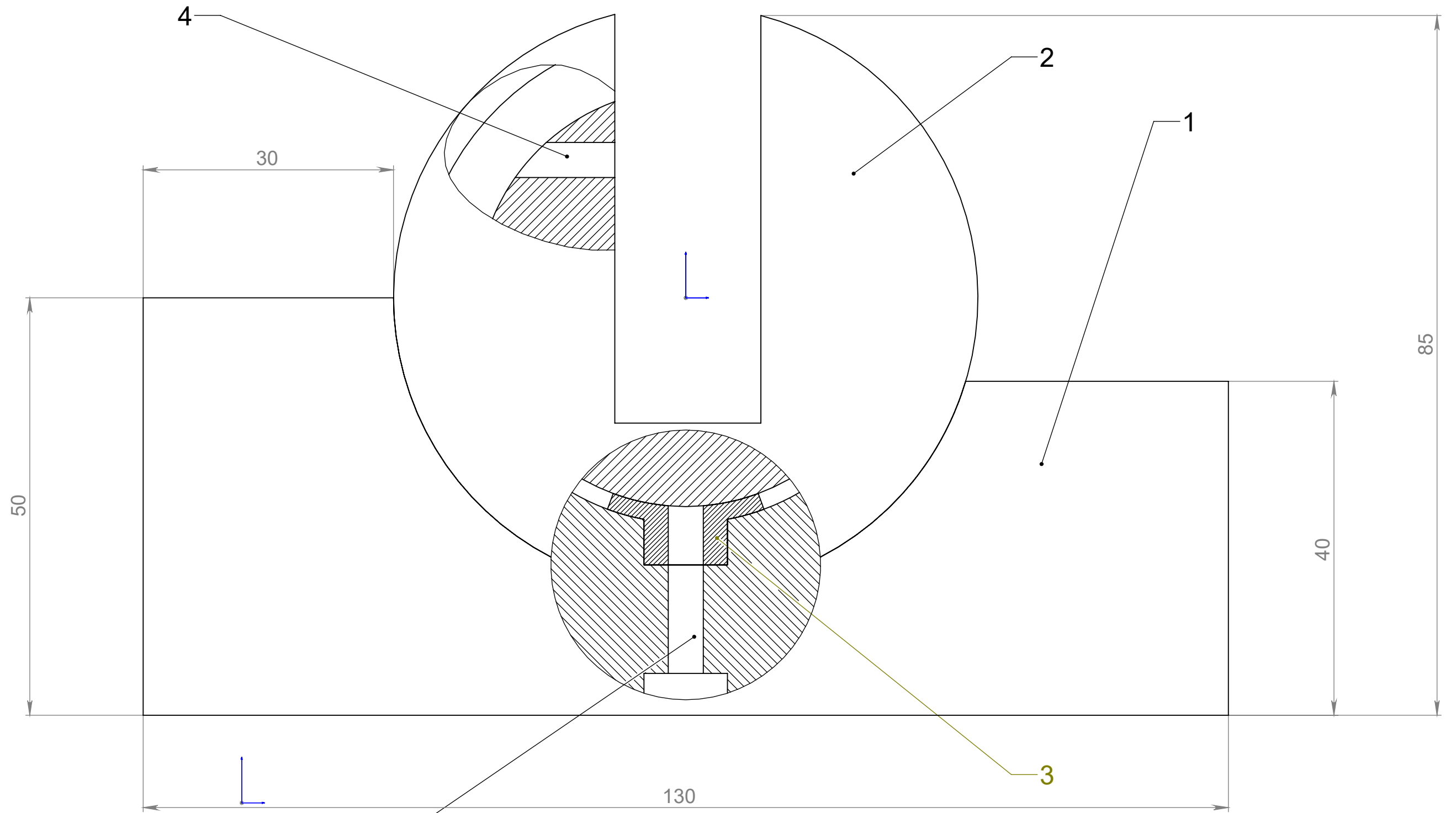
Таблица Б.2

№ точки	Эталонное значение перемещения $X_d$ , мм	Измеренное значение перемещения $X_i$ , мм	Абсолютная погрешность, мм	Приведенная погрешность, %
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Заключение: \_\_\_\_\_

Свидетельство о поверке (заключение о непригодности) № \_\_\_\_\_

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (ФИО, подпись)



Страв. №

Подп. и дата

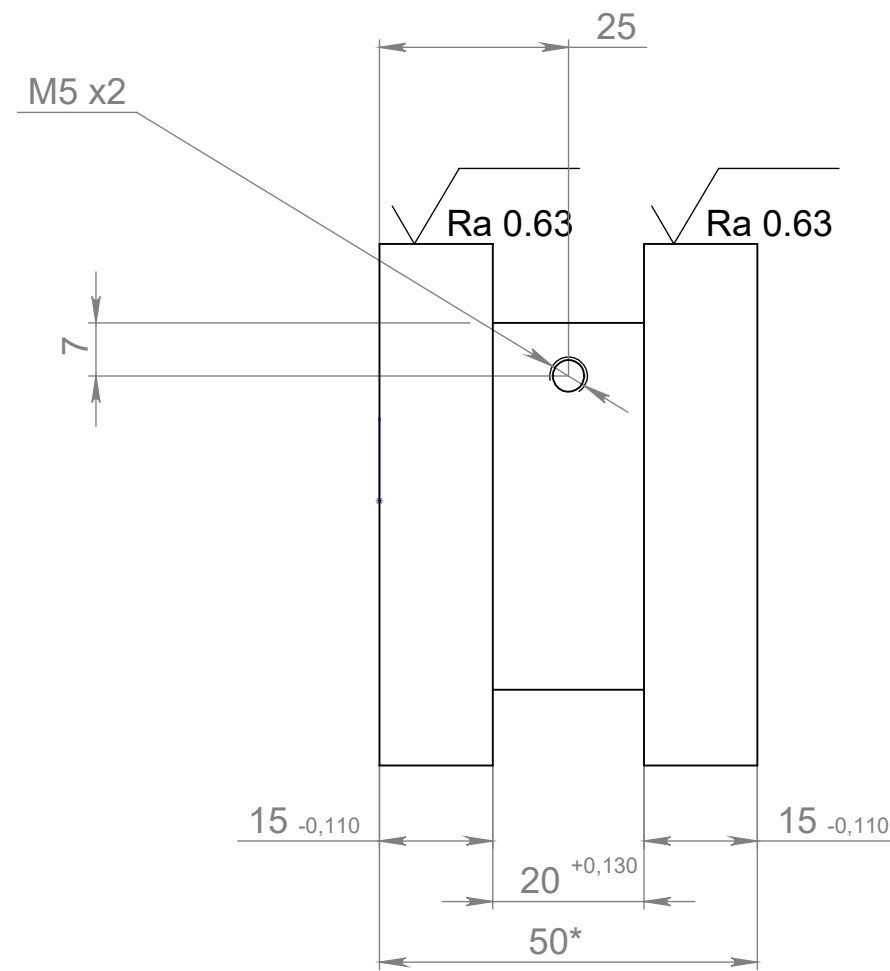
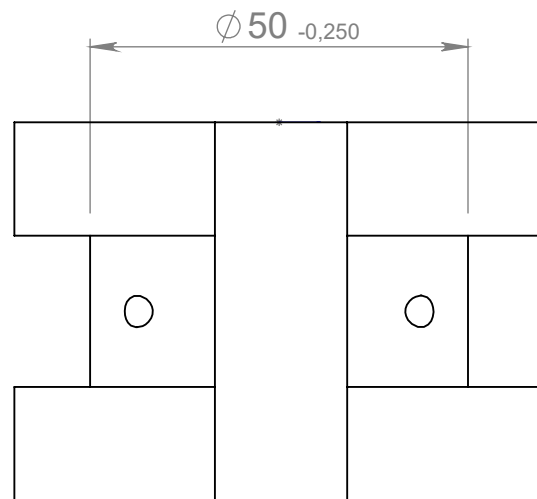
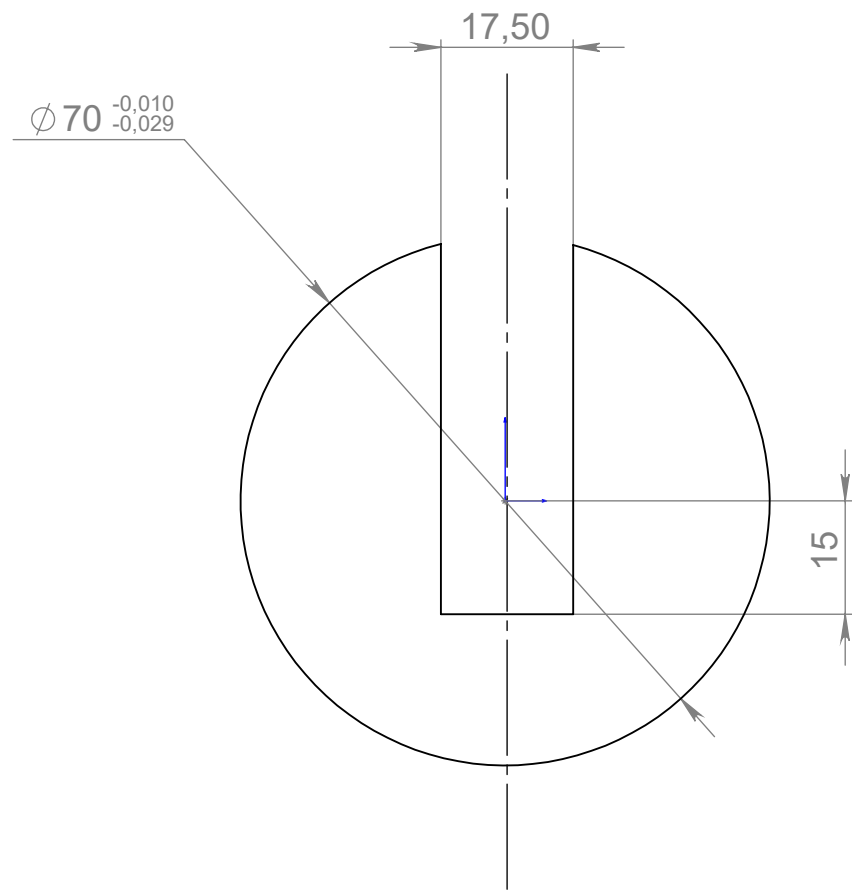
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

					ГУАП.60101.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Специальное приспособление для лазерного датчика	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Балан Т.А.						2:1
Пров.								
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.						Гр. М861М		
Утв.								



1. Твердость не ниже HRC 58
2. Неуказанные отклонения размеров: H14, h14, ±IT14
3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002

Справ. №

Подп. и дата

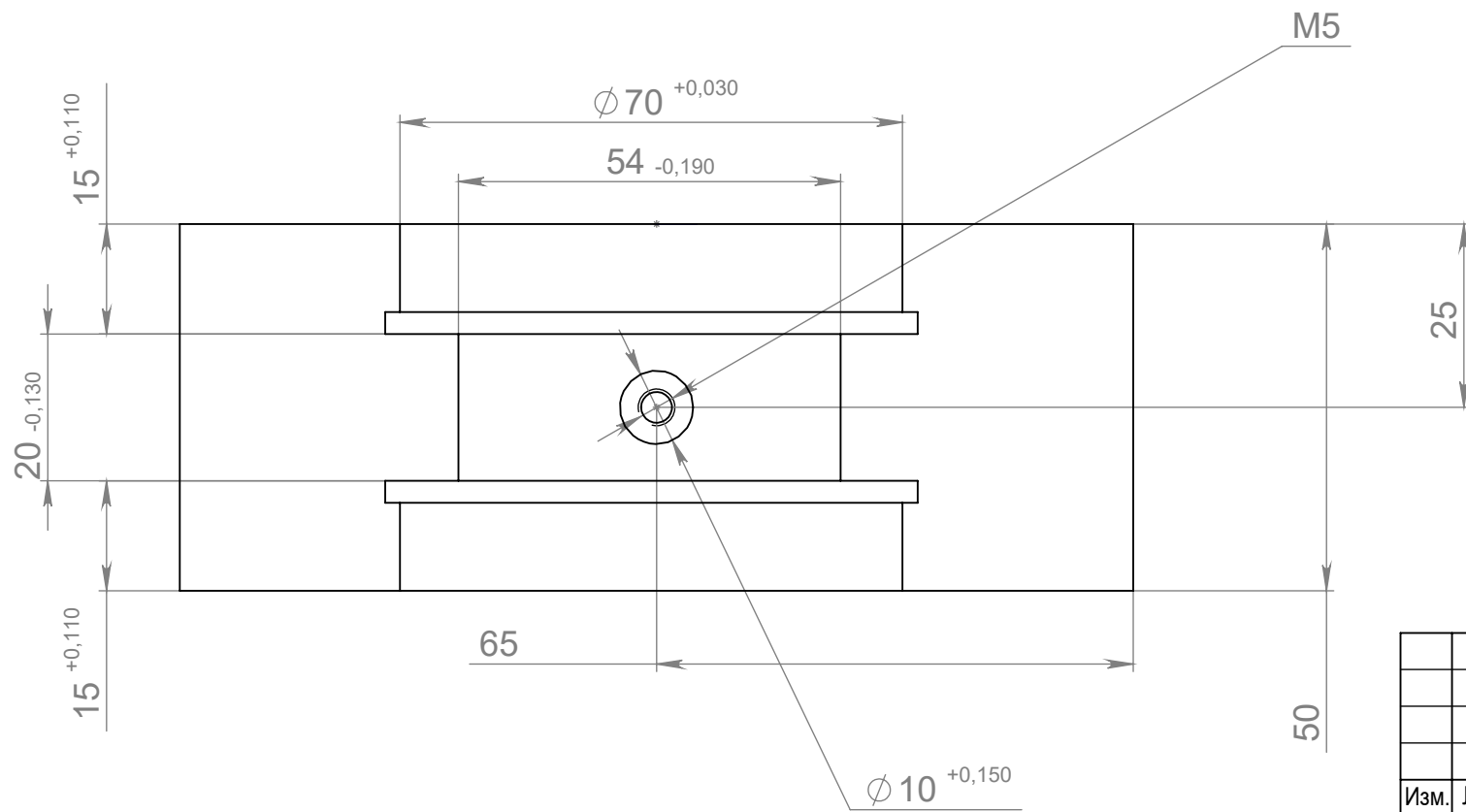
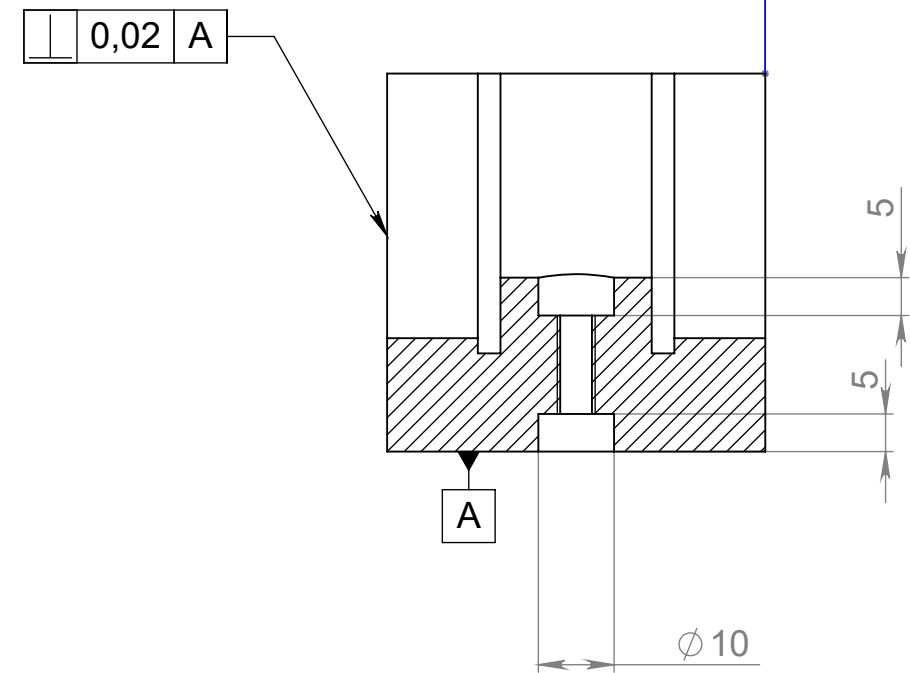
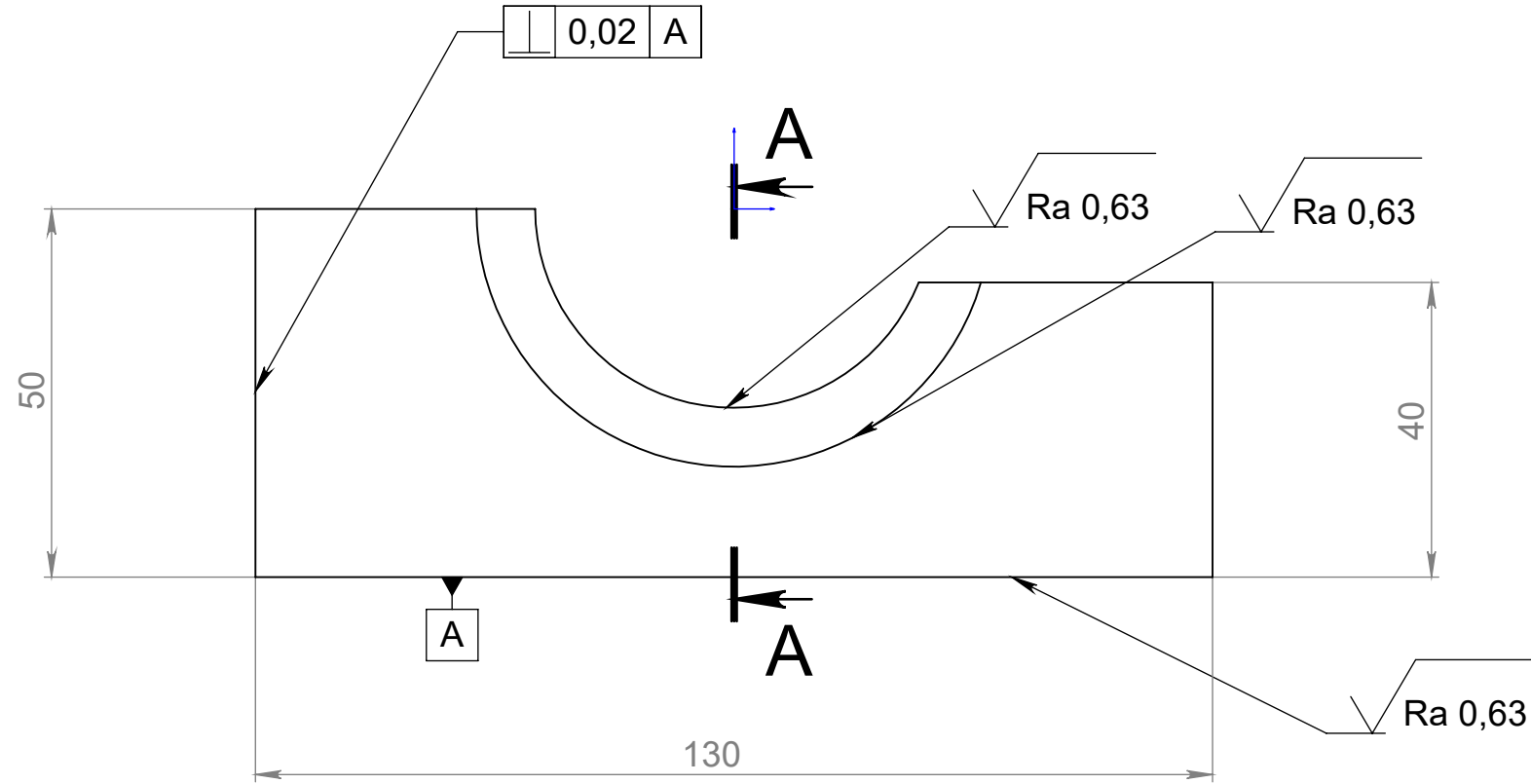
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

					ГУАП.60101002		
					Подвижная часть		
					Инструментальная легированная сталь по ГОСТ 5950-2000		
					Гр.М861М		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Балан Т.А.					1:1
Пров.							
Т. контр.					Лист 1	Листов 1	
Н. контр.							
Утв.							

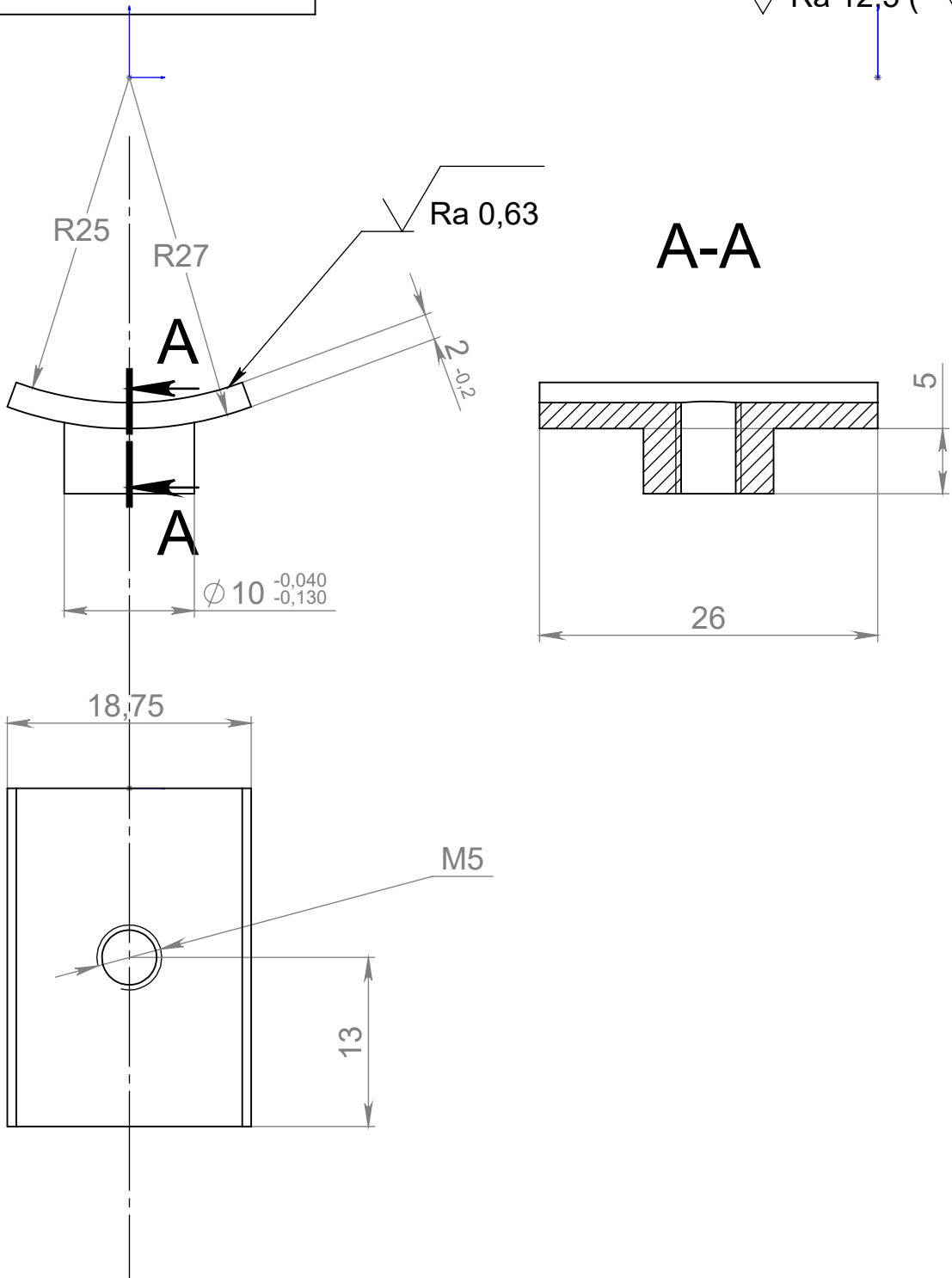


1. Твердость не ниже HRC 58
2. Неуказанные отклонения размеров: H14, h14,  $\pm IT14$
3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002

					ГУАП.060101.003			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Основание	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Балан Т.А.						1:1
Пров.								
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.					Инструментальная легированная сталь ГОСТ 5950-2000			
Утв.					ГР. М861М			

Приложение Е

$\sqrt{Ra\ 12,5}$  (  $\sqrt{\quad}$  )



1. НВ 170...229/
2. Неуказанные отклонения размеров: Н14, h14, ±IT14
3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002

Перв. примен.
Справ. №

Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №

Подп. и дата
Изм. Лист
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.

№ докум.	Подп.	Дата
Балан Т.а		

ГУАП.060101.004			
Соединяющая деталь	Лит.	Масса	Масштаб
			2:1
Сталь 45 ГОСТ 1050-89	Лист 1	Листов 1	
	ГР.М861М		

