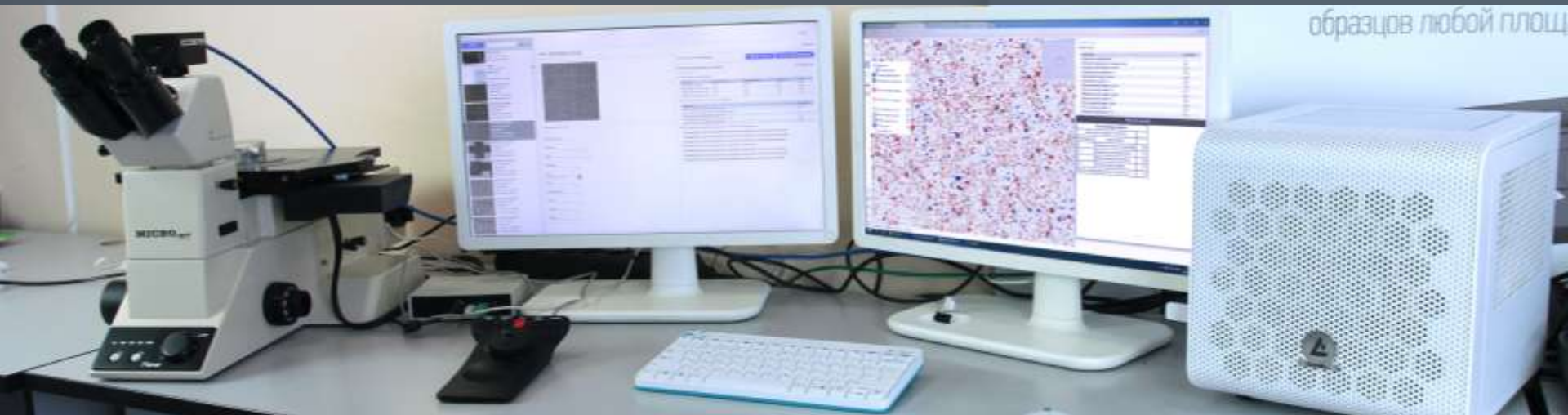


Особенности контроля микроструктуры графита в чугунах автоматическими методами



Т.А. Сивкова, ведущий специалист металлографического направления компании SIAMS

ГРУППА КОМПАНИЙ SIAMS



ООО «СИАМС»

Разработка средств автоматизации и программного обеспечения в области анализа изображений. Осуществляет внедрение и сервисное сопровождение автоматических комплексов анализа структуры материалов.

В составе компании:

- Отдел проектирования
- Отдел системных разработок
- Отдел информационных систем
- Отдел систем анализа изображений
- Отдел многомасштабного моделирования
- Группа контроля качества

Головной офис:

г. Екатеринбург, ул. Коминтерна, 16, оф.604

Год создания: 1991

Штат в 2017г.: 60 чел.

Область компетенции:

Системы анализа изображений и моделирование структур /

Systems of Image Analysis and Modeling Structures

SYSTEMS OF IMAGE ANALYSIS AND MODELING STRUCTURES



Services

ООО «СИАМС-СЕРВИС»

Разработка и внедрение медицинской информационной системы «МедОфис» для лечебно-профилактических учреждений любого профиля и формы собственности.



ГРУППА КОМПАНИЙ SIAMS
БизнесКомпьютер

ООО «БизнесКомпьютер»

Разработка и внедрение информационных систем. Автоматизация бизнес-процессов предприятий. Монтаж компьютерных сетей.



Системы
Интеллектуальной
Телемедицины

ООО «Системы Интеллектуальной Телемедицины»

Разработка программного обеспечения для обработки и передачи медицинских изображений.



SMART IMAGING
TECHNOLOGIES

Компания Smart Imaging Technologies (США)

Внедрение программного обеспечения для автоматизированного анализа изображений и трехмерного моделирования структур в областях нанотехнологий, материаловедения, биологии и др.

Системы панорамной микроскопии SIAMS



АНАЛИЗАТОР МИКРОСТРУКТУРЫ SIAMS



Анализатор фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS



Инновационные технологии
образцов любой площади

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ



Сетевые технологии SIAMS 800

ВОЗМОЖНОСТИ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ

- Трансляция видео с микроскопа через удаленный доступ
- Удаленное управление микроскопом
- Запуск анализа с других компьютеров
- Создание общей базы данных микроструктуры
- Управляемый доступ к изображениям
- Организация лабораторных работ в вузах



Удаленные рабочие места
- руководителя
- лаборанта
- эксперта
- студента



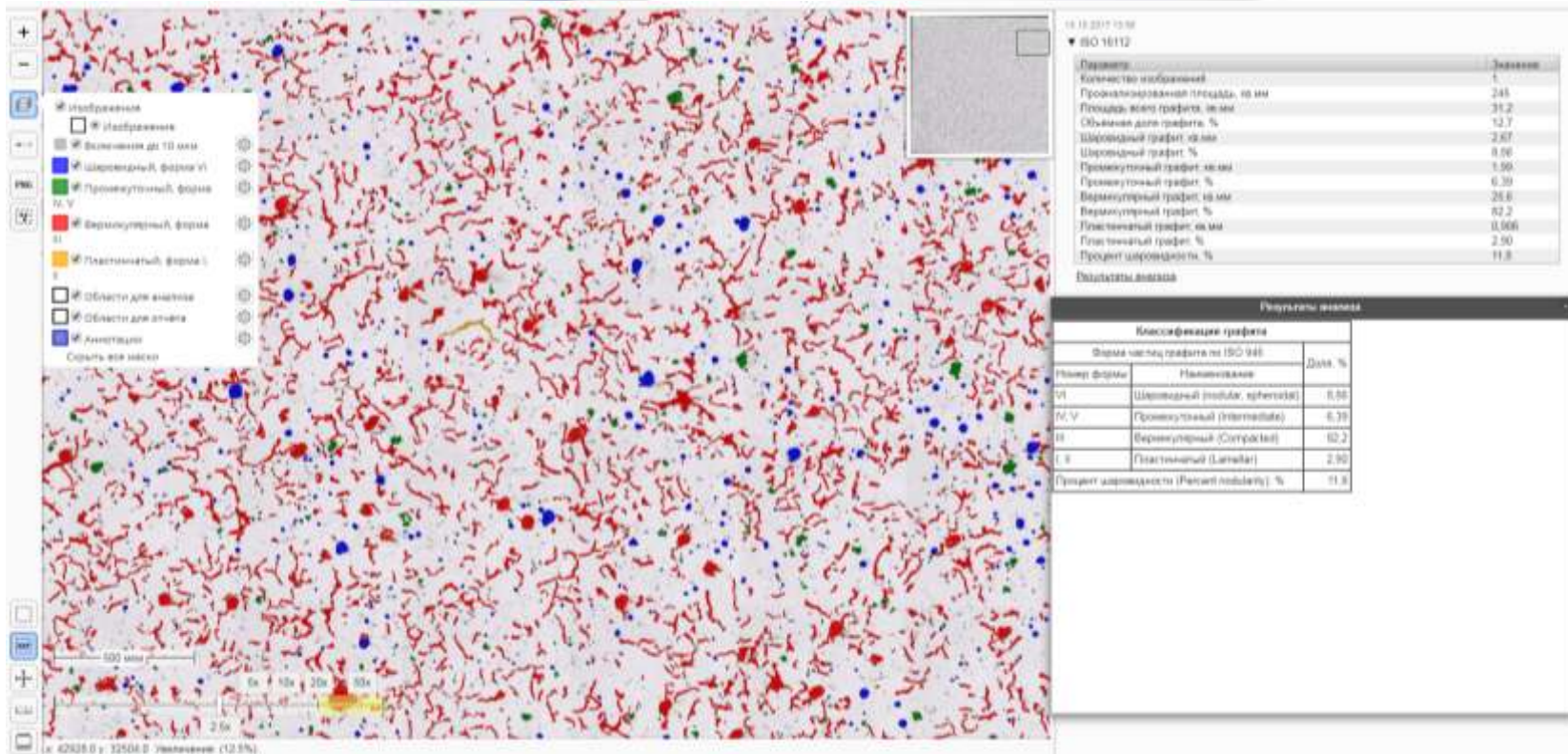
Рабочее место металлографа,
оснащенное микроскопом и
Анализатором SIAMS 800



ДЕМОНСТРАЦИЯ РАБОТЫ АНАЛИЗАТОРА SIAMS



РЕЗУЛЬТАТ АНАЛИЗА МИКРОСТРУКТУРЫ ЧВГ ПО ГОСТ Р ИСО 11612



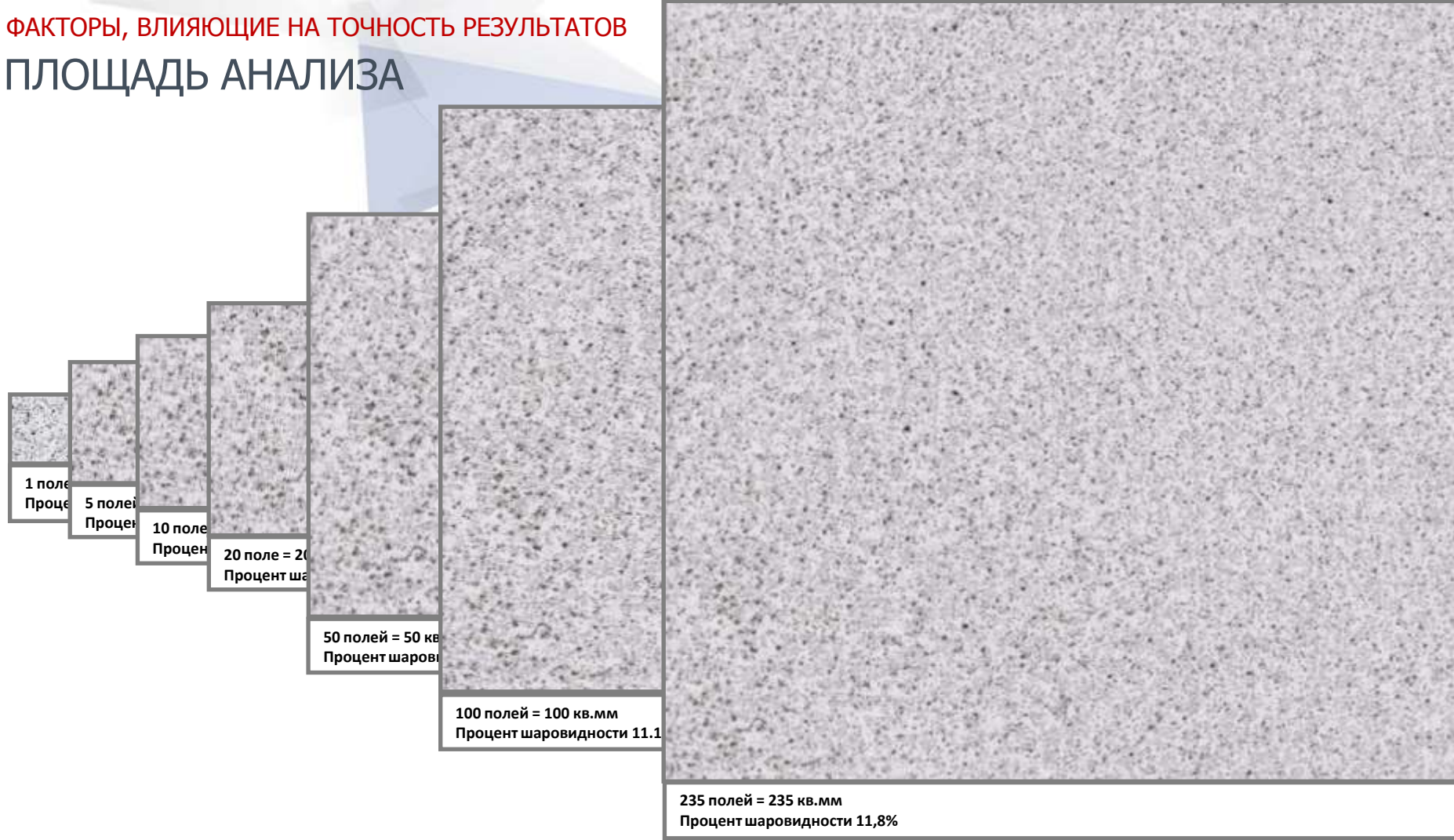
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

- 1. Площадь анализа**
- 2. Точность фокусировки в каждой точке поверхности**
- 3. Точность описания формы частиц по стандартам ISO 16112 и ISO 945**
- 4. Учет мелких частиц**
- 5. Разделение скоплений частиц**
- 6. Точность линейных измерений**

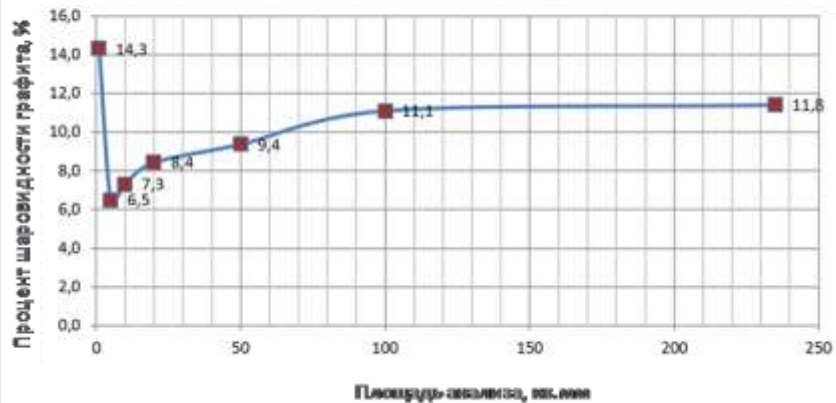
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ПЛОЩАДЬ АНАЛИЗА

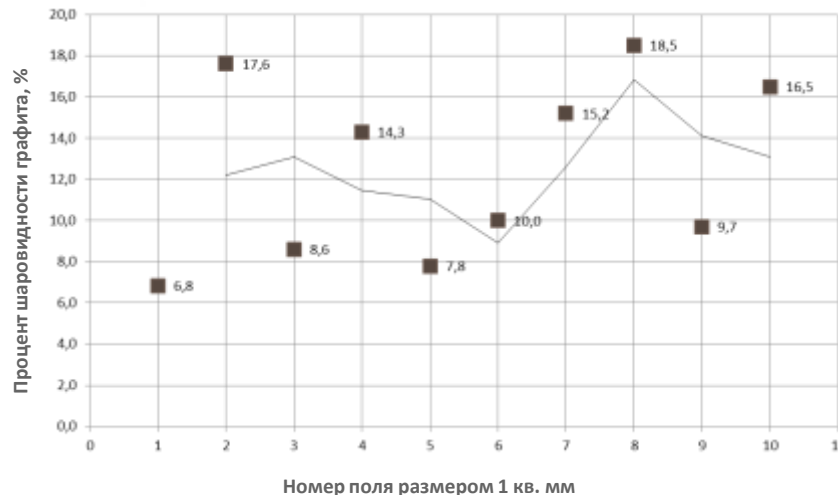


ПЛОЩАДЬ АНАЛИЗА

Зависимость процента шаровидности графита от площади анализа



Зависимость процента шаровидности графита от единичного поля

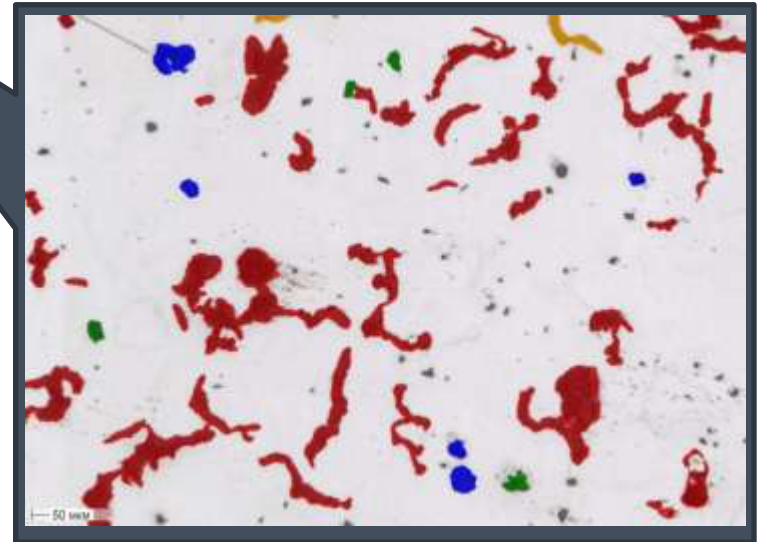


ПРЕДЛОЖЕНИЕ 1

Изменить требования по площади анализа:
вместо 4 кв.мм - не менее 200 кв.мм

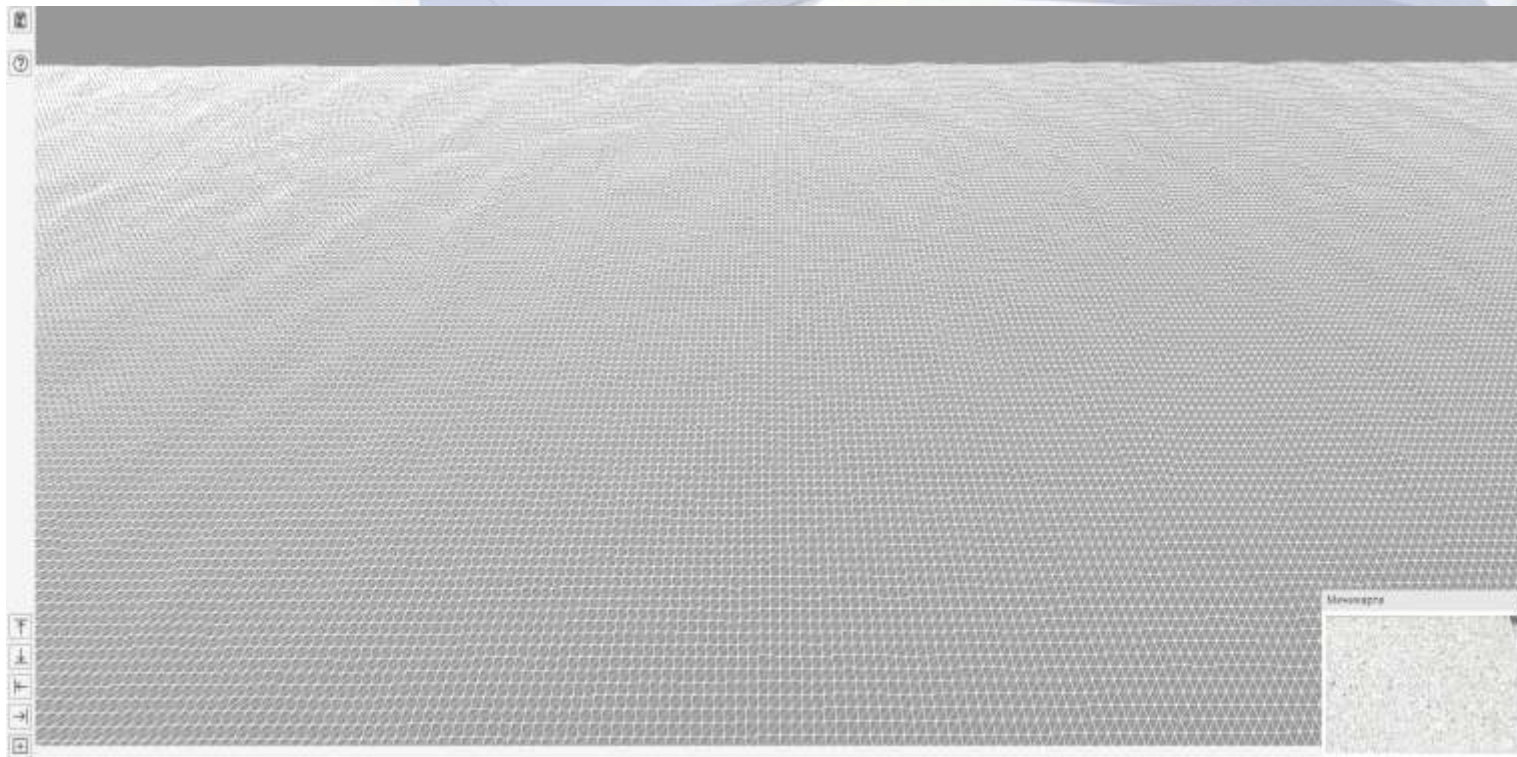
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ФОКУСИРОВКИ В КАЖДОЙ ТОЧКЕ ПОВЕРХНОСТИ



ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ФОКУСИРОВКИ В КАЖДОЙ ТОЧКЕ ПОВЕРХНОСТИ

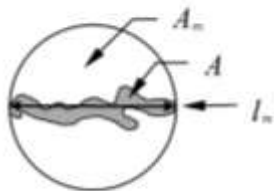


ПРЕДЛОЖЕНИЕ 2

Добавить требование к фокусировке на поверхности образца:
при съемке микрошлифа необходимо учитывать возможную кривизну
поверхности

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

$$\text{Roundness} = \frac{A}{A_m} = \frac{4 \times A}{\pi \times l_m^2}$$



Key

A_m area of circle of diameter l_m

A area of the graphite particle in question

l_m maximum axis length of the graphite particle in question = maximum distance between two points on the graphite particle perimeter

Table B.1 — Graphite particle classification by roundness-shape factor

Roundness-shape factor	Graphite form
0,625 to 1	Nodular (ISO form VI)
0,525 to 0,625	Intermediate (ISO forms IV and V)
< 0,525	Compacted (ISO form III)

Flake graphite particles and graphite particles with maximum axis length less than 10 μm are not included in the analysis.

B.7 Percent nodularity is calculated on an area basis as follows:

$$\text{Percent nodularity} = \frac{\sum A_{\text{nodules}} + 0,5 \times \sum A_{\text{intermediates}}}{\sum A_{\text{all particles}}} \times 100$$

where

A_{nodules} is the area of particles classified as spheroidal (nodular) graphite;

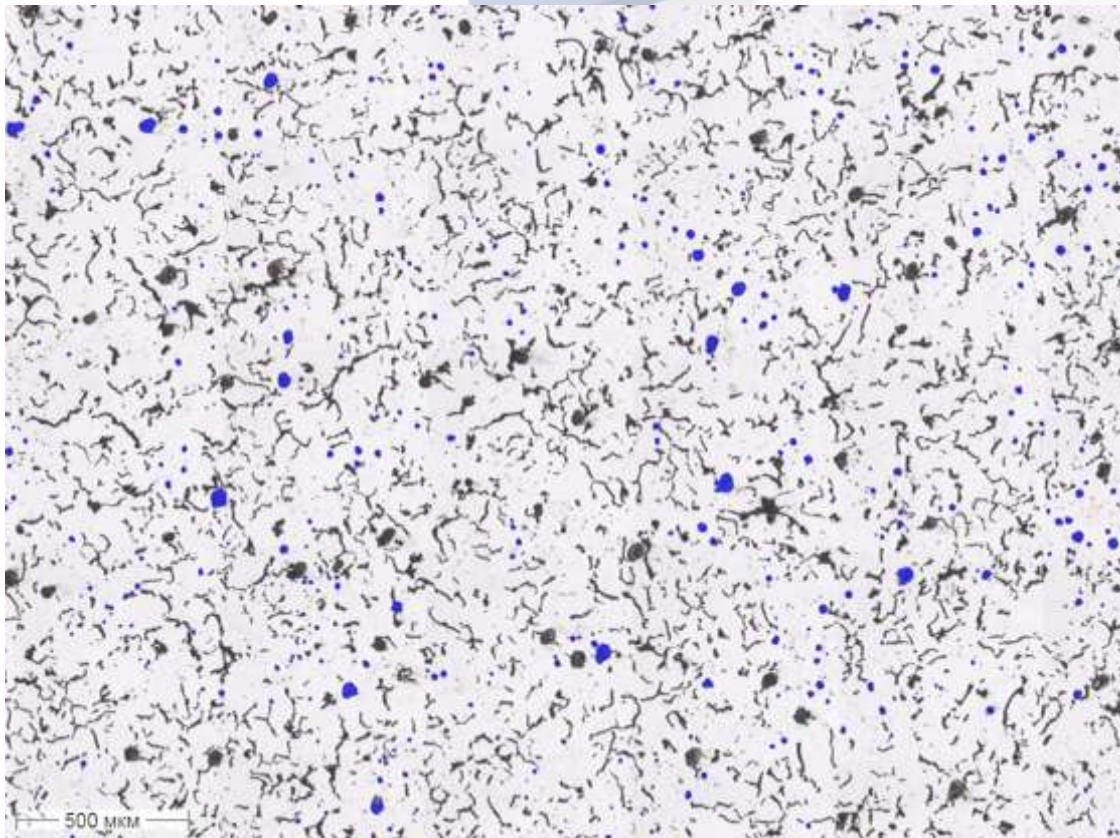
$A_{\text{intermediates}}$ is the area of particles classified as intermediate forms of graphite;

$A_{\text{all particles}}$ is the area of all graphite particles greater than 10 μm .

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

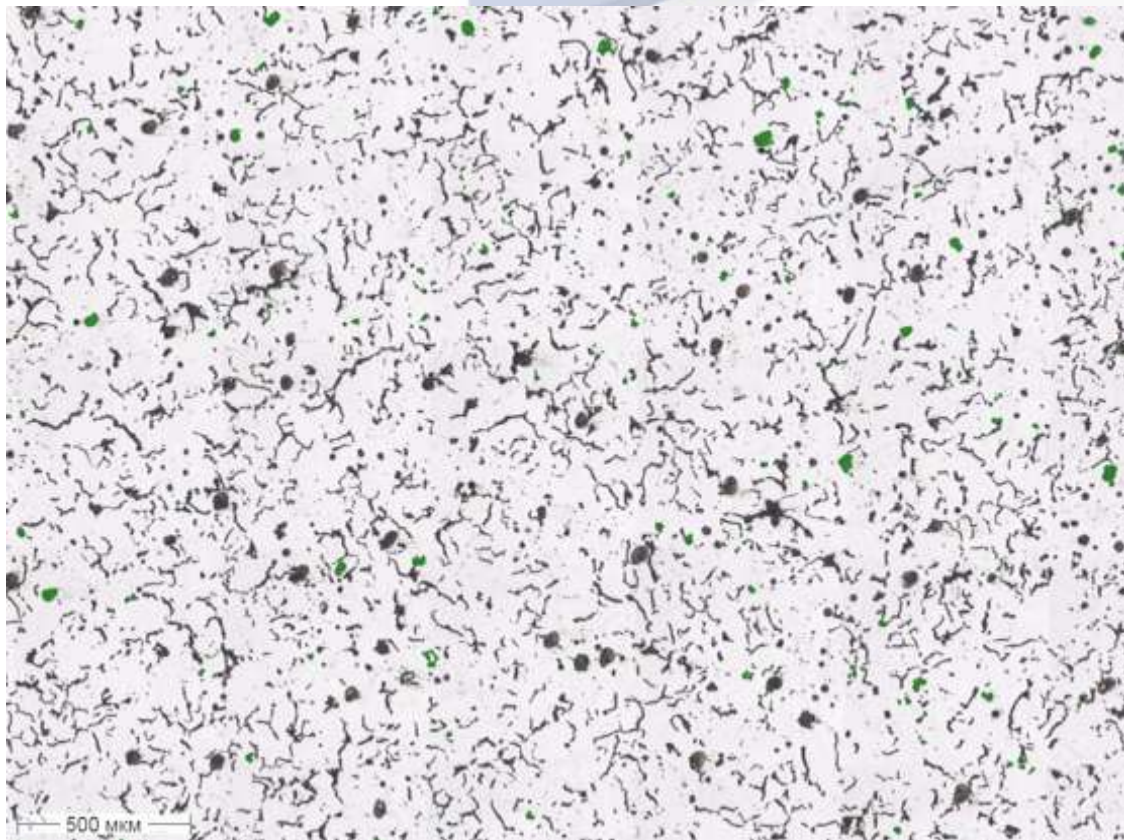
Распределение частиц по факторам формы в соответствии с ISO 16112



Форма частиц графита по ISO 16112		Доля, %
Номер формы	Наименование	
VI	Шаровидный (nodular, spheroidal)	8,6

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

Распределение частиц по факторам формы в соответствии с ISO 16112

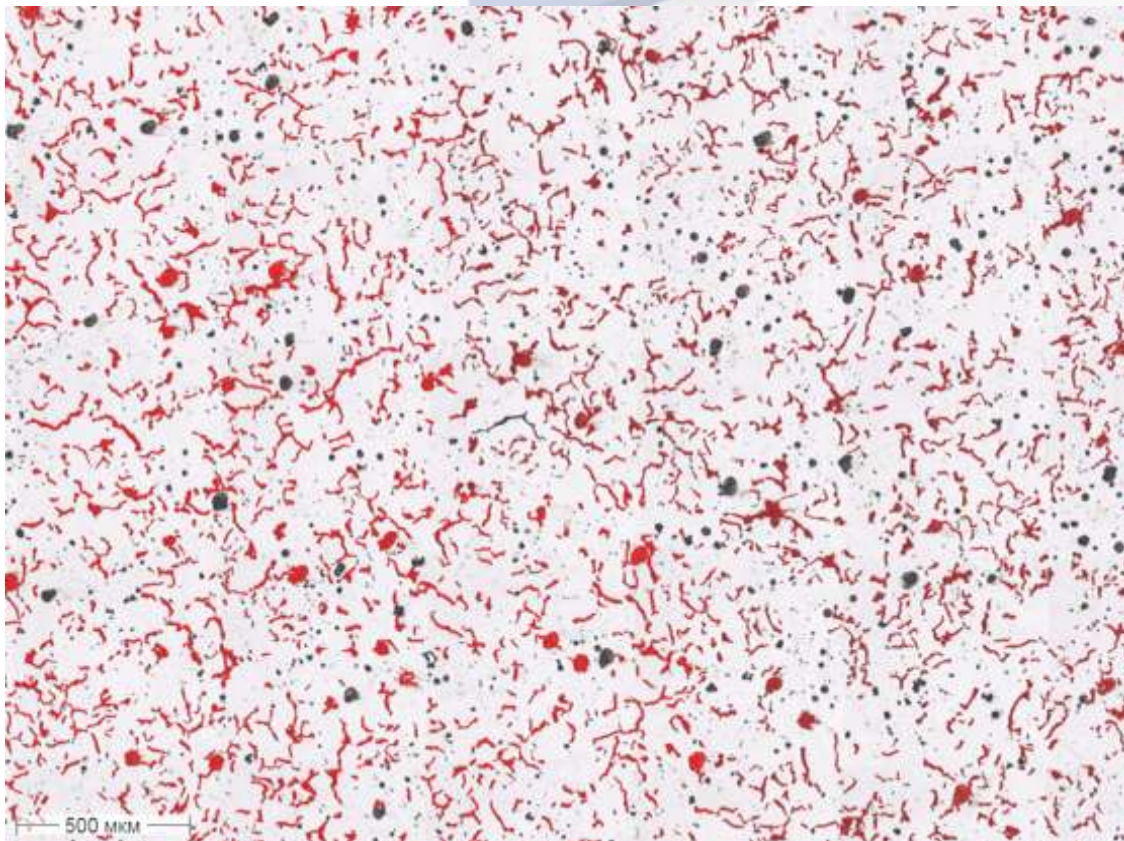


Форма частиц графита по ISO 16112		Доля, %
Номер формы	Наименование	
IV, V	Промежуточный (Intermediate)	6,4

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

Распределение частиц по факторам формы в соответствии с ISO 16112

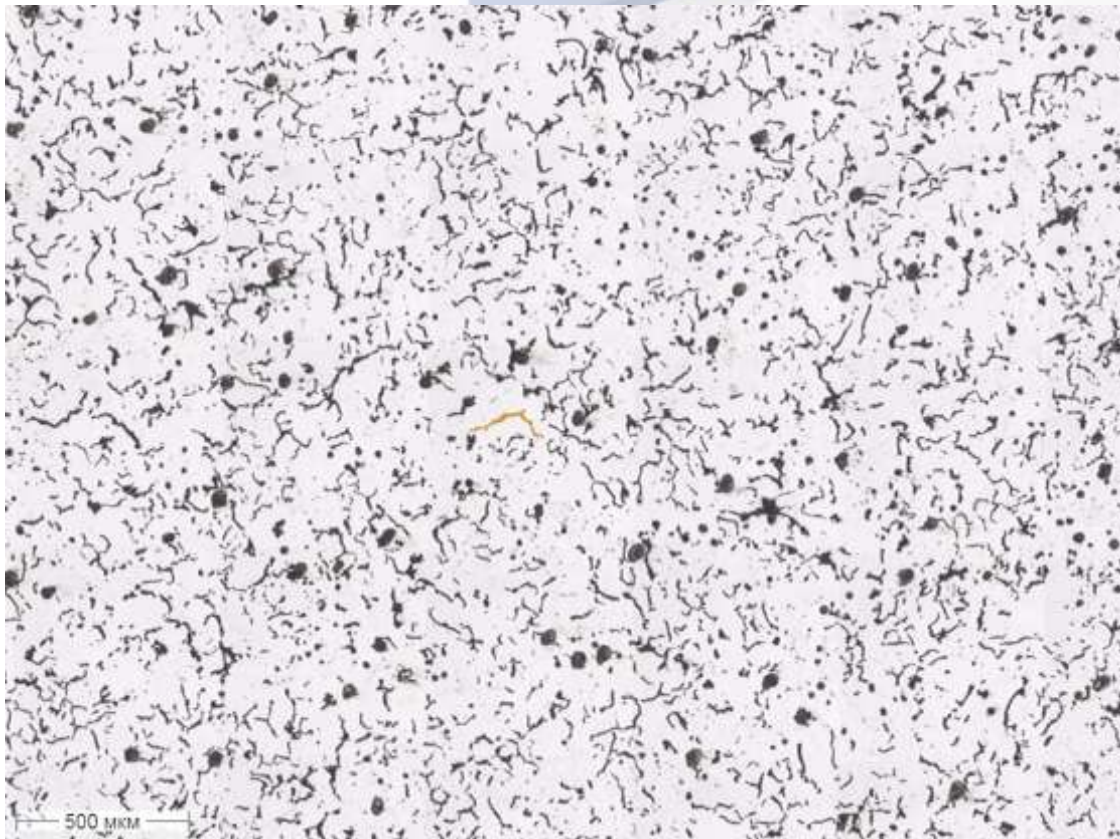


Форма частиц графита по ISO 16112		Доля, %
Номер формы	Наименование	
III	Вермикулярный (Compacted)	82,2

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

Распределение частиц по факторам формы в соответствии с ISO 16112

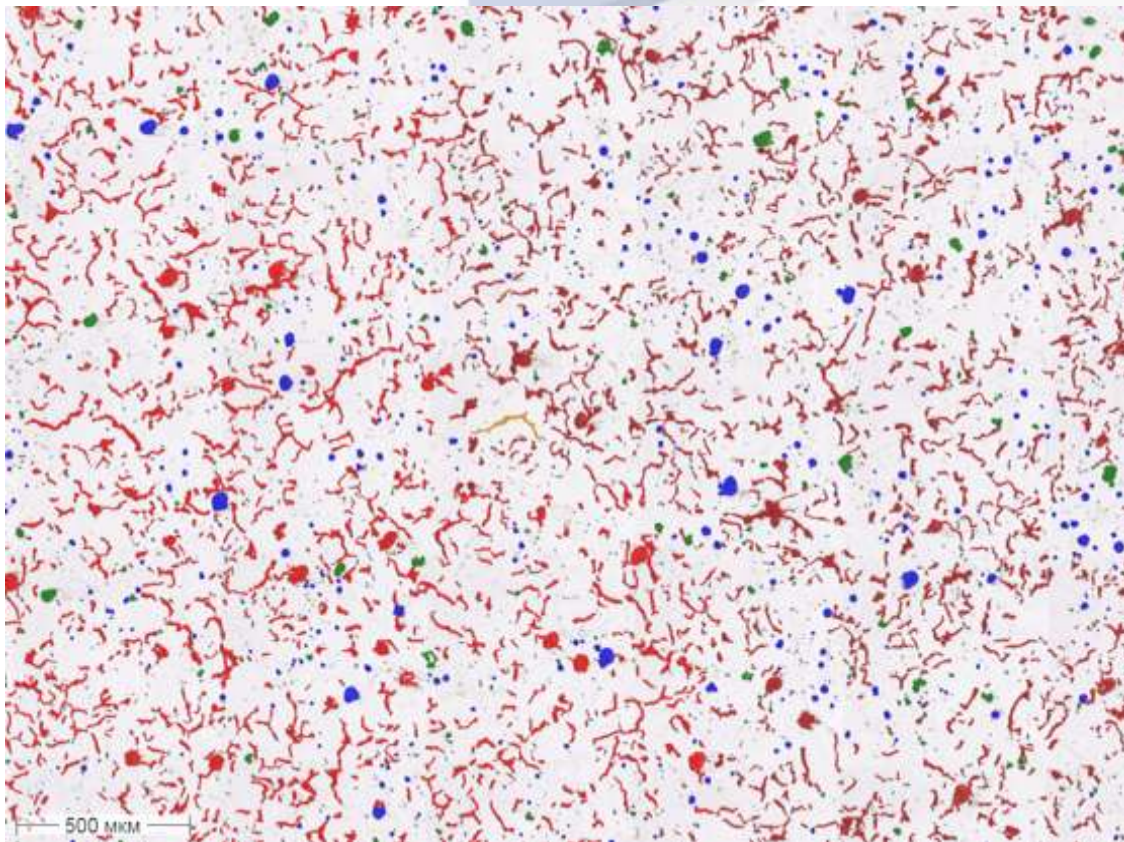


Форма частиц графита по ISO 16112		Доля, %
Номер формы	Наименование	
I, II	Пластинчатый (Lamellar)	2,9

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

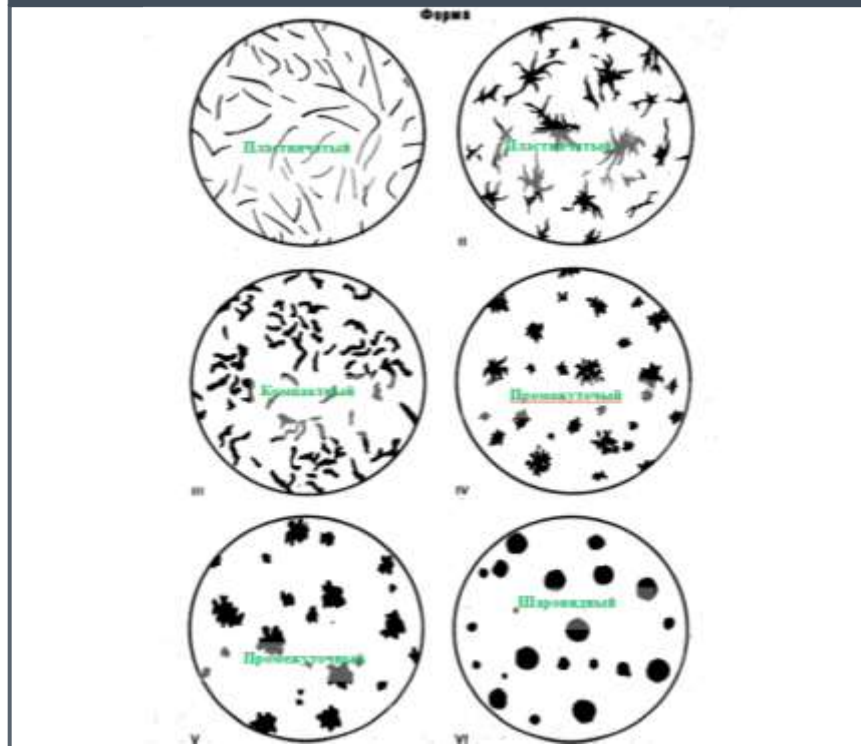
ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО ISO 16112

Распределение частиц по факторам формы в соответствии с ISO 16112



ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ:

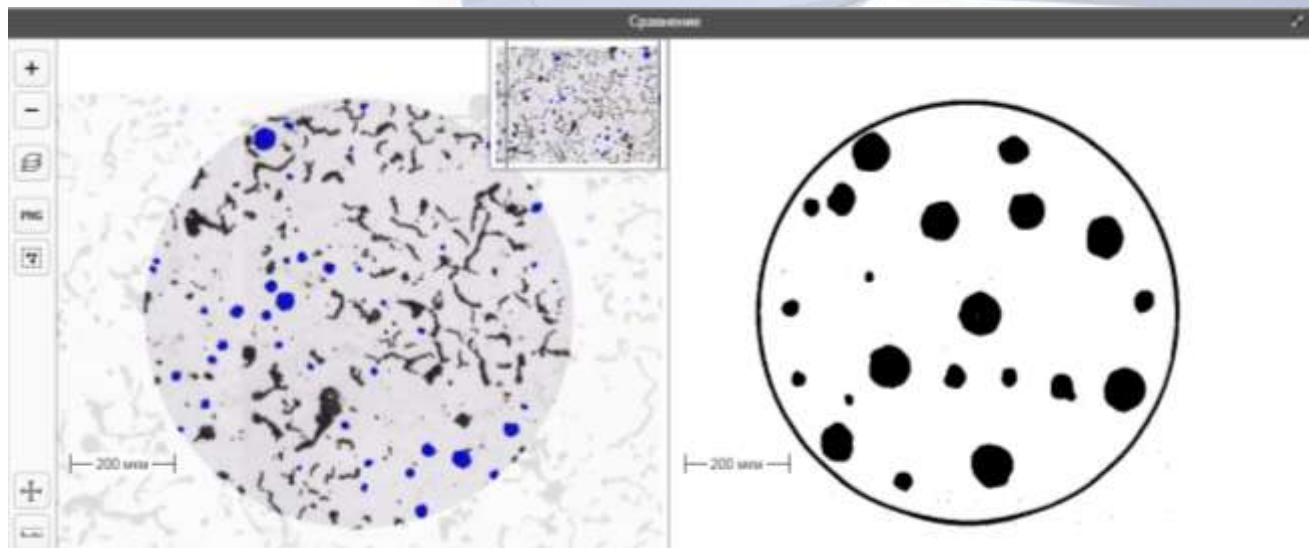
ISO 945



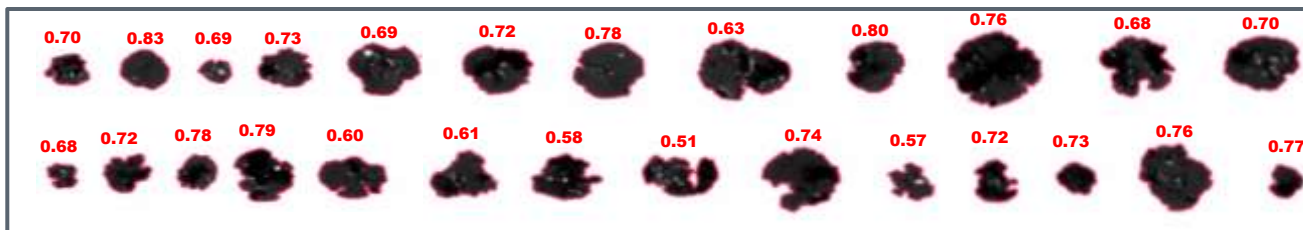
ISO 16112



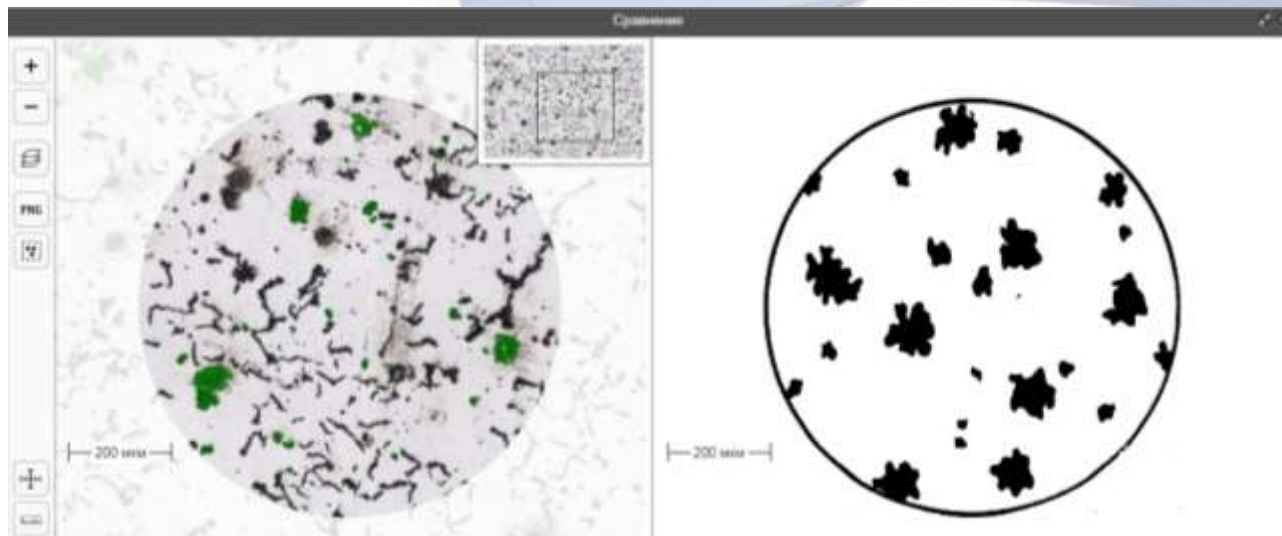
ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ



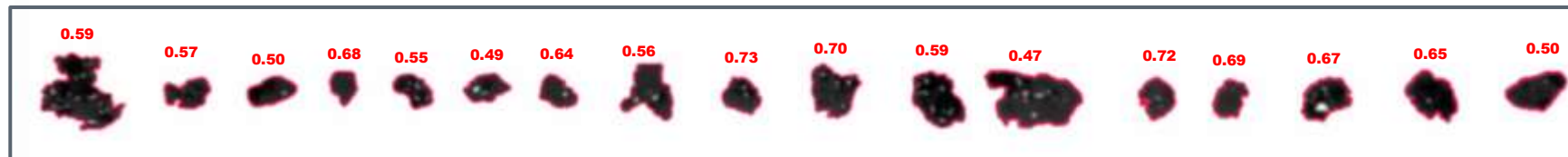
Тип графита	Номер формы по ISO 945	Фактор формы по ISO 16112	Фактор формы фактически	Несоответствие частиц, шт.
Шаровидный	VI	> 0.625	0,51 – 0,83	5 из 26 (19%)



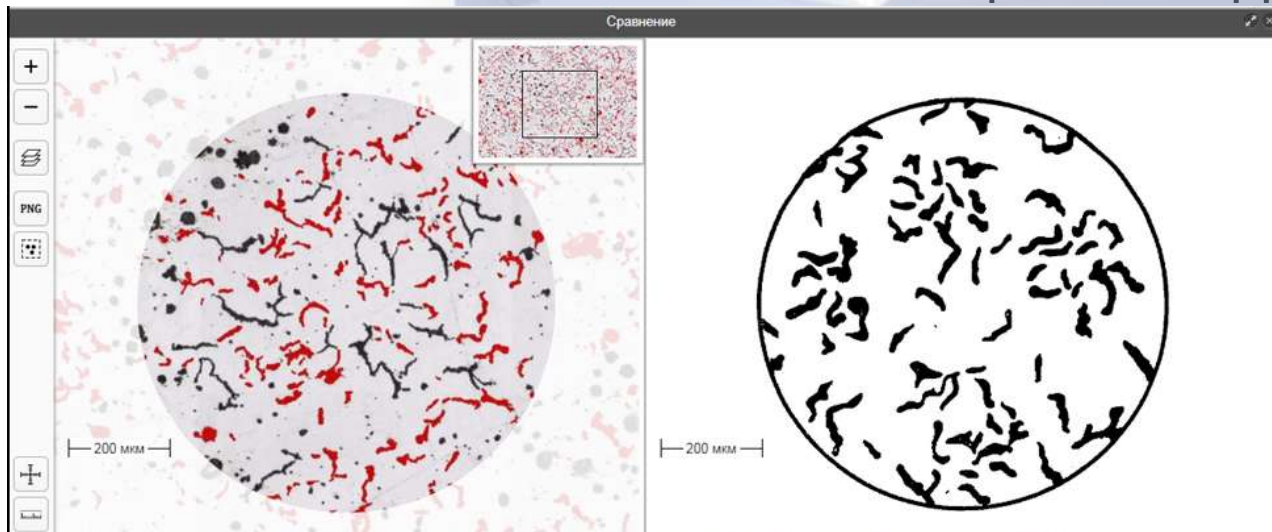
ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ



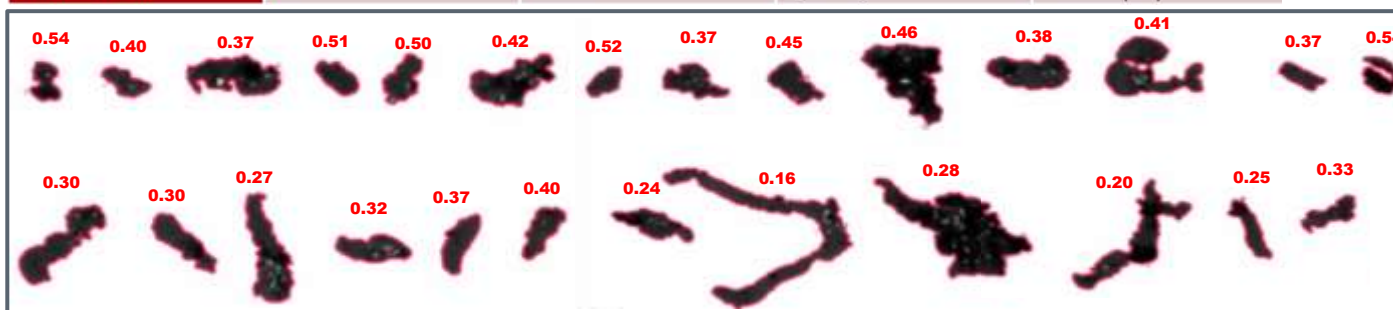
Тип графита	Номер формы по ISO	Фактор формы по ISO	Фактор формы фактически	Несоответствие частиц, шт.
Промежуточный	IV, V	0.525 - 0.625	0,47 – 0,73	11 из 17 (64,7%)



ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ



Тип графита	Номер формы по ISO	Фактор формы по ISO	Фактор формы фактически	Несоответствие частиц, шт.
Компактный	945	16112	0,16–0,54	2 из 26 (8%)
III		< 0.525		



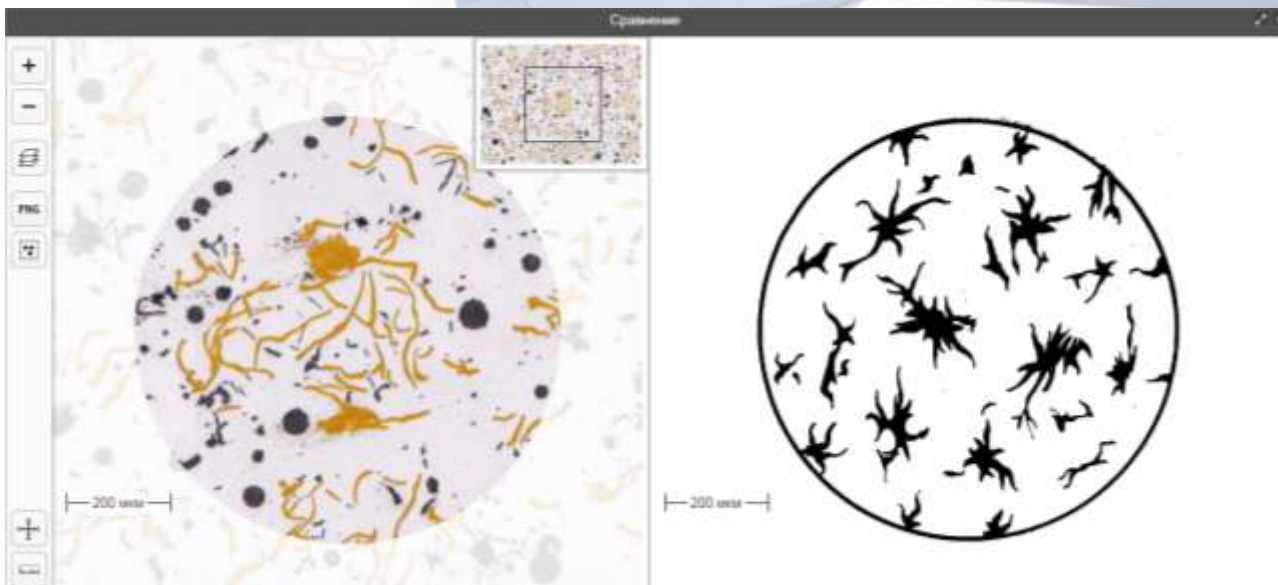
ПРЕДЛОЖЕНИЕ 3

Уточнить примеры частиц, соответствующих определённым диапазонам значений фактора формы

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 4

Использовать увеличение 200 крат. При этом размер пиксела должен быть не более 0,5 мкм.

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ



Тип графита	Номер формы по ISO 945	Фактор формы по ISO 16112	Фактор формы фактически	Несоответствие частиц, шт.
Crab	II	< 0.525	-	-

ТОЧНОСТЬ ОПИСАНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПО СТАНДАРТАМ



ПРЕДЛОЖЕНИЕ 5

Исследовать вопрос о необходимости разделения компактного и пластинчатого графита

Тип графита	Номер формы по ISO	Фактор формы по ISO	Фактор формы фактически	Несоответствие частиц, шт.
Пластинчатый	945	16112	-	-
	I	< 0.525		

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

НАЛИЧИЕ ЧАСТИЦ, НЕ ПОХОЖИХ НА ЭТАЛОННЫЕ

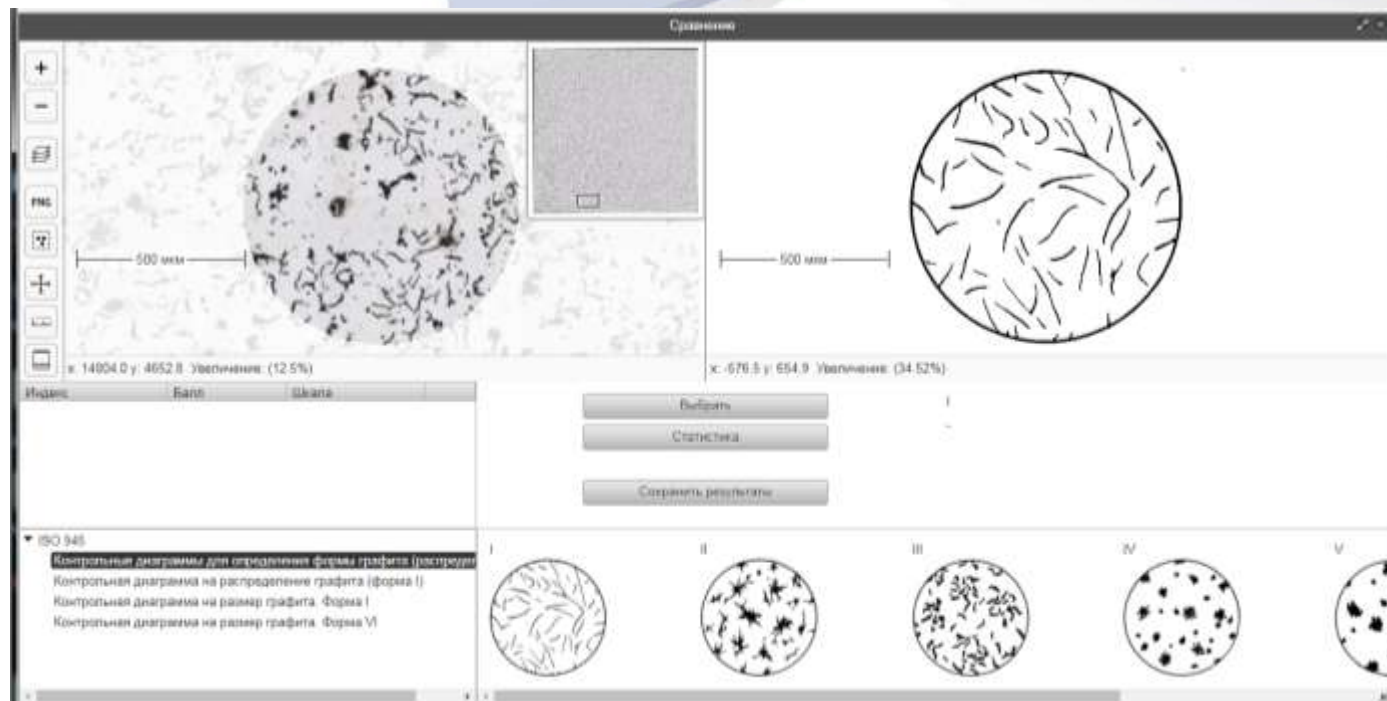


ПРЕДЛОЖЕНИЕ 6

Проверить соответствие таких частиц критериям стандартов

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СРАВНЕНИЯ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ



ПРЕДЛОЖЕНИЕ 7

**Применение методов сравнения возможно
только после автоматической классификации**

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

УЧЕТ МЕЛКИХ ЧАСТИЦ



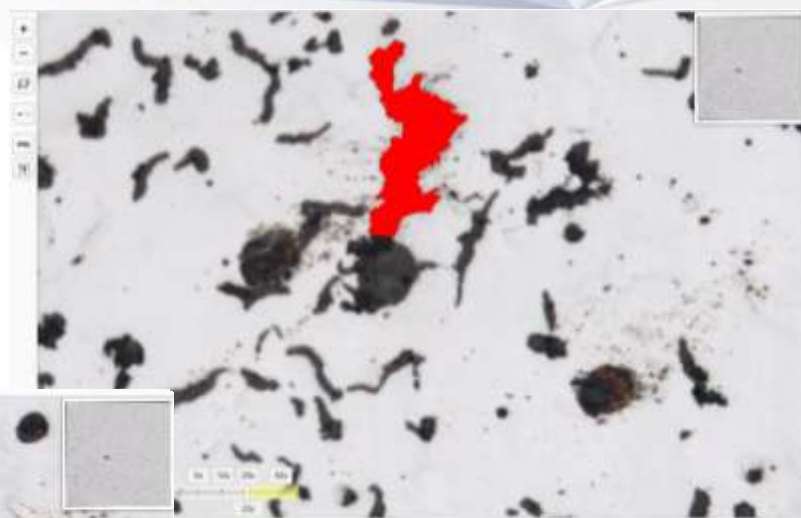
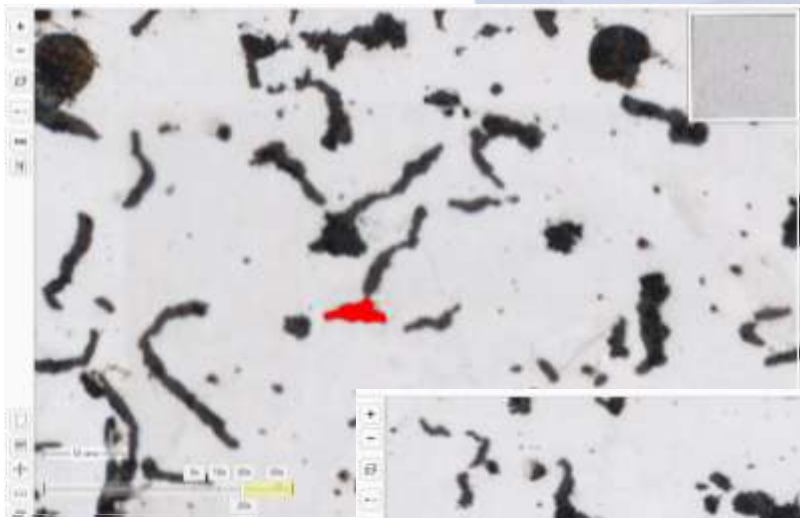
Номер формы	Наименование	Доля, % При учете частиц от 5 мкм	Доля, % При учете частиц от 10 мкм
VI	Шаровидный (nodular, spheroidal)	9,7	8,56
IV, V	Промежуточный (Intermediate)	6,86	6,39
III	Вермикулярный (Compacted)	80,6	82,2
I, II	Пластинчатый (Lamellar)	2,82	2,90
Процент шаровидности (Percent nodularity), %		13,1	11,8

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 8

Изменить требования по учету мелких частиц: вместо частиц размером > 10 мкм учитывать частицы ≥ 5 мкм

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

РАЗДЕЛЕНИЕ СКОПЛЕНИЙ ЧАСТИЦ



ПРЕДЛОЖЕНИЕ 9

Определить необходимость
разрезания частиц

ЭТАЛОННЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ОМ



Метрологическая характеристика	Значение
Длина шкалы, мм	$1 \pm 0,0005$
Ширина штрихов шкалы, мм	$0,002 \pm 0,0005$

МШВ-О

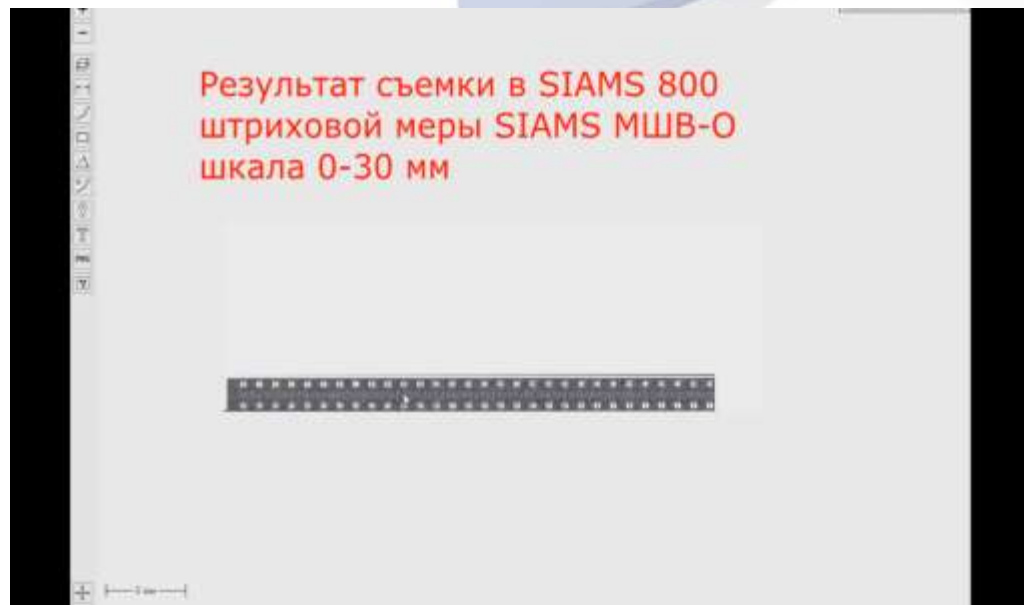
Мера длины высокоточная
штриховая МШВ-О
производства ООО «СИАМС»



Метрологическая характеристика	Значение
Длина шкалы в диапазоне 0-80 мм, мм	$80 \pm 0,004$
Длина шкалы в диапазоне 0-30 мм, мм	$30 \pm 0,0009$
Ширина штрихов шкалы в диапазоне 0-80 мм, мм	$0,1 \pm 0,015$
Ширина штрихов шкалы в диапазоне 0-30 мм, мм	$0,01 \pm 0,0015$

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

ТОЧНОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ



ПРЕДЛОЖЕНИЕ 10

Использовать только поверенный
анализатор микроструктуры

ВЫВОДЫ

1. На рекомендованной для анализа площади микрошлифа размером 4 кв.мм содержится от 4000 до 8000 частиц. Очевидно, что без программного обеспечения произвести расчет параметров для каждой частицы практически невозможно.
2. Требуемая степень автоматизации оборудования должна определяться масштабами контроля на конкретном рабочем месте.
3. Необходимо уточнить требования к процедуре контроля микроструктуры чугуна с вермикулярным графитом, учитывая результаты исследований.
4. Рассмотреть возможность создания отраслевого регламента.