

# Результаты сравнительных трибологических исследований рельсов текущего производства и новых рельсовых продуктов



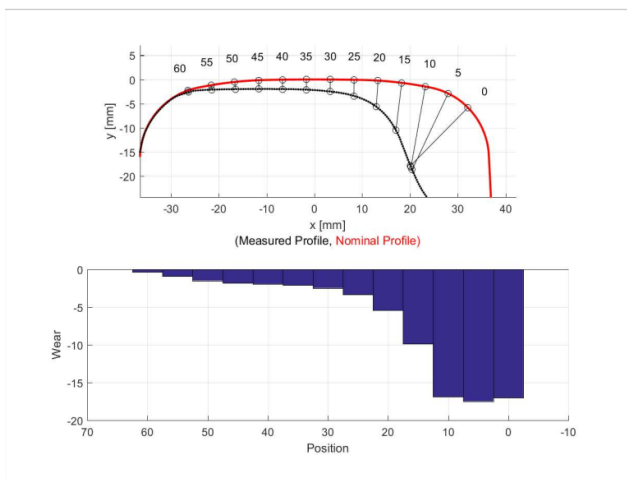
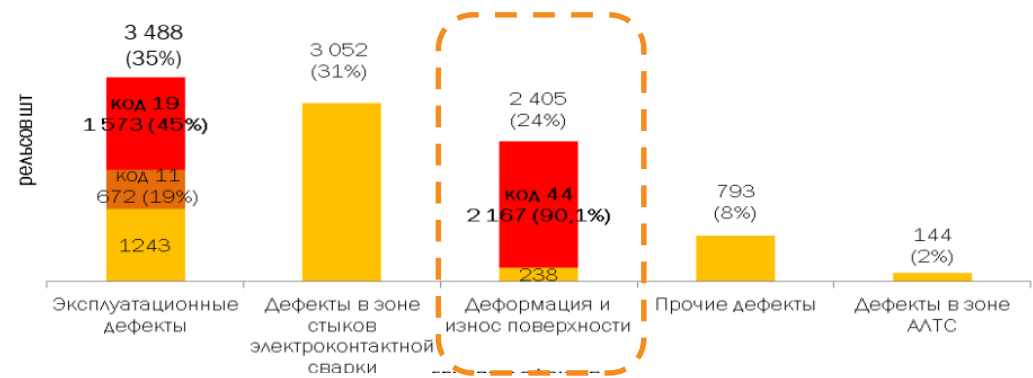
Главный специалист научно-исследовательского центра

Олифиренко Иван

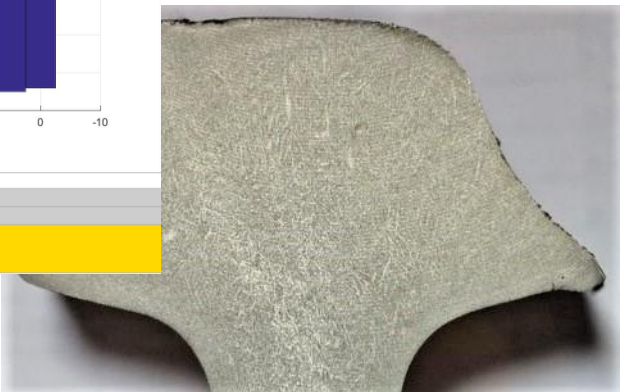


11.09.2024г.

# Проблема анализа износа рельсов производства АО ЕРАЗ ЗСМК



Размер	Имя	Результат измерений (Анализ)
Класс допуска: мин.-макс.		
Боковой износ головки рельса +90°	Боковой износ +90°	17,49 mm (Дефектный)



- На конец 2021г в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» отсутствует возможность в оценки качественных потребительских свойств износостойкости рельсов производства РБЦ



# Исследования характеристик износостойкости рельсов

## Полигонные испытания



- ✓ Достоверность
- ✓ Надёжность



Сроки испытания

## Установка колесо-рельс



### Преимущества

- ✓ Достоверность
- ✓ Точность
- ✓ Безопасность

### Недостатки



Сроки испытания



Бюджет установки

## Роликовая машина трения (Трибометр)



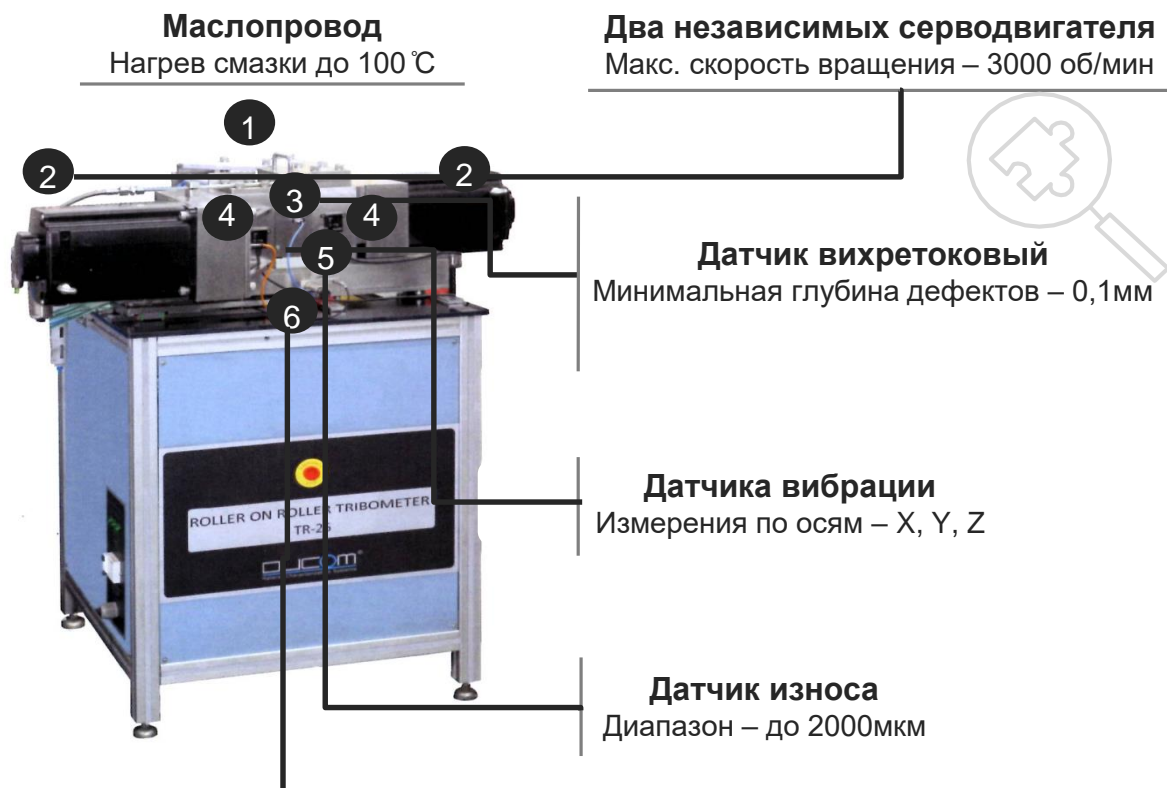
- ✓ Точность
- ✓ Безопасность
- ✓ Время испытания



Менее релевантные

# Технические характеристики роликовой машины трения

## 1 Прямые параметры трибометра

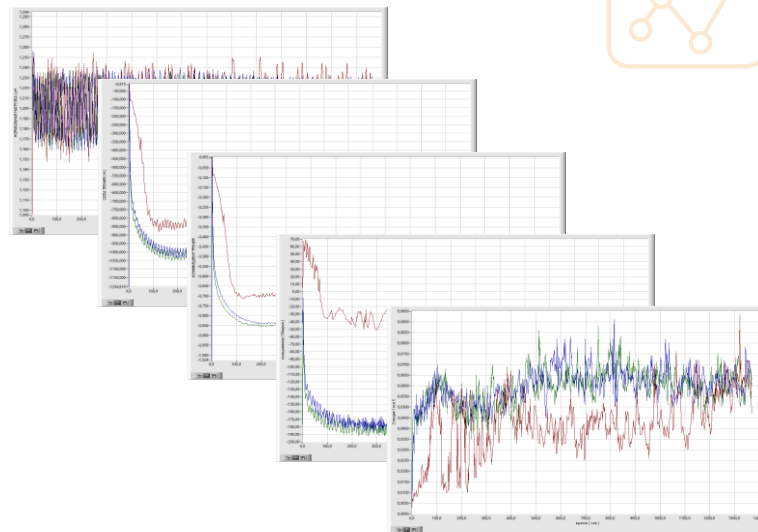


Линейная нагрузка с помощью  
пневматических цилиндров  
Максимальная нагрузка – до 5 кН



**Прямые и вычислительные параметры фиксируется в виде графиков на ПК**

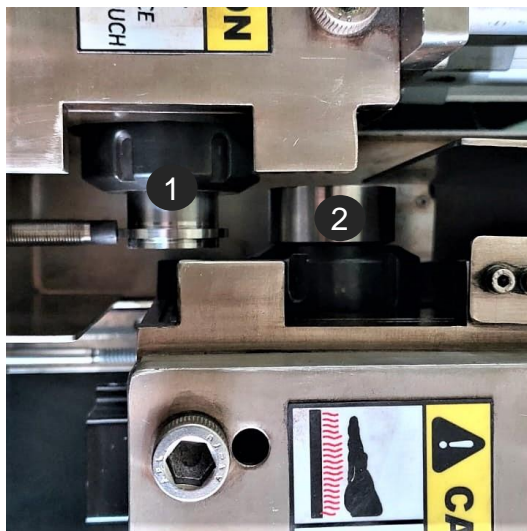
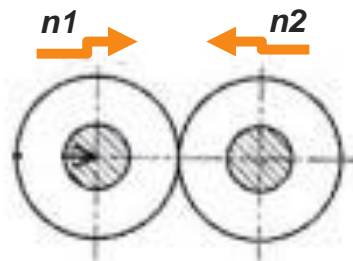
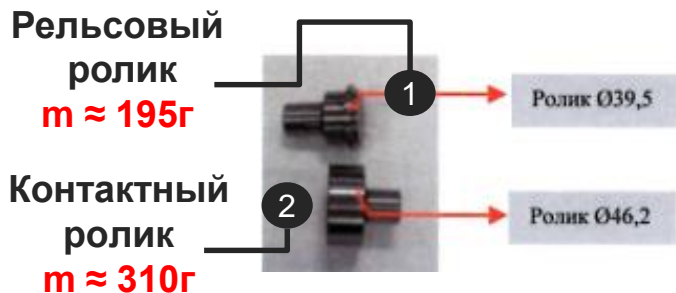
## 2 Вычислительные параметры трибометра



- Коэффициенты трения и проскальзывания
- Сила трения
- Скорость проскальзывания
- Скорость подъёма
- Соотношения скольжения к ролику

# Методика испытания на износ рельсовых образцов

- Цель – лабораторное экспериментальное исследование износостойкости образцов от рельсов производства РБЦ АО «Евраз ЗСМК»



$$W = m_1 - m_2 / N_{об} \cdot 10^{-5}$$

$$\Sigma, \Delta m = m_1 + m_2 + m_3$$

Точность  
 $\Delta m = 0,0001 \text{ г}$



- Износостойкость - определяли как величину, обратную интенсивности износа



Плюсы:

- Точность измерения потери массы
- Малое количество абразивной пыли
- Минимальный уровень шума
- Точность измерения поверхности вихретоковым датчиком



Минусы:

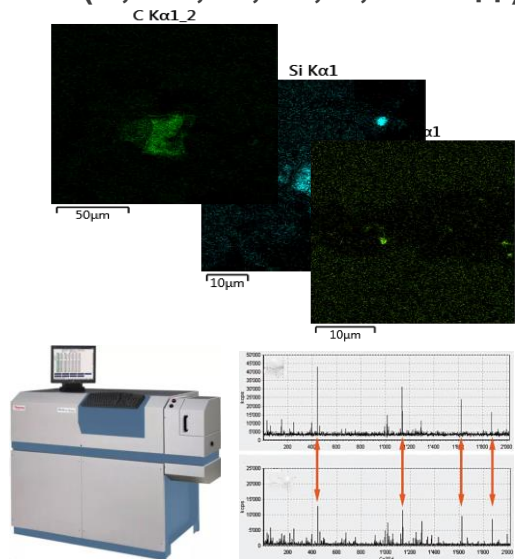
- Малая ширина образца в пятне контакта
- Высокое влияние качества поверхности рельсового ролика
- Контактный ролик может по разному воздействовать на рельсовый ролик
- Скорость испытания

Необходимо

- Запас шаблонных роликов с твердостью (59HRC)
- Обеспечения качества поверхности роликов
- Увеличение пятна контакта

# Параметры влияющие на износостойкость рельсовой стали

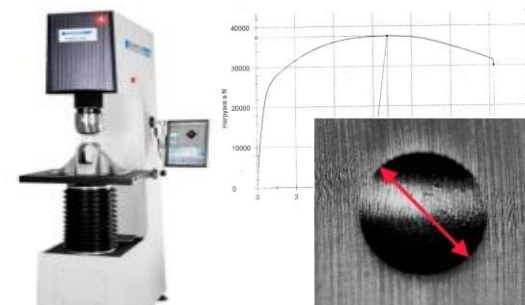
- Массовая доля элементов (C, Mn, Si, Cr, V, S и т.д.)



## Износостойкость

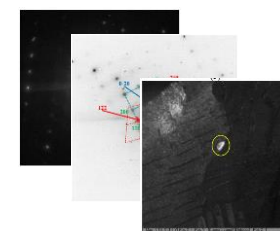


- Твёрдость - HBS
- Временное сопротивление -  $\sigma_b$
- Предел текучести -  $\sigma_s$



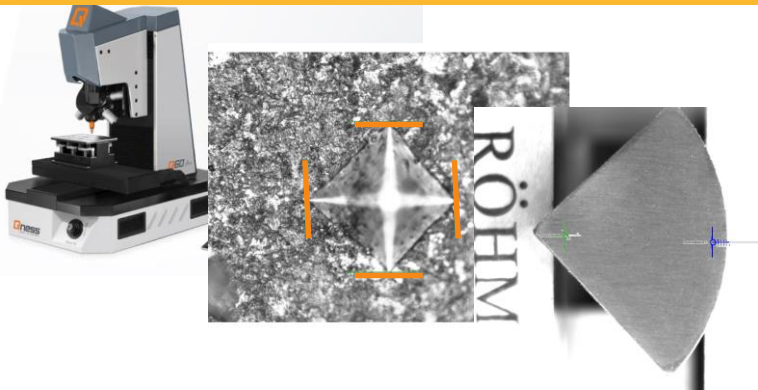
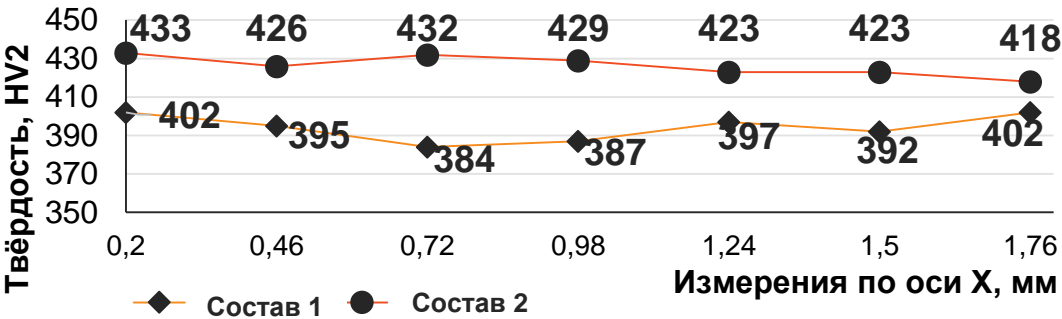
- Межпластинчатое расстояние, диаметр зерна, размер перлитных колоний, объёмная доля цементита

- Влияние карбидов и карбонитридов

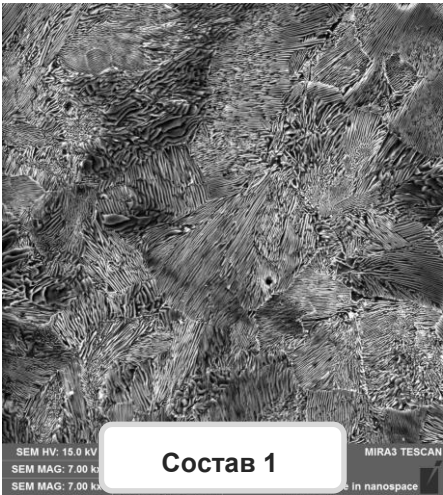


# Качественные характеристики образцов

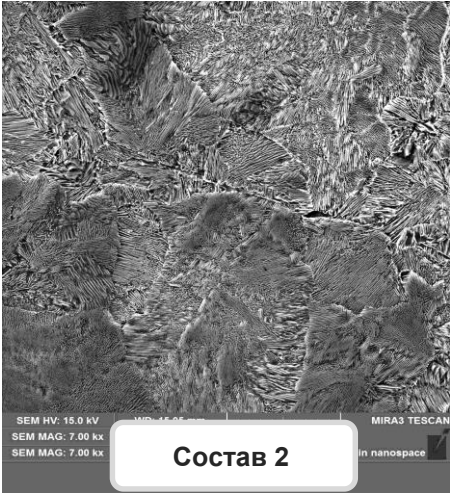
Твёрдость измеряли методом Виккерса на микротвердомере «Qness Q10A+»



Микроструктуру оценивали на СЭМ «MIRA3 FEG-SEM»



Состав 1



Состав 2

Категория	МПР, мкм	Диаметр зерна, мкм	Номер зерна
Состав 1	0,109	24,20	8
Состав 2	0,091	19,50	9

## Химический состав стали

Категория	Массовая доля элементов, %									
	C	Mn	Si	Cr	P	S	Al	V	Ni	Cu
Состав 1	0,76	0,79	0,57	0,41	0,008	0,008	0,004	0,04	0,08	0,12
Состав 2	0,81	0,97	0,57	0,43	0,012	0,008	0,003	0,04	0,08	0,11

# Параметры испытания на износ образцов

Состав 1

Кол-во оборотов	Скорость ролика №2, об/мин	Соотношение скольжения к ролику	Линейная скорость, м/с		Ск-ть подъема, м/с	Ск-ть скольжения, м/с	Расстояние, м	
			нижний	верхний			нижний	верхний
26000	169	9,3	0,44	0,409	0,429	0,040	-	-
52000	166	9,2	0,43	0,400	0,419	0,039	-	-
78000	165	9,3	0,43	0,397	0,417	0,039	3141	2861
104000	164	9,4	0,43	0,395	0,415	0,039	3125	2844
130000	163	9,5	0,43	0,393	0,412	0,039	3108	2826
156000	162	9,3	0,42	0,389	0,408	0,038	3075	2802
182000	161	9,3	0,42	0,387	0,405	0,038	3055	2782

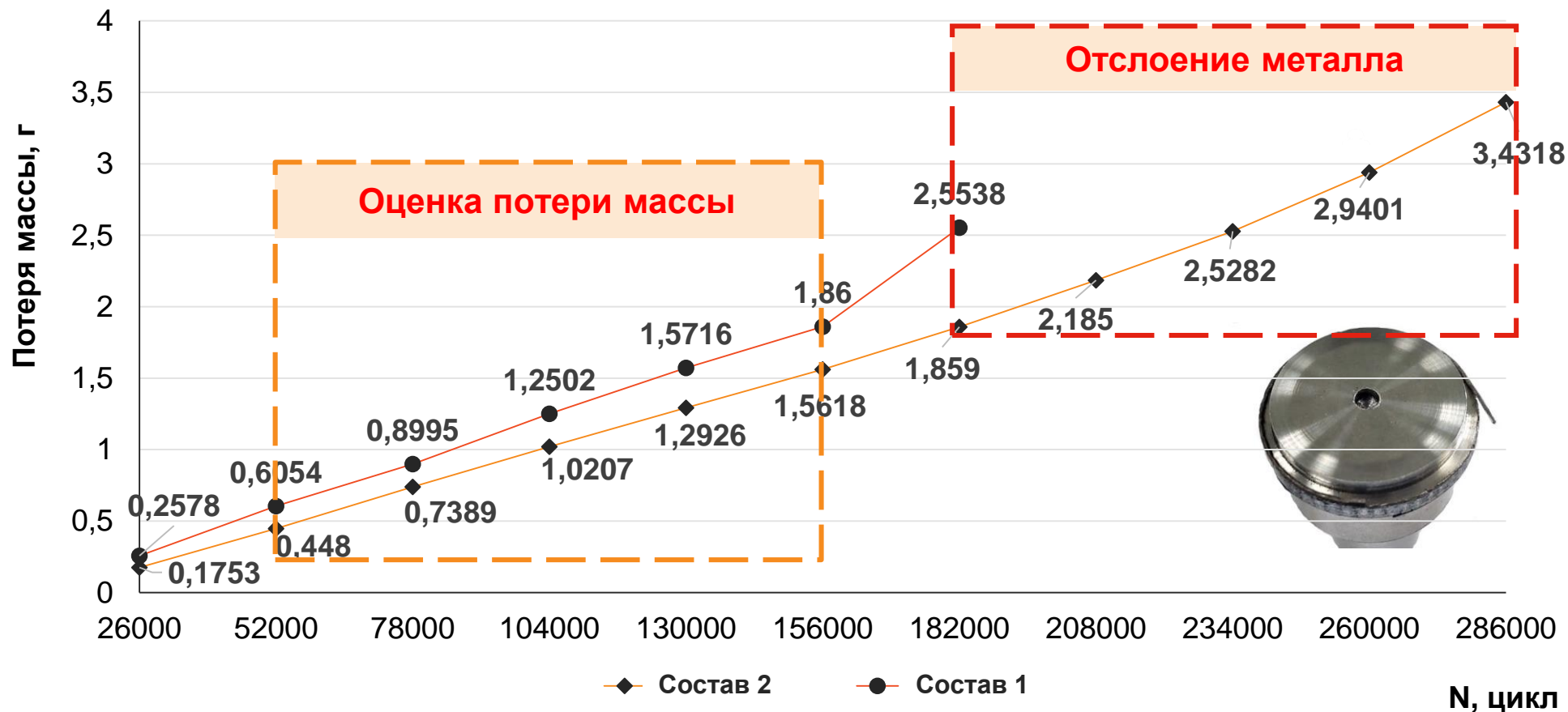
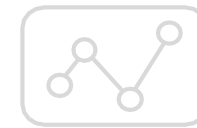
Состав 2

Кол-во оборотов	Скорость ролика №2, об/мин	Соотношение скольжения к ролику	Линейная скорость, м/с		Ск-ть подъема, м/с	Ск-ть скольжения, м/с	Расстояние, м	
			нижний	верхний			нижний	верхний
26 000	172	9,4	0,449	0,408	0,429	0,040	3232	2940
52 000	172	9,2	0,447	0,408	0,428	0,039	3222	2938
78 000	171	9,4	0,445	0,405	0,425	0,040	3203	2917
104 000	170	9,3	0,442	0,402	0,422	0,039	3178	2896
130 000	169	9,6	0,440	0,400	0,420	0,040	3167	2876
156 000	169	9,3	0,438	0,399	0,418	0,039	3155	2856
182 000	168	9,5	0,436	0,396	0,416	0,039	3136	2852
208 000	167	9,7	0,434	0,394	0,414	0,040	3124	2834
234 000	166	9,7	0,431	0,391	0,411	0,040	3102	2812
260 000	166	9,2	0,428	0,390	0,409	0,038	3081	2810
286 000	164	9,7	0,424	0,385	0,405	0,039	3056	2772

- ☐ Испытания проводили при постоянных параметрах:
- Нагрузка – **1,2кН;**
  - Скорость вращения рельсового ролика – **217об/мин;**
  - Коэффициент проскальзывания ~ **10%**
  - Время испытания – **120минут**
  - Контактный ролик – **59HRC**
  - **Отсутствие смазочных материалов**

constant

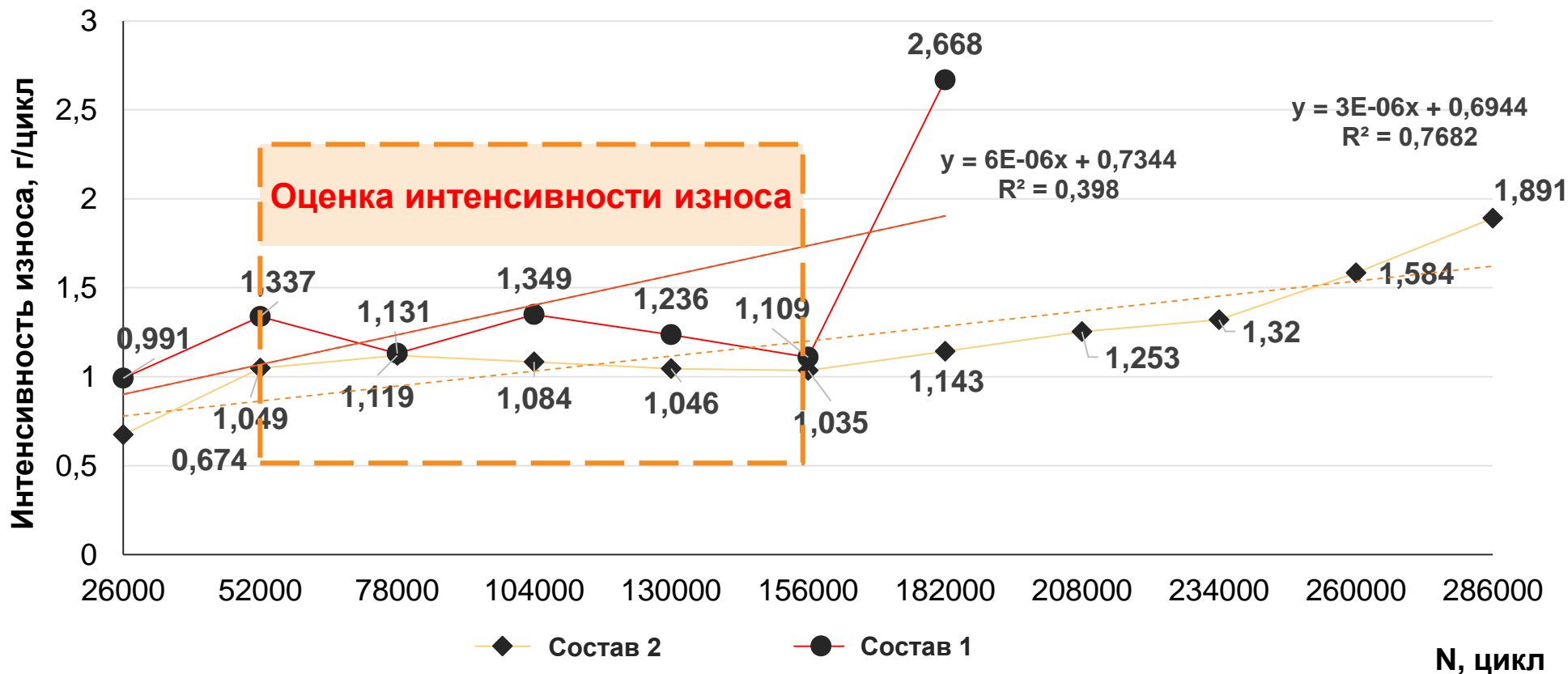
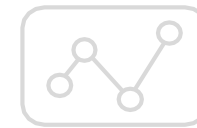
# Результат потери массы образцов



15,5%

Состав 2

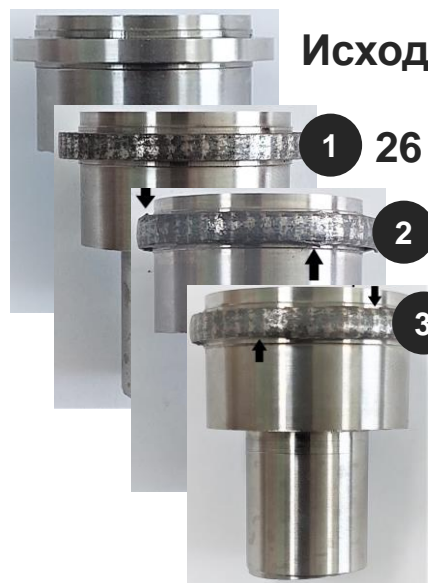
# Результат интенсивности износа образцов



15,5%

Состав 2

# Внешний вид образцов из рельсовой стали



Исходное

1 26 000 циклов

2 208 000 циклов

3 286 000 циклов

- 1 ☐ Образование и отслаивание тонких хрупких плёнок
- ☐ Образование коротких волнообразных неровностей

2 ☐ Начало отслаивания металла в зоне смятия пятна контакта

3 ☐ Отслоение деформированного металла в виде смятия

Анализ поверхности рельсового ролика проводили вихретоковым датчиком «eddy current sensor»

Количество циклов

Исходное

26 000

208 000

286 000

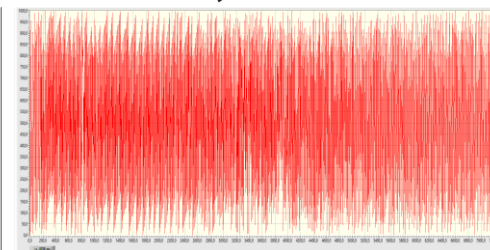
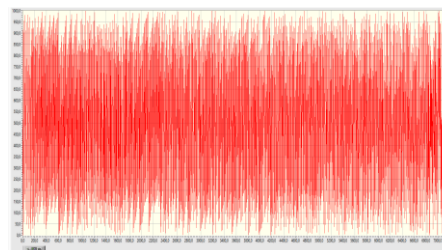
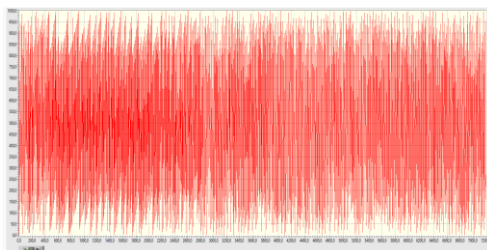
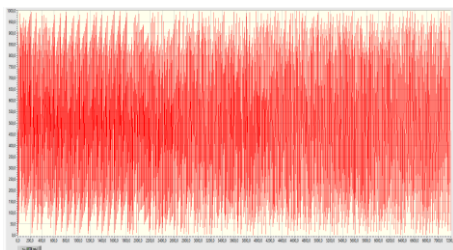
Показателя датчика

495,57мкм

499,16мкм

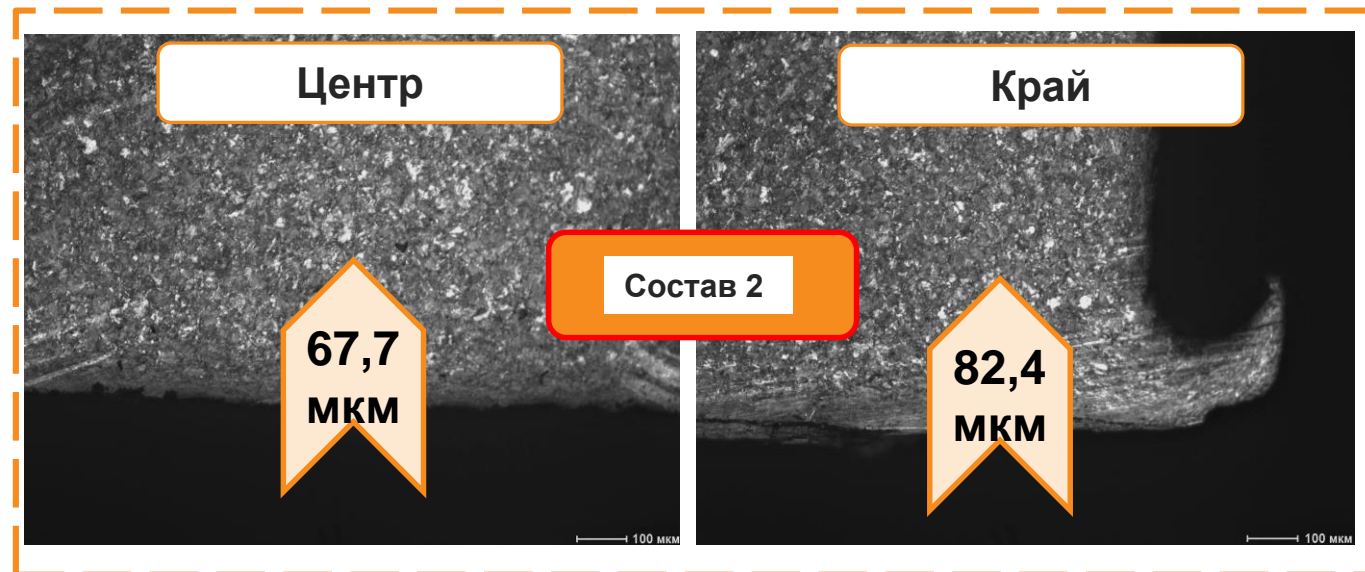
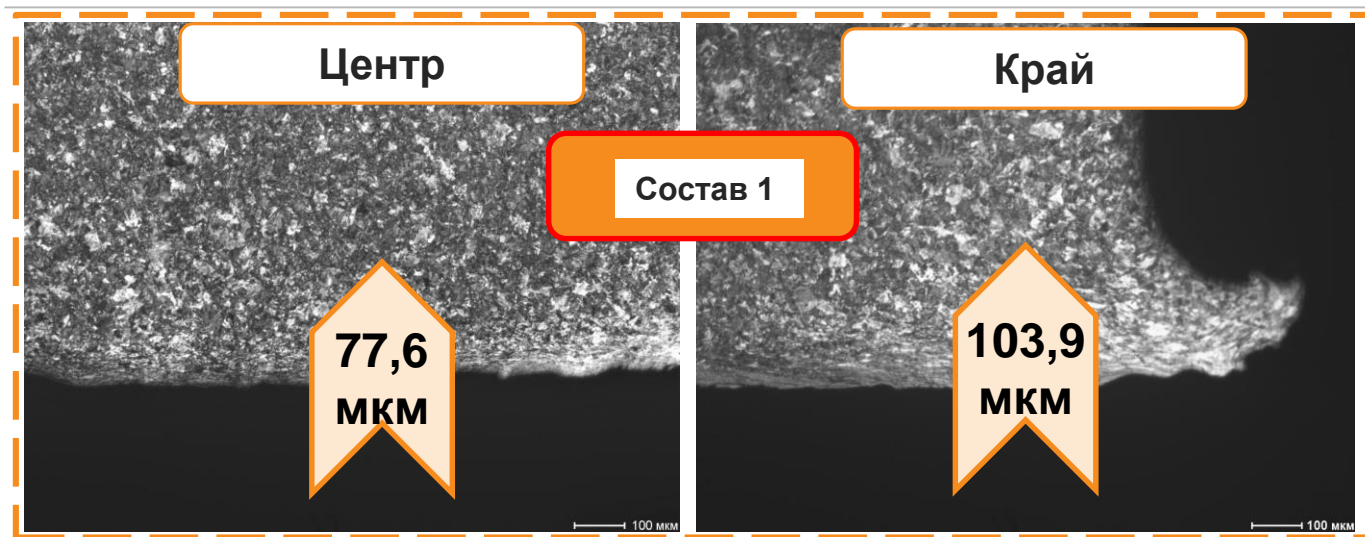
499,66мкм

501,17мкм





# Микроструктура образцов после испытаний трением



Микроструктуру  
оценивали на  
инвертированном  
микроскопе  
«OLYMPUS GX71»



## Результат

- По **центральной** части шлифа состава 2, глубина ВДС на **12,7% ниже**
- По **крайней** части шлифа состава 2, глубина ВДС на **20,7% ниже**

# Выводы

---

- ❑ Потеря массы и интенсивность износа образцов из рельсов из состава 2 была ниже **на 15,5%**, чем на образцах из рельсов из состава 1
- ❑ После 182 000 циклов образцы вырезанные из рельсов состава 1, показали резкий рост потери массы образца, примерно на **27%** (относительно прошлых циклов), на образцах из рельсов состава 2 такой тенденции не наблюдалось
- ❑ Глубина волокнисто-деформированной структуры на образцах из рельсов состава 2 была меньше по центральной части шлифа **на 12,7%** и по крайней части шлифа на **20,7%**, чем на образцах вырезанных из рельсов состава 1



# План работ по освоению трибометра TR-25-M8



ВИДЫ РАБОТ	Отработка методики по определению износостойкости и контактной усталости образцов из рельсовой стали	Анализ и сравнение между собой трибологических свойств металла рельсов категорий	Анализ взаимосвязи между эксплуатационными и лабораторными условиями по показателям износа
СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ	I - II КВАРТАЛ 2024	II - III КВАРТАЛ 2024	ПОСТОЯННО
РЕЗУЛЬТАТ	Выбор оптимальной технологии испытания	Оценка свойств рельсового металла от разных категорий	Оценка корреляционной зависимости между эксплуатационными и лабораторными условиями

# Спасибо за внимание!



89609198841

---



[Ivan.Olifirenko@evraz.com](mailto:Ivan.Olifirenko@evraz.com)

---



Мы делаем лучшие рельсы в мире