



Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

# **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

на тему:

**“Исследование метрологических характеристик  
видеомикроскопа”**

Руководитель: к.т.н. Ефремов Н.Ю.

Обучающийся: Киселёва И.В.

Группы ИИ242

Санкт-Петербург  
2018 год

**Цель работы** — исследовать метрологические характеристики видеомикроскопа StarLite 150.

**Задачи:**

- ◎ Изучить видеоизмерительную систему StarLite 150;
- ◎ Выбрать меры длины для проведения исследования;
- ◎ Разработать порядок проведения измерений линейных и угловых размеров видеоизмерительной системой StarLite150;
- ◎ Провести измерения базовых размеров концевых мер длины;
- ◎ Выполнить обработку результатов измерений.

# Средства измерений линейных и угловых размеров

```
graph TD; A[Средства измерений линейных и угловых размеров] --> B[Контактные]; A --> C[Бесконтактные];
```

## Контактные

- ◎ Линейка;
- ◎ Штангенциркуль;
- ◎ Микрометр;
- ◎ Нутромер;
- ◎ КИМ;
- ◎ И др.

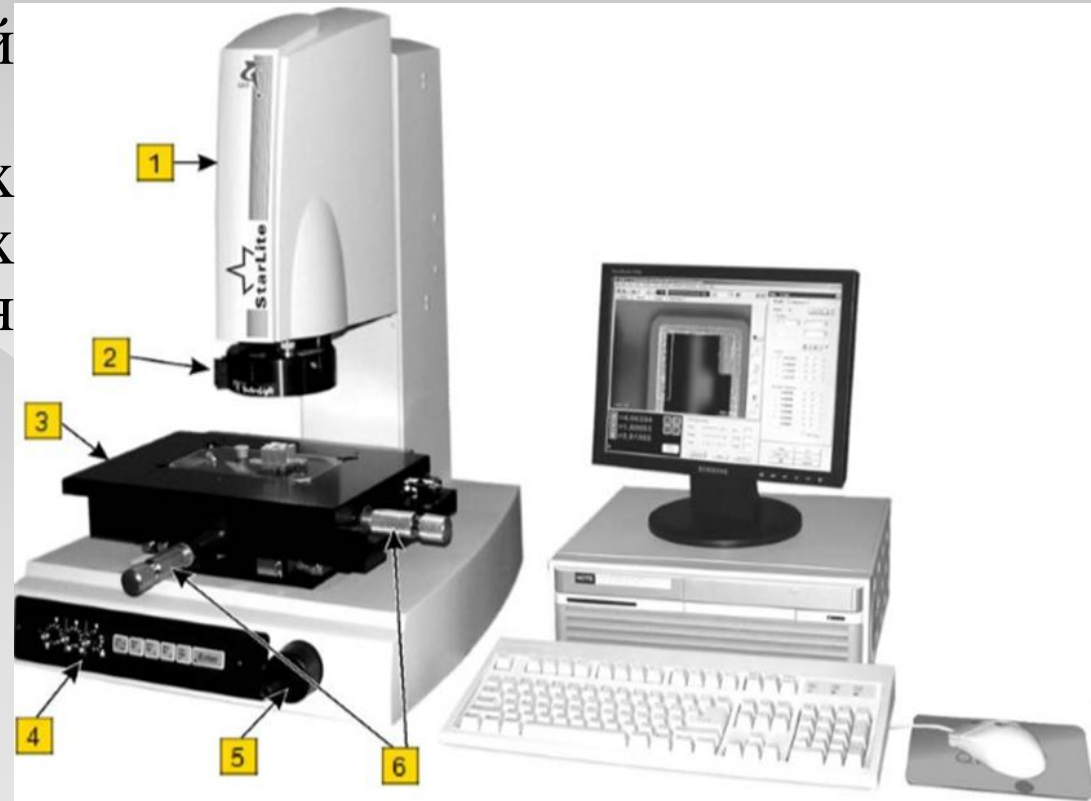
## Бесконтактные

- ◎ Микроскоп универсальный измерительный;
- ◎ Дальномер;
- ◎ Лазерный трекер, сканер;
- ◎ Видеомикроскоп;
- ◎ И др.

# Видеоизмерительная система StarLite150

Отличие данной видеоизмерительной системы от обычных ручных измерительных микроскопов является наличие:

- ◎ камеры с моторизованным зум-объективом;
- ◎ светодиодной нижней и верхней кольцевой подсветки;
- ◎ ручной привод перемещения рабочего стола;
- ◎ автоматическое программное обеспечение Measure-X.



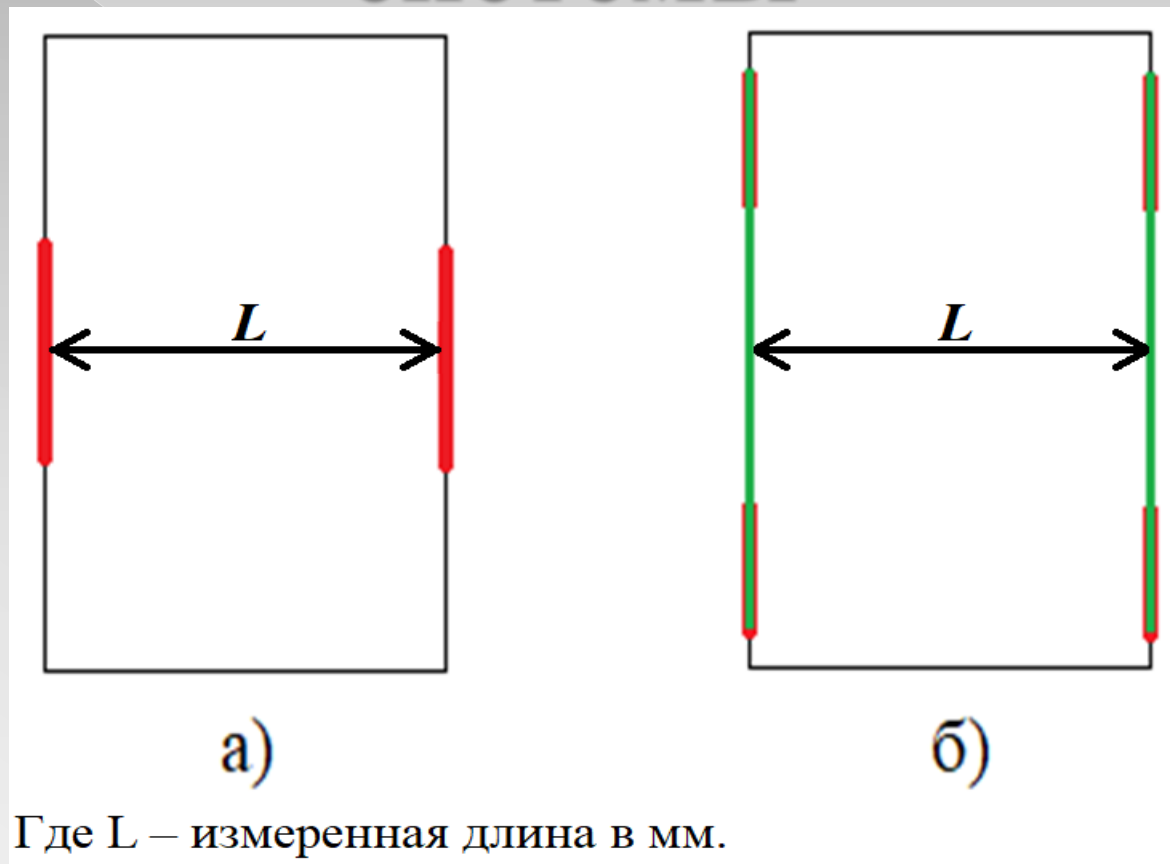
- 1 Крышка блока оптики
- 2 Векторная подсветка
- 3 Рабочий стол
- 4 Панель управления
- 5 Ручка настройки положения по оси Z
- 6 Органы управления приводами осей XY

# Метрологические и технические характеристики видеоизмерительного микроскопа StarLite150:

Модель	StarLite150
Диапазоны измерений: - по оси X, мм - по оси Y, мм - по оси Z, мм	от 0 до 150 вкл. от 0 до 75 вкл. от 0 до 105 вкл.
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений по осям X,Y, мкм	$\pm (3,5+6L/1000)^*$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности в плоскости осей XY, мкм	$\pm (4,5+8L/1000)^*$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений по оси Z, мкм	$\pm (7,0+8L/1000)^*$
Увеличение	0,9х – 4,5х
Разрешение измерительных шкал, мкм	1
Напряжение питающей сети, В	(от 230 до 240) $\pm$ 10%
Частота, Гц	от 50 до 60 вкл.
Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	600 575 765
Масса, кг, не более	43
Диапазон рабочих температур, °С	от 15 до 30 вкл.
Относительная влажность окружающей среды, %	не более 80

\* Где L – измеренная длина в мм.

# Проведение измерений при помощи ручной настольной измерительной системы



2 способа измерений – измерения при помощи двух параллельных  
линий (а) и при помощи 2 параллельных линий снизу и сверху,  
соединенных по две с каждой стороны (б)



# Выбор мер длины для проведения исследования

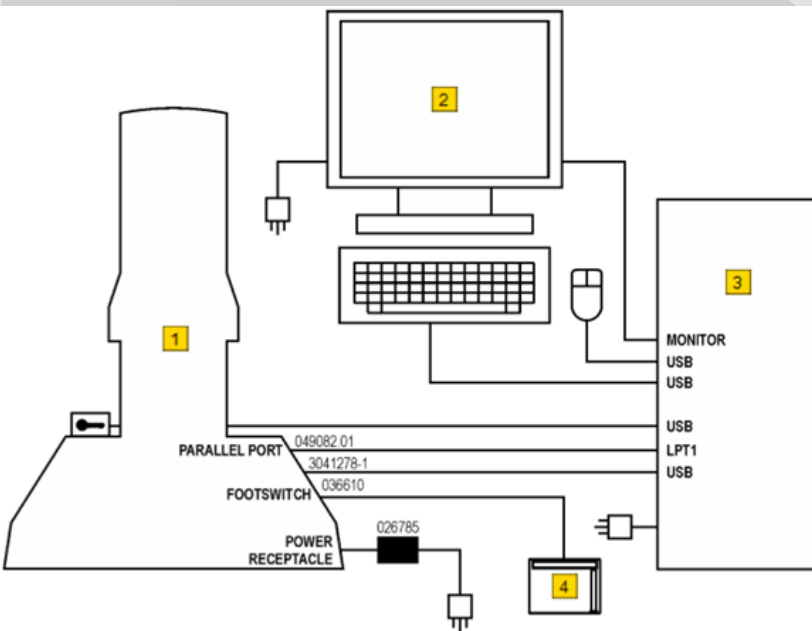
Для проведения исследования были выбраны следующие концевые меры ГОСТ 9038-73:

- ☉ Концевая мера длиной 0,5 мм из стали класса точности 1 из набора N11: концевая мера 1-0,5 ГОСТ 9038-90;
- ☉ Концевая мера длиной 5 мм из стали класса точности 2 из набора N1: концевая мера 2-5 ГОСТ 9038-90;
- ☉ Концевая мера длиной 80 мм из стали класса точности 2 из набора N1: концевая мера 2-80 ГОСТ 9038-90.

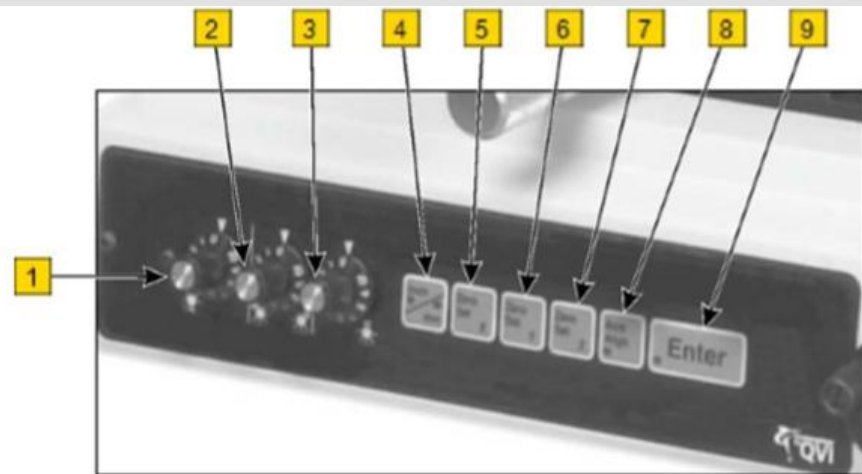


# Порядок выполнения измерений линейных размеров системой StarLite 150

- ◎ Подготовка к проведению измерений;
- ◎ Проведение измерений;
- ◎ Завершение проведения измерений.



- 1 Машина
- 2 Монитор
- 3 Контроллер системы
- 4 Педаль (опция)



- 1 Ручка управления нижней подсветкой
- 2 Ручка управления кольцевой подсветкой
- 3 Ручка управления подсветкой поверхности
- 4 Кнопка переключения единиц измерений
- 5 Кнопка обнуления показаний оси X
- 6 Кнопка обнуления показаний оси Y
- 7 Кнопка обнуления показаний оси Z
- 8 Кнопка обнуления угла осей
- 9 Кнопка ввода показаний



# Проведение измерений способом а)

The screenshot displays a CAD software interface with three measurement views and a data table.

**Top Row (Measurement Views):**

- Left View:** A 3D model of a part with a red rectangular selection box. The status bar indicates "УВЕЛИЧ. 24.0x".
- Middle View:** A 2D cross-section view with a yellow rectangular selection box. The status bar indicates "Свет 85%" and "УВЕЛИЧ. 24.0x".
- Right View:** A 2D cross-section view with a yellow rectangular selection box. The status bar indicates "Свет 85%" and "УВЕЛИЧ. 24.0x".

**Bottom Row (Data Table and CAD Navigator):**

The bottom row shows a "Редактор" (Editor) window with a table of measurement data and a "САД-навигатор" (CAD Navigator) window.

Шаг	Элемент	Позиция X/Y	Позиция Z	Размер	База
1	Линия	+5.7452	+4.6833	+143.4202	+090:31:50
2	Линия	+0.7435	+5.0809	+143.4202	+270:30:54
3	Шероховатость	N/A	N/A	N/A	N/A

The table is part of a "Редактор" window. The "САД-навигатор" window shows a 3D model of the part with a green crosshair indicating the current position.

# Проведение измерений способом б)

The screenshot displays a CAD software interface with a main view showing a 3D model of a part. The model is highlighted with a yellow box, indicating the measurement area. The interface includes a CAD navigator on the right and a results table at the bottom.

**Results Table:**

Шаг	Элемент	Позиция X/R	Позиция Y/A	Позиция Z	Размер База
1	Линия	+0.7308	+7.6523	+143.4202	+270:30:15
2	Линия	+5.7276	+7.4624	+143.4202	+090:30:53
3	Линия	+0.8873	-18.0840	+143.4202	+270:31:40
4	Линия	+5.8831	-18.0610	+143.4202	+090:31:40

**7. Ширина**

Результаты | Допуски

Элемент 2

Модификаторы

Усреднение

XY

Результаты

H	+4.9957		
I	-90.2055		
X	-3.3072		
Y	-5.2576		
Z	+143.4202		

Геометрические допуски

+0.0000

☐ Diametrical tolerance zone

☐ Skip ☐ Поток данных ☐ Hide

Вставить в позицию: 7

Снова Очист.

Указания / Текст... Поиск

OK Отмена

**Результаты**

Шаг	Элемент	Позиция X/R	Позиция Y/A	Позиция Z	Размер База
1	Линия	+0.7308	+7.6523	+143.4202	+270:30:15
2	Линия	+5.7276	+7.4624	+143.4202	+090:30:53
3	Линия	+0.8873	-18.0840	+143.4202	+270:31:40
4	Линия	+5.8831	-18.0610	+143.4202	+090:31:40
5	Линия	+0.8090	-5.2158	+143.4202	+090:20:54 3, 1
6	Линия	+5.8053	-5.2993	+143.4202	+090:20:57 4, 2
7	Шероховатость	N/A	N/A	N/A	N/A

# Результаты измерений концевых мер

Концевая мера 0,5 мм		Концевая мера 5 мм		Концевая мера 80 мм	
Способ а)	Способ б)	Способ а)	Способ б)	Способ а)	Способ б)
0.4915	0.4789	4.9979	4.9957	79.9873	79.9955
0.4906	0.4813	4.9946	4.9961	79.9935	79.9970
0.4937	0.4748	4.9950	4.9953	79.9860	79.9915
0.4897	0.4987	4.9953	4.9954	79.9884	79.9936
0.5028	0.5172	4.9950	4.9946	79.9866	79.9923
0.4870	0.4939	4.9956	4.9950	79.9808	79.9981
0.4974	0.4936	4.9954	4.9951	79.9816	79.9975
0.5083	0.4689	4.9948	4.9958	79.9974	79.9916
0.5085	0.4899	4.9948	4.9950	79.9932	79.9987
0.5212	0.5176	4.9952	4.9942	79.9953	79.9889

# Обработка результатов измерений

Концевая мера	0,5 мм		5 мм		80 мм	
Пункт расчета	Способ а)	Способ б)	Способ а)	Способ б)	Способ а)	Способ б)
1. $\bar{X}$ , мм	0,499	0,491	4,995	4,995	79,989	79,993
2. $\sigma$ , мм	0,011	0,017	0,0009	0,0006	0,0057	0,0006
3. $\sigma_{\bar{X}}$ , мм	0,022	0,003	0,0002	0,0001	0,00007	0,00004
4. $\delta$ , мм	0,049	0,076	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001
5. $\theta$ , мм	0,0035	0,0035	0,00353	0,00353	0,00398	0,00398
6. $\frac{\theta}{\sigma_{\bar{X}}}$	0,16 < 0,8, т.к. значение данного отношения менее 0,8, то пренебрегаем систематическо й погрешностью	0,1 < 0,8, т.к. значение данного отношения менее 0,8, то пренебрегаем систематическо й погрешностью	18,7 > 8, т.к. значение данного отношения более 8, то пренебрегаем случайной погрешностью	31 > 8, т.к. значение данного отношения более 8, то пренебрегаем случайной погрешностью	56,3 > 8, т.к. значение данного отношения более 8, то пренебрегаем случайной погрешностью	96,8 > 8, т.к. значение данного отношения более 8, то пренебрегаем случайной погрешностью
7. Результат	X = (0,499 ± 0,049) мм, при P=0,95	X = (0,491 ± 0,076) мм, при P=0,95	X = (4,9954 ± 0,0035) мм, при P=0,95	X = (4,9952 ± 0,0035) мм, при P=0,95	X = (79,9890 ± 0,0039) мм, при P=0,95	X = (79,9926 ± 0,0039) мм, при P=0,95

# Заключение

Цель работы достигнута и выполнены все поставленные задачи:

- ◎ Изучена видеоизмерительная система StarLite 150;
- ◎ Выбраны меры длины для проведения исследования;
- ◎ Разработан порядок проведения измерений линейных и угловых размеров видеоизмерительной системой StarLite150;
- ◎ Проведены измерения базовых размеров концевых мер длины;
- ◎ Проведена обработка результатов измерений.