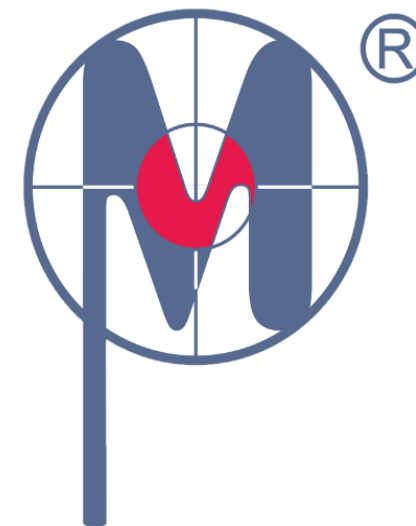


# Цифровизация линейных измерений в металлообработке



Тарасов Станислав Борисович, генеральный директор  
ООО ИМЦ «Микро»

к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»  
СПбПУ

г. Санкт-Петербург

# Роль измерений в обеспечении качества деталей

- В машиностроении линейные измерения составляют 85-90% от всех видов измерений, производимых на предприятиях
- Измерения и контроль являются единственными объективными методами оценки качества изготавливаемых деталей



# Обеспечение качества деталей

## ЕСТЬ:

- Рабочий контролирует изготовленные детали с помощью предельных калибров и визуальных (стрелочных) средств измерений без оформления протоколов
- ОТК контролирует детали после рабочих теми же самыми контрольными средствами
- ОТК фактически «обеспечивает» качество изготавливаемых деталей

## ДОЛЖНО БЫТЬ:

- Достоверные измерения рабочим изготовленных деталей с оформленным протоколом измерений, подтверждающим качество
- Управление технологическим процессом на основе протокола результата измерений
- Выборочные измерения ОТК в случае неполной достоверности измерений
- Качество деталей обеспечивает рабочий

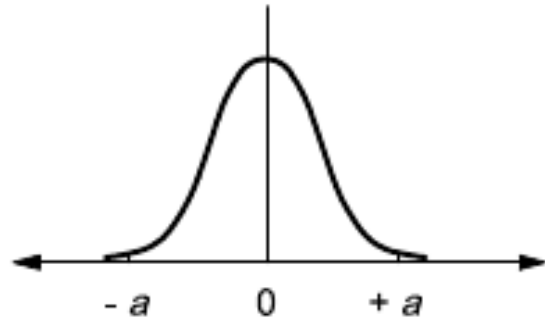
# Недостатки визуального контроля

- Неизбежность брака из-за недостоверности контроля
- Низкая ответственность рабочего за качество изготавливаемых деталей – его задача сдать детали ОТК
- Противоречия между рабочими и контролерами (контроль деталей на одинаковых приспособлениях)
- Отсутствие информации о значениях параметров изготовленных деталей
- Невозможность управлять технологическим процессом и качеством изготавливаемых деталей
- Отсутствие протоколов, подтверждающих качество деталей согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества, Требования»

Недостоверность результатов контроля

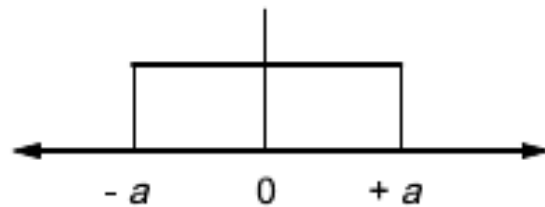
- ГОСТ 8.051-81 и РД 50-89-86 установили допускаемые погрешности измерений в зависимости от установленного допуска и значения допустимых погрешностей для различных рабочих средств измерений с учетом условий их применения.
- ГОСТ 8.051-81 предназначен для приемочного контроля деталей и устанавливает приемочные границы для приемки деталей. Приемочные границы предпочтительно совпадают с предельными размерами.
- Выбор допустимой погрешности при рабочих измерениях и при поверочных операциях стал производиться на основе соотношения  $1/3$  погрешности к установленному допуску;
- С введением стандарта технологи и метрологи фактически были освобождены от ответственности за качество измерений.

# Законы распределения



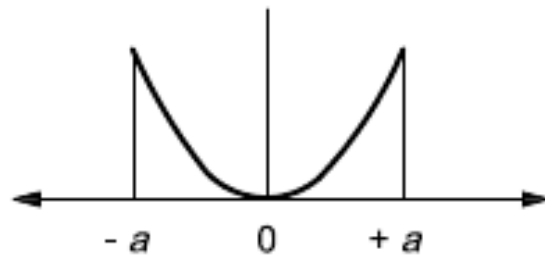
Gaussian distribution:  $b = 0,5$

$$u_{xx} = \frac{a}{2} \approx 0,5 \times a$$



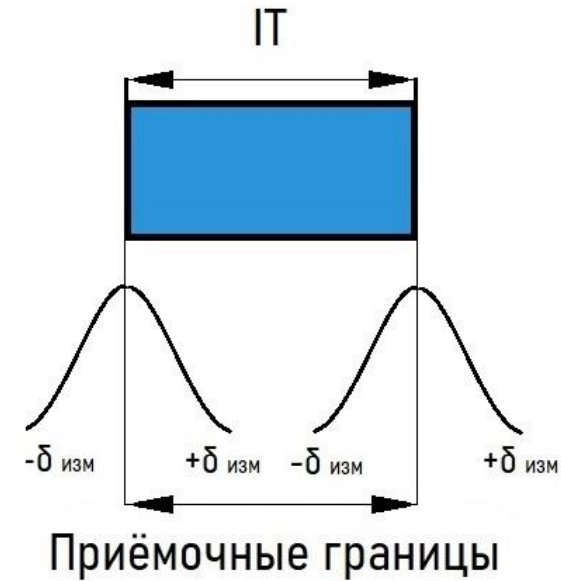
Rectangular distribution:  $b = 0,6$

$$u_{xx} = \frac{a}{\sqrt{3}} \approx 0,58 \times a \approx 0,6 \times a$$



U-distribution:  $b = 0,7$

$$u_{xx} = \frac{a}{\sqrt{2}} \approx 0,71 \times a \approx 0,7 \times a$$



Погрешность измерения в % от допуска	Количество неправильно принятых изделий m в % для законов распределения			Количество неправильно забракованных изделий n в % для законов распределения		
	нормального	существенно положительных величин	равной вероятности	нормального	существенно положительных величин	равной вероятности
5	0,4	0,15	1,2	0,6	0,5	1,3
10	1,0	0,7	2,0	1,3	1,0	2,7
15	1,5	1,2	3,25	2,0	1,5	4,0
20	2,0	1,6	4,0	2,8	2,0	5,3
25	2,5	2,0	5,0	3,5	2,5	6,7
<b>30</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>5,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,0</b>	<b>8,0</b>
35	3,5	2,8	6,5	5,5	3,6	9,3
40	4,0	3,3	7,0	6,0	4,2	10,6
45	4,5	3,6	7,5	7,0	4,7	12,0
50	5,0	4,0	8,2	8,0	5,3	13,0



# Понятие цифровизации измерений в металлообработке

- Система, способствующая управлению технологическим процессом на основе применения цифровой измерительной техники, с целью обеспечения достоверности измерений и качества изготавливаемых деталей.

# Основы управления технологическим процессом

Измерение, сбор, регистрация и анализ результатов измерения изготавливаемых деталей на основе цифровых приборов и компьютеров, использование которых позволяет не только организовать статистическое управление процессом SPC, но и просто получить целый ряд преимуществ в сравнении с визуальным контролем.



# Организация цифровизации рабочих измерений – 1 вариант



*Рабочее место станочника, когда время цикла изготовления позволяет измерять каждую деталь.*

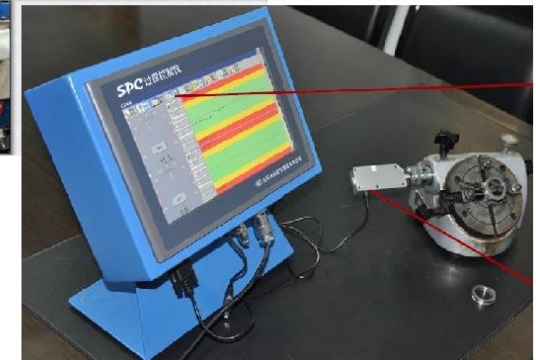
- В измерительное приспособление вместо микрометра или другой показывающей головки устанавливается цифровая головка
- Станочник в привычной для него манере производит измерение детали и нажатием кнопки или педали отправляет результат измерения на цеховой компьютер, где данные собираются и протоколируются.
- На головке выставляются не границы интервала допуска, а приемочные границы.
- Каждая изготовленная деталь должна идентифицироваться со своей строчкой протокола.
- Контролер ОТК, при необходимости может проверить результат измерения рабочего, но на измерительном приспособлении более высокой точности.



# Организация цифровизации рабочих измерений – 2 вариант

*Агрегатный станок или автоматическая линия, где время цикла изготовления одной детали меньше, чем время ее измерения*

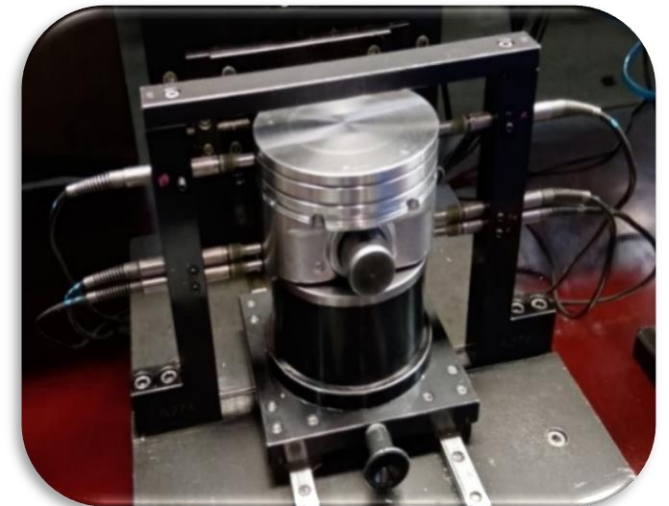
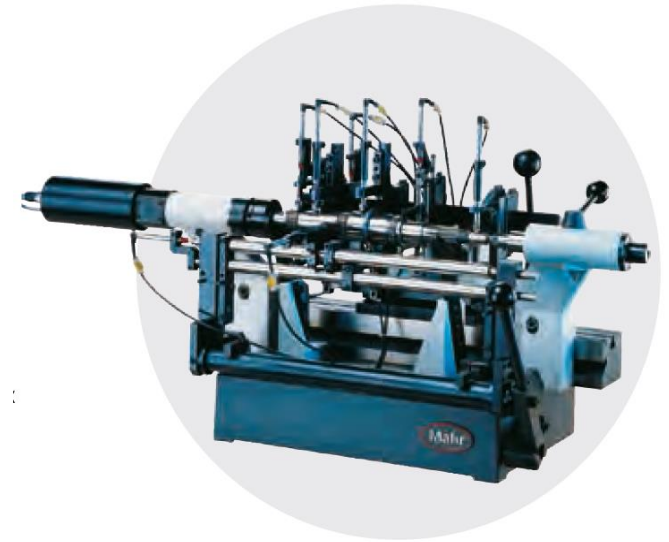
- Рабочий может измерять детали выборочно с определенной периодичностью в зависимости от стабильности технологического процесса.
- В измерительное приспособление устанавливается цифровая головка или индуктивный преобразователь.
- Рабочий в привычной для него манере производит измерение детали и нажатием кнопки или педали отправляет результат измерения на контроллер с дисплеем, который расположен на рабочем месте.
- Контроллер на основе ПО строит необходимые контрольные карты, с помощью которых рабочий управляет процессом изготовления.



# Организация цифровизации рабочих измерений – 3 вариант

*Многомерные измерения, когда на детали надо за одну установку измерить несколько элементов (поршни, гильзы блока цилиндров, валы).*

- В многомерное приспособление устанавливаются индуктивные преобразователи,
- Приспособление настраивается по детали-эталону.
- Деталь измеряется за одну установку
- Результаты измерений передаются на компьютер или контроллер.
- Рабочий видит результаты измерений и управляет процессом.
- По результатам измерений оформляется протокол.



# Что дает цифровизация линейных измерений в металлообработке:

- Внедрить самоконтроль рабочих и соответственно отказаться от дублирующего операционного контроля ОТК;
- Добиться полной ликвидации брака при изготовлении деталей за счет введения приемочных границ на основе учета неопределенности измерений;
- Перейти от контроля деталей к управлению технологическим процессом по результатам измерений изготавливаемых деталей;
- Составлять протоколы измерений деталей согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- Иметь возможность постоянного совершенствования технологического процесса.



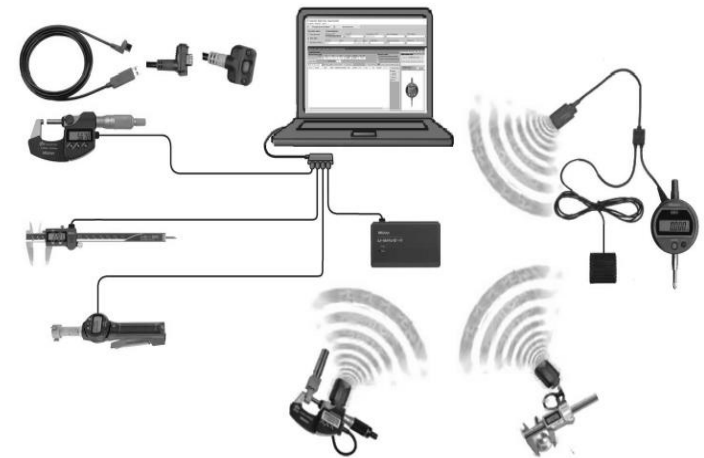
# Кто должен внедрять цифровизацию измерений

Цифровизация линейных измерений в металлообработке должна проводиться под руководством службы качества при активном участии технологов и метрологов, так как основной целью цифровизации является постоянное повышение качества продукции и труда.

Программно-целевой метод  
управления

# Техническое обеспечение цифровизации в металлообработке

1. Цифровые рабочие СИ с возможностью передачи данных на компьютер (штангенинструмент, микрометры, скобы, цифровые головки, индуктивные или оптоэлектронные преобразователи для измерительных приспособлений, КИМ и др.)
2. Устройство цифровой индикации, контроллер, компьютер
3. Программное обеспечение





# Цифровые ГОЛОВКИ



Головка ИГЦ



Головка ИГЦМ

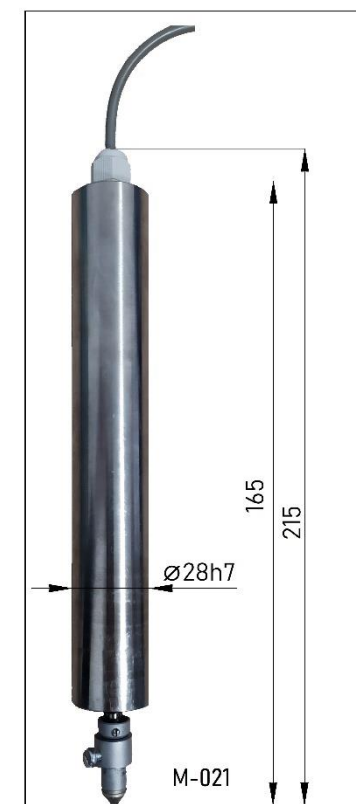
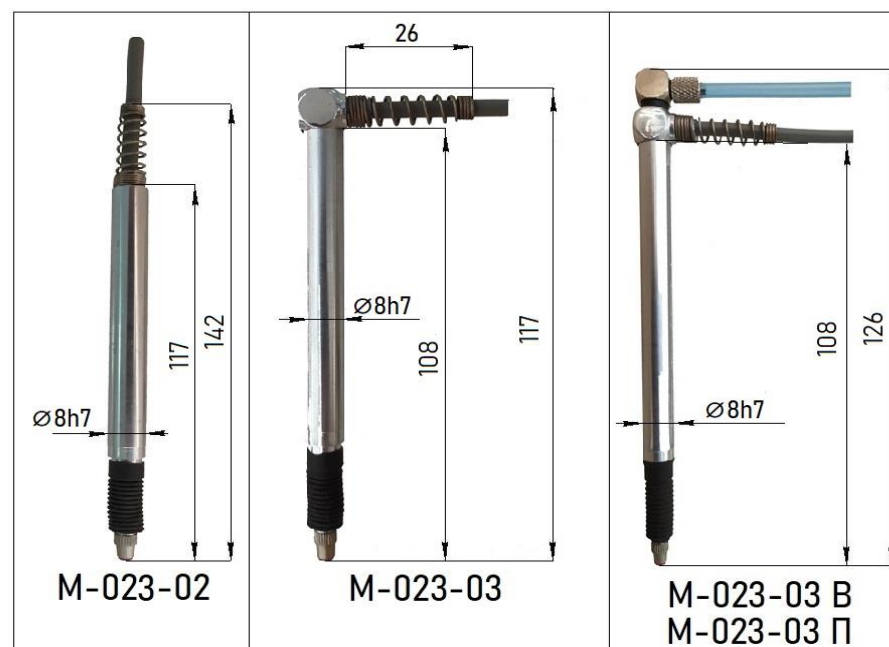
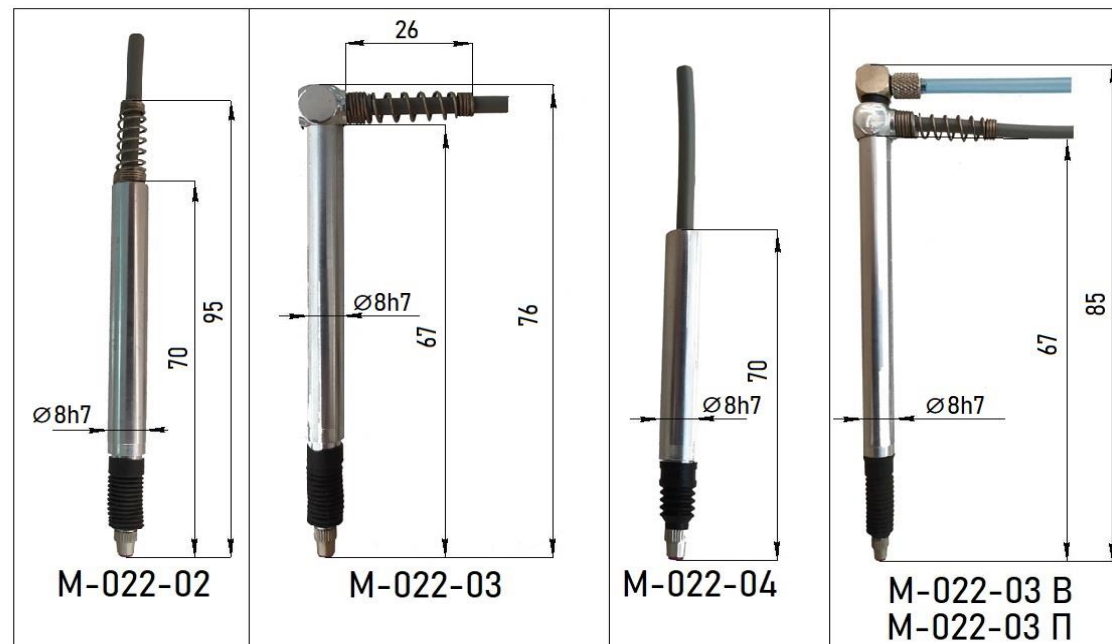
# Основные технические характеристики

Дискретность отсчета, мкм .....	0,1
Диапазон измерений, мкм .....	$\pm 200$
Предел допускаемой погрешности, мкм	
в пределах $\pm 10$ мкм .....	$\pm 0,1$
в пределах $\pm 40$ мкм .....	$\pm 0,2$
в пределах $\pm 200$ мкм .....	$\pm 0,4$
Диапазон показаний шкал, делений.....	$\pm 20$
Цена деления переключаемых шкал, мкм. ....	0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10.
Размах показаний, мкм, не более .....	0,1
Измерительное усилие, Н, не более .....	2
Продолжительность автономной работы без замены элемента питания не менее	800 часов.
Габаритные размеры, мм, не более	
для модели ИГЦ.....	280x80x40
для модели ИГЦМ.....	150x80x40
Масса, кг, не более	
для модели ИГЦ.....	0,55
для модели ИГЦМ .....	0,25

# Функции цифровых головок:

- одновременное отражение цифровых и стрелочных показаний;
- фиксация и выдача результатов на компьютер по внешней команде с помощью USB-кабеля и радиосигнала
- возможность выбора цены деления шкалы и соответствующего ей диапазона показаний по шкале;
- возможность сброса отсчета на нуль и отмена обнуления;
- установка границ интервала допуска;
- информация о выходе показаний прибора за пределы установленного интервала допуска;
- функция MAX-MIN для измерения непостоянства диаметра, биения, прямолинейности и плоскостности;
- функция MAX или MIN для нахождения возвратной точки;
- изменение знака показаний;
- предустановка показаний;

# Преобразователи с USB-выходом





Наименование, характеристики	Модель преобразователя			
	М-021	М-022	М-023	М-024
Диапазон показаний шкал, дел.	$\pm 50$			
Диапазон измерений, мм	$\pm 0,2$	$\pm 1$	$\pm 5$	$\pm 2,5$
Дискретность отсчета, мкм	Устанавливается с помощью программы			
Предел допускаемой погрешности, мкм	$\pm 0,2$	$\pm 3,0$	$\pm 10,0$	$\pm 5,0$
Размах показаний, мкм, не более	0,3	3,0	3,0	3,0
Присоединительный диаметр, мм	28 или 27	8	8	8

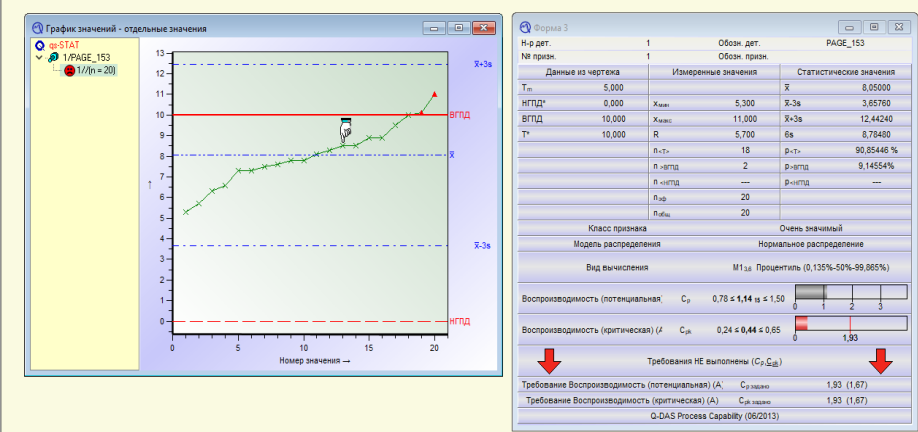
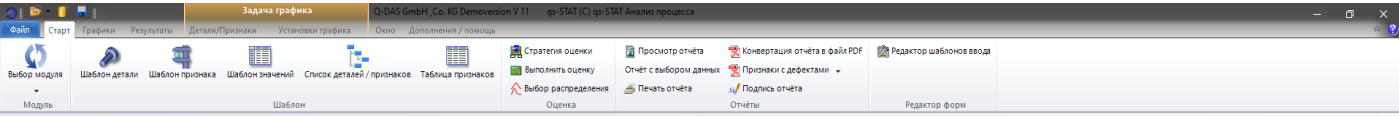


# Оптоэлектронные преобразователи

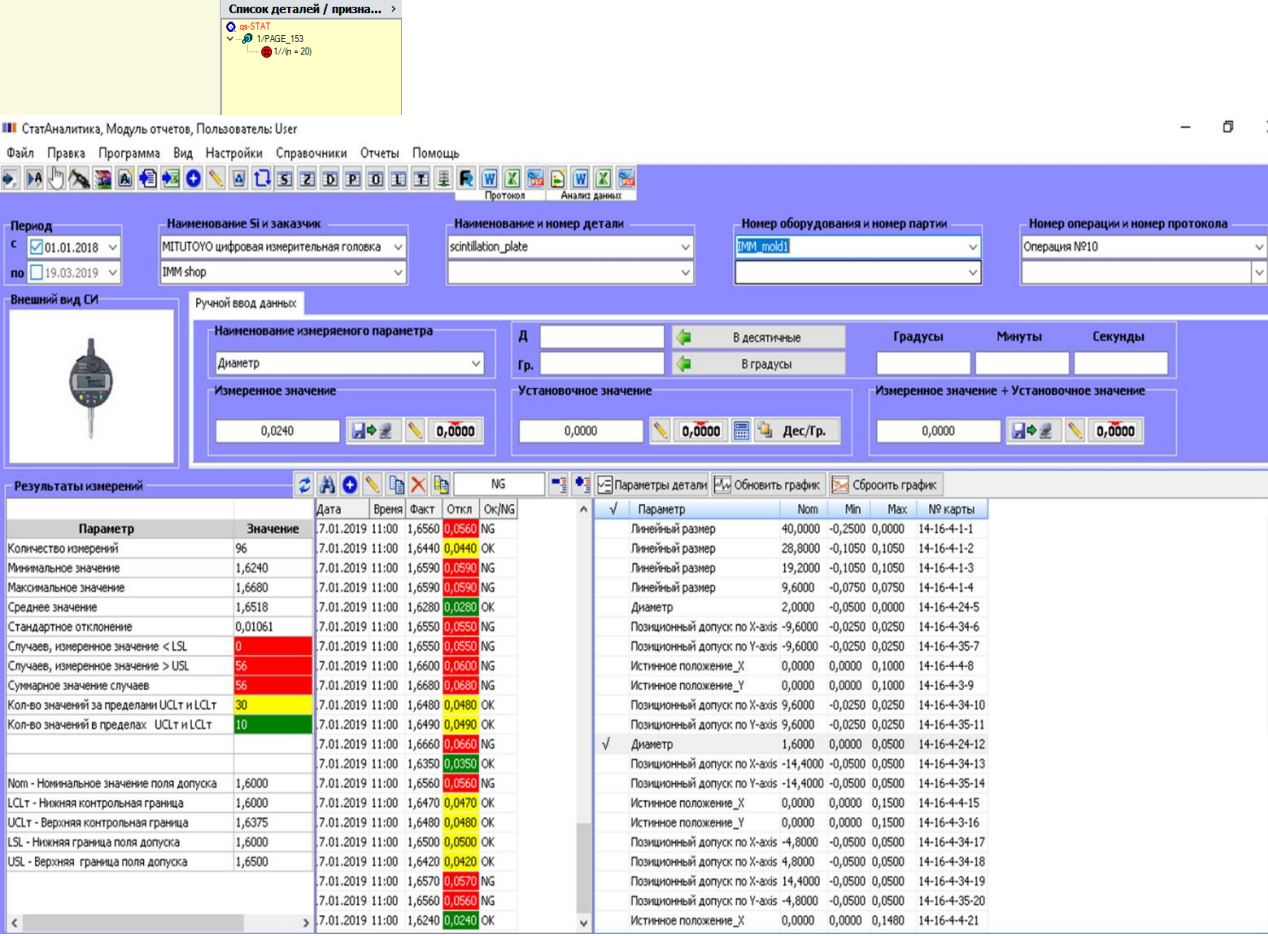
- Оптоэлектронный инкрементный измеритель с ходом штока 40 мм. Дискретность от 0,5 мкм до 10 мкм.
- Малогабаритный высокоточный оптоэлектронный инкрементный измеритель с ходом штока 10 или 15 мм. Дискретность от 0,1 мкм до 5 мкм.



# ПО для управления качеством на производстве



Q-DAS



СтатАналитика

# Составные части ПО

Программное обеспечение имеет модульную структуру и состоит из 12 модулей, три из которых направлены непосредственно на управление технологическим процессом на основе результатов измерений деталей:

- **Модуль отчетов** – формирование и хранение унифицированных отчетов на основе данных с различных средств измерений;
- **Анализ SPC** – модуль анализа технологического процесса на основе статистических данных;
- **Анализ MSA** – модуль анализа измерительных систем.



## Форма протокола:

		Анализ процесса		Страница 1 / 1	
Подразд: NN		Цех: NN		Дата/время: 15.10.2020	
Н-р дет.: 1		Обозн. дет.: PAGE_153		Обяз. док.: нет	
Обозн. стан.		Обозн. приз.		Номинал	
№ станка		№ приз.: 1		Едизм.	
				ВГПД: 10,000	
				НГПД: 0,000	
Вид признака: Непрерывн.		Класс признака: Очень значимый		Мет. получ.: вручную	
				Кол. деск. з.: 3	
Обозн. сл. изг.		Группа СИ		Обозн. СИ	
Операция (текст)		№ СИ		Разрешение	
Оценки: с 02.03.1994 10:46:08 до 02.03.1994 10:49:06					
Примечание:					

x̄ - КК Шухарта<sub>дат</sub> 99,73% [n=5;  $\hat{\mu}_5, \hat{\sigma}_5$ ]

s - 99,73% [n=5,  $\hat{\sigma}_5$ ]

x̄-3s x̄ x̄+3s

HP →

x̄-3s x̄ x̄+3s

HP →

x̄-3s x̄ x̄+3s

HP →

Данные из частоты		Измеренные значения		Статистические значения	
T <sub>н</sub>	5,000	x̄	7,9500	x̄	8,05000
ВГПД*	0,000	x <sub>max</sub>	5,300	s	1,464
ВГПД	10,000	x <sub>min</sub>	11,000	Q <sub>0%</sub>	8,05000
T*	10,000	R	5,700	Q <sub>0.135%</sub>	3,65761
Класс признака	Очень значимый	П <sub>н</sub>	20	Q <sub>50.000%</sub>	12,44239
		П <sub>н+1</sub>	20	Q <sub>5</sub>	2,73460
		П <sub>н+2</sub>	18,60,000000%	D <sub>0.1%</sub>	90,85446,5%
		П <sub>н+3</sub>	2/10,000000%	D <sub>н+3</sub>	9,14554,4%
		П <sub>н+4</sub>	0,000000%	D <sub>н+4</sub>	0,000000%

Вид вычисления		Нормальное распределение	
Модель распределения	Гаусс	μ	0,99078100
Коэфф. регресс. распред.	Гаусс	σ	0,90893595
Коэфф. регресс. распред.	Гаусс	σ	0,90893595

M1.35 Процентиль (0.135%-50%-99.865%)

Вид вычисления	Воспроизводимость (потенциальная) (A)	С <sub>p</sub>	0.78 ≤ 1.14 ≤ 1.50
Воспроизводимость (критическая) (A)	С <sub>pк</sub>	0.24 ≤ 0.44 ≤ 0.65	

Требования НЕ выполнены (C<sub>p</sub>, C<sub>pк</sub>)

Требования Воспроизводимость (потенциальная) (A)

Требования Воспроизводимость (критическая) (A)

Q-DAS Process Capability (06/2013)

1.93 (1.67)

1.93 (1.67)

15.10.2020

11/140512 PC 01 N DEF

Q-DAS GmbH & Co. KG Version V 11



## Анализ данных

Номер контрольной карты 1-1-27-24-1

Наименование детали: Поршневой палец 740.60\_01

№ детали: 740.60.1004020\_01

Период измерения:

с 17.01.2020 по 17.01.2020

Кол-во измерений: 13

Заказчик: БЕ\_Пальцы

Оператор: User

Подпись исполнителя

№ п/п	Параметр		Ед. изм.	Факт. значение	Ном. значение	Ниж. откл.	Верх. откл.	Откл.	Результат	Анализ
1/1	Ø	Диаметр	мм	44,99080	44,997	-0,003	0,003	-0,00620	NG	
1/2	Ø	Диаметр	мм	44,99160	44,997	-0,003	0,003	-0,00540	NG	
1/3	Ø	Диаметр	мм	44,99020	44,997	-0,003	0,003	-0,00680	NG	
1/4	Ø	Диаметр	мм	44,99130	44,997	-0,003	0,003	-0,00570	NG	
1/5	Ø	Диаметр	мм	44,99280	44,997	-0,003	0,003	-0,00420	NG	
1/6	Ø	Диаметр	мм	44,99280	44,997	-0,003	0,003	-0,00420	NG	
1/7	Ø	Диаметр	мм	44,99230	44,997	-0,003	0,003	-0,00470	NG	
1/8	Ø	Диаметр	мм	44,99250	44,997	-0,003	0,003	-0,00450	NG	
1/9	Ø	Диаметр	мм	44,99290	44,997	-0,003	0,003	-0,00410	NG	
1/10	Ø	Диаметр	мм	44,99230	44,997	-0,003	0,003	-0,00470	NG	
1/11	Ø	Диаметр	мм	44,99230	44,997	-0,003	0,003	-0,00470	NG	

### Диаграмма распределения результатов измерений



LSL- Нижнее поле допуска, USL- Верхнее поле допуска, LCL, UCL- Контрольные границы (0,75% от поля допуска).

- |    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 11 | -за пределами поля допуска.       |
| 0  | -за пределами контрольных границ. |
| 0  | -в пределах контрольных границ.   |

Min=44,9902, Max=44,9929, Cp.=44,9919, St=0,00082

$C_m=1,22$ ,  $C_{mk}=3,29$

# Модуль отчётов

Является основополагающим модулем программного обеспечения и он, в первую очередь, нужен там, где решили перейти от визуального контроля к регистрации результатов измерения деталей. Модуль позволяет получать и обрабатывать данные измерений из различных источников.

СтатАналитика, Модуль отчетов, Пользователь: User

Файл Правка Программа Вид Настройки Справочники Отчеты Помощь


Период: с 01.01.2018 по 19.03.2019

Наименование СИ и заказчик: МИТUTOYO цифровая измерительная головка

Наименование и номер детали: scintillation\_plate

Номер оборудования и номер партии: IMM mcd1

Номер операции и номер протокола: Операция №10

Внешний вид СИ: 

Ручной ввод данных:

Наименование измеряемого параметра: Диаметр

Измеренное значение: 0,0240

Д: 0,0000

Гр: 0,0000

В десятичных: 0,0000

В градусах: 0,0000

Градусы: 0,0000

Минуты: 0,0000

Секунды: 0,0000

Измеренное значение + Установочное значение: 0,0000

Результаты измерений

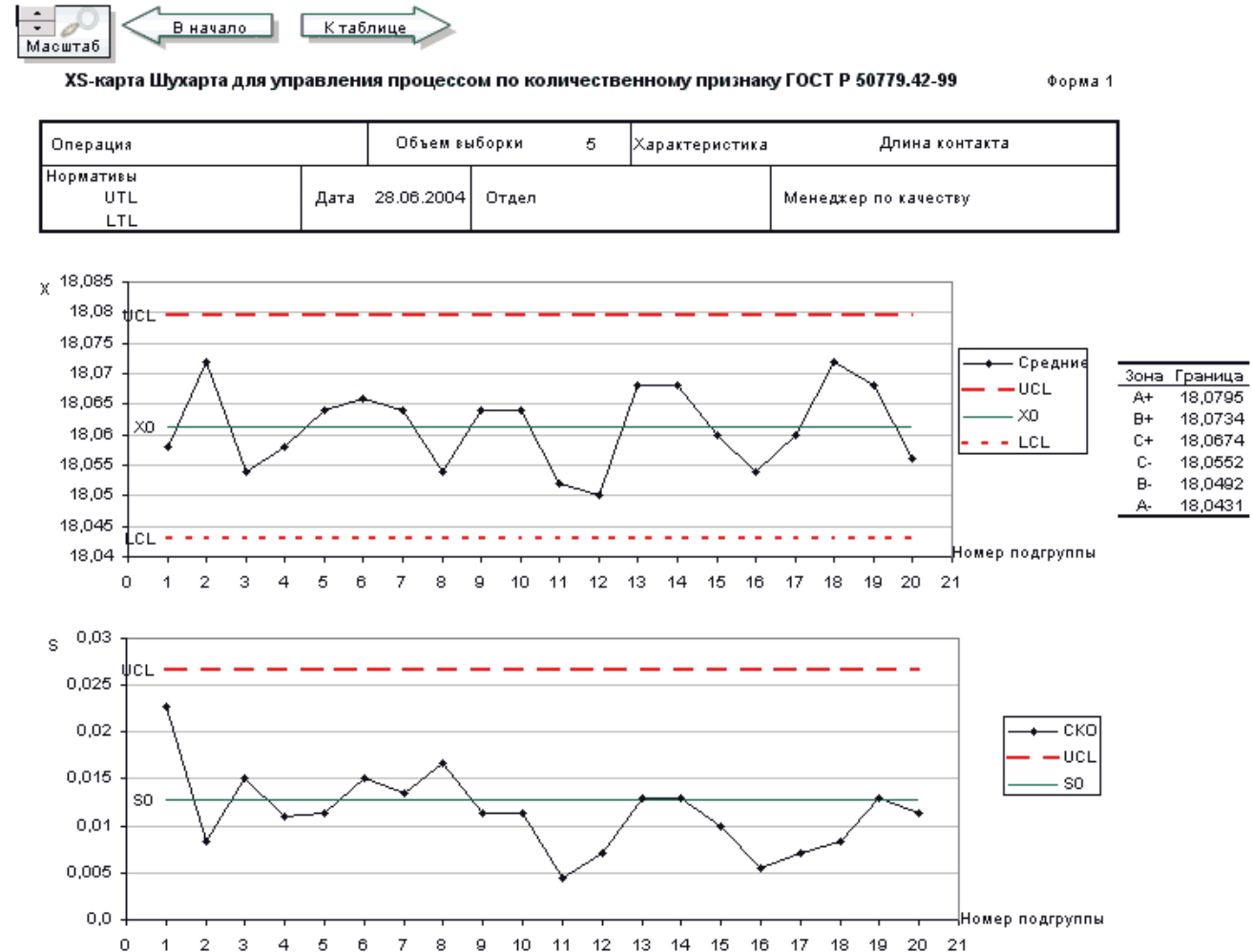
Параметр	Значение	Дата	Время	Факт	Откл	Ок/NG
Количество измерений	96	7.01.2019	11:00	1,6560	0,0560	NG
Минимальное значение	1,6240	7.01.2019	11:00	1,6440	0,0440	OK
Максимальное значение	1,6680	7.01.2019	11:00	1,6590	0,0590	NG
Среднее значение	1,6518	7.01.2019	11:00	1,6280	0,0280	OK
Стандартное отклонение	0,01061	7.01.2019	11:00	1,6550	0,0550	NG
Случаев, измеренное значение < LSL	0	7.01.2019	11:00	1,6550	0,0550	NG
Случаев, измеренное значение > USL	56	7.01.2019	11:00	1,6600	0,0600	NG
Суммарное значение случаев	56	7.01.2019	11:00	1,6680	0,0680	NG
Кол-во значений за пределами UCLT и LCLT	30	7.01.2019	11:00	1,6480	0,0480	OK
Кол-во значений в пределах UCLT и LCLT	10	7.01.2019	11:00	1,6490	0,0490	OK
		7.01.2019	11:00	1,6660	0,0660	NG
		7.01.2019	11:00	1,6350	0,0350	OK
Ноm - Номинальное значение поля допуска	1,6000	7.01.2019	11:00	1,6560	0,0560	NG
UCLT - Нижняя контрольная граница	1,6000	7.01.2019	11:00	1,6470	0,0470	OK
UCLT - Верхняя контрольная граница	1,6375	7.01.2019	11:00	1,6480	0,0480	OK
LSL - Нижняя граница поля допуска	1,6000	7.01.2019	11:00	1,6500	0,0500	OK
USL - Верхняя граница поля допуска	1,6500	7.01.2019	11:00	1,6420	0,0420	OK
		7.01.2019	11:00	1,6570	0,0570	NG
		7.01.2019	11:00	1,6560	0,0560	NG
		7.01.2019	11:00	1,6240	0,0240	OK

Параметры детали

Параметр	Ноm	Min	Max	№ карты
Линейный размер	40,0000	-0,2500	0,0000	14-16-4-1-1
Линейный размер	28,8000	-0,1050	0,1050	14-16-4-1-2
Линейный размер	19,2000	-0,1050	0,1050	14-16-4-1-3
Линейный размер	9,6000	-0,0750	0,0750	14-16-4-1-4
Диаметр	2,0000	-0,0500	0,0000	14-16-4-24-5
Позиционный допуск по X-axis	-9,6000	-0,0250	0,0250	14-16-4-34-6
Позиционный допуск по Y-axis	-9,6000	-0,0250	0,0250	14-16-4-35-7
Истинное положение_X	0,0000	0,0000	0,1000	14-16-4-4-8
Истинное положение_Y	0,0000	0,0000	0,1000	14-16-4-3-9
Позиционный допуск по X-axis	9,6000	-0,0250	0,0250	14-16-4-34-10
Позиционный допуск по Y-axis	9,6000	-0,0250	0,0250	14-16-4-35-11
Диаметр	1,6000	0,0000	0,0500	14-16-4-24-12
Позиционный допуск по X-axis	-14,4000	-0,0500	0,0500	14-16-4-34-13
Позиционный допуск по Y-axis	-14,4000	-0,0500	0,0500	14-16-4-35-14
Истинное положение_X	0,0000	0,0000	0,1500	14-16-4-4-15
Истинное положение_Y	0,0000	0,0000	0,1500	14-16-4-3-16
Позиционный допуск по X-axis	-4,8000	-0,0500	0,0500	14-16-4-34-17
Позиционный допуск по X-axis	4,8000	-0,0500	0,0500	14-16-4-34-18
Позиционный допуск по X-axis	14,4000	-0,0500	0,0500	14-16-4-34-19
Позиционный допуск по Y-axis	-4,8000	-0,0500	0,0500	14-16-4-35-20
Истинное положение_X	0,0000	0,0000	0,1480	14-16-4-4-21

# Анализ SPC

- Анализ SPC – модуль анализа процесса производства, позволяет определить возможности оцениваемого оборудования и технологического процесса, отладить технологический процесс и добиться его стабильности, управлять стабильным процессом во времени с помощью контрольных карт X, X-I, X-R.



# Анализ MSA

Анализ MSA - модуль анализа измерительных систем, позволяет дать заключение относительно приемлемости используемой измерительной системы через ее количественные характеристики.

Анализ измерительных систем																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Операция 090			MSA - метод средних и размахов (GRR)										Протокол №:		№1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Название детали:			Название показателя:					Параметр			Название измерительного средства:				Наименование СИ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Номер детали:			Спецификация показателя:					φ 45 +0,012/-0,018			Номер измерительного средства:				Дата проверки																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Значение:			Широта поля допуска					T			Дата оценки:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Замечания:			Вариативность процесса:					0,006			Оценки:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Контролер			A -					B -					C -					Среднее значение (частей)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Идентиф. (часть)			Попытка 1	Попытка 2	Попытка 3	Размах	Среднее	Попытка 1	Попытка 2	Попытка 3	Размах	Среднее	Попытка 1	Попытка 2	Попытка 3	Размах	Среднее																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1			45,01550	45,01530	45,01540	0,0002	45,0154	45,01550	45,01530	45,01540	0,0002	45,0154	45,01550	45,01530	45,01540	0,0002	45,0154	45,0154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
2			45,01570	45,01580	45,01580	0,0001	45,0158	45,01570	45,01580	45,01580	0,0001	45,0158	45,01570	45,01580	45,01580	0,0001	45,0158	45,0158																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
3			45,01600	45,01570	45,01600	0,0003	45,0159	45,01600	45,01590	45,01600	0,0001	45,0160	45,01600	45,01590	45,01600	0,0002	45,0159	45,0159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
4			45,01530	45,01510	45,01550	0,0003	45,0151	45,01540	45,01510	45,01550	0,0004	45,0152	45,01540	45,01510	45,01528	0,0003	45,0153	45,0152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
5			45,01390	45,01380	45,01360	0,0003	45,0136	45,01390	45,01380	45,01360	0,0003	45,0136	45,01390	45,01380	45,01360	0,0003	45,0136	45,0136																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
6			45,01700	45,01735	45,01710	0,0003	45,0172	45,01700	45,01740	45,01710	0,0004	45,0172	45,01700	45,01740	45,01710	0,0004	45,0172	45,0172																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
7			45,01550	45,01540	45,01540	0,0001	45,0154	45,01550	45,01540	45,01540	0,0001	45,0154	45,01550	45,01540	45,01540	0,0001	45,0154	45,0154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
8			45,01600	45,01570	45,01600	0,0003	45,0159	45,01600	45,01570	45,01600	0,0003	45,0159	45,01600	45,01570	45,01600	0,0003	45,0159	45,0159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
9			45,01650	45,01645	45,01650	0,0001	45,0165	45,01650	45,01650	45,01650	0,0000	45,0165	45,01650	45,01650	45,01650	0,0001	45,0165	45,0165																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
10			45,01330	45,01310	45,01330	0,0001	45,0130	45,01330	45,01310	45,01330	0,0001	45,0130	45,01330	45,01310	45,01330	0,0000	45,0130	45,0130																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Среднее по контролерам:																		0,0002		45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154	0,0001	45,0154

Спасибо за внимание!