

УСТАНОВКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФРИКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРЫ МЕТАЛЛ И ОБЛУЧЕННОЙ КЕРАМИКИ

В.И. Бутенко, С.Н. Дубнюк, А.Ф. Дьяченко, Б.В. Зайцев, О.В. Мануйленко, К.В. Павлий
Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина; E - mail: kvint@kipt.kharkov.ua

Целью работы является разработка методики, изготовление установки и исследование расчетно-экспериментальных фрикционных параметров пары металла и облученной керамики.

В ННЦ ХФТИ работает линейный ускоритель ионов гелия (He^+) с энергией 0,12 - 4 МэВ. Для облучения и изучения характеристик конструкционных материалов на ускорителе создана камера и система измерения экспериментальных параметров. Вакуум в камере осуществляется с помощью форвакуумного и турбомолекулярного насосов. Это обеспечивает бескислородную среду в объеме камеры и такой же вакуум, как в ускоряющей структуре. Температура облучения образцов задается нагревательным элементом, расположенным непосредственно в камере облучения и измеряется термопарой прикрепленной к образцу. Для увеличения плотности тока пучка, падающего на образец и сокращения времени облучения, перед камерой облучения установлен фокусирующий триплет, который позволяет изменять радиус пучка, а, следовательно, и плотность тока, в зависимости от требований эксперимента. Токи пучка измеряются с помощью индукционных бесконтактных пролетных датчиков, установленных на входе и выходе из триплета, а так же непосредственно перед облучаемым образцом. Для регистрации параметров облучаемых образцов используются цифровой осциллограф ZET-302 и ЦАП/АЦП ZET-210, которые подключаются к компьютеру с дальнейшей регистрацией данных и их обработкой. В таблице приведены основные параметры пучка при облучении образцов на линейном ускорителе ионов гелия.

Таблица 1	
Параметры облучения образцов	
Параметр	Значение
Энергия пучка	0,12 – 4 МэВ
Импульсный ток	700 – 1000 мкА
Длительность импульса	500 мкс
Частота посылок	2 – 5 нм/сек
Средний ток	0,7 – 2 мкА
Плотность тока (сек)	(0,15 – 0,44) · 10 ¹³ час/см ²
Температура	до 1000 °С

Таблица 2				
Расчетные характеристики керамических материалов облученные 0,12 МэВ				
Элемент	Потеря энергии, %			Повреждение, вакансия /ион
	Ионизация	Фононы	Повреждаемость	
Al ₂ O ₃	93,6/1,19	0,79/4,16	0,08/0,21	118,3
TiO ₂	93,7/1,10	0,78/4,15	0,08/0,2	144,5

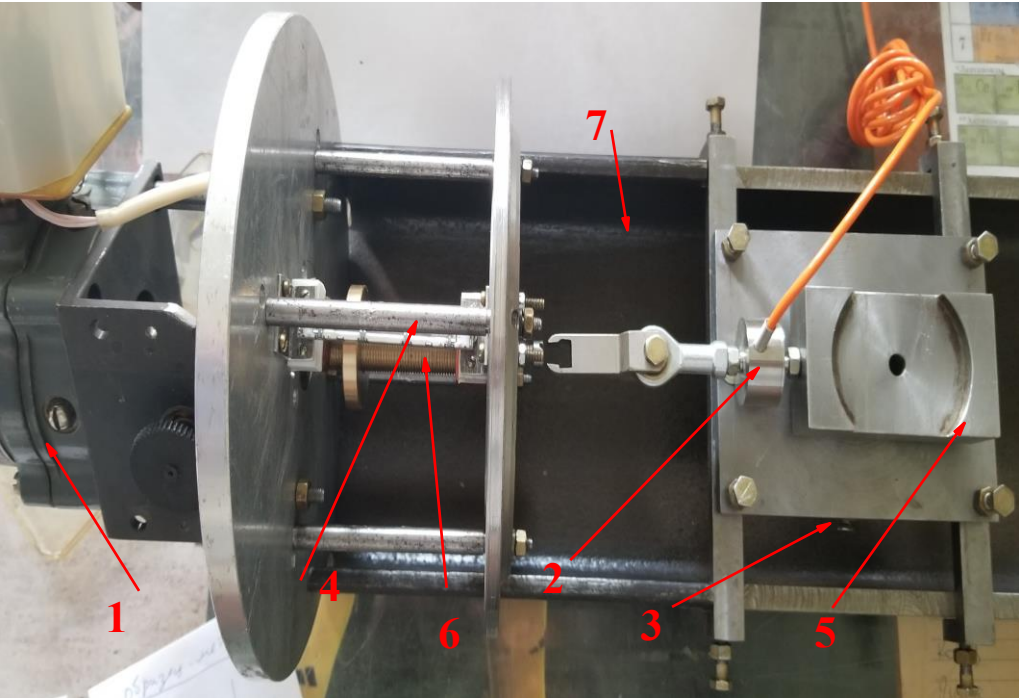


Рис.1. Установка для изучения фрикционных характеристик пары керамика-металл. 1 - реверсивный асинхронный электродвигатель с встроенным редуктором РД-09, 2 - тензометрический датчик давления (силы), 3 - нагревательный инфракрасный элемент, 4 - резистор с двумя микропереключателями, 5 - держатель керамического образца и нагрузочных гирь, 6 - механизм преобразования вращательного движения в поступательное, 7 - станина-швеллер

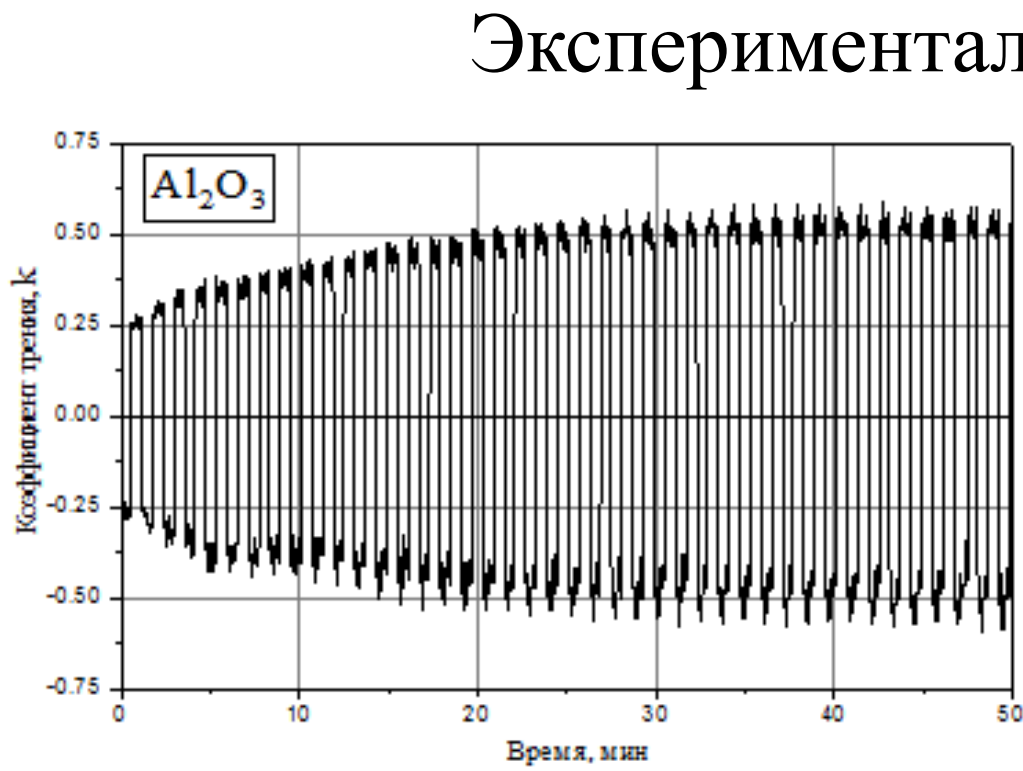


Рис. 10. Зависимость коэффициента трения скольжения от времени эксперимента

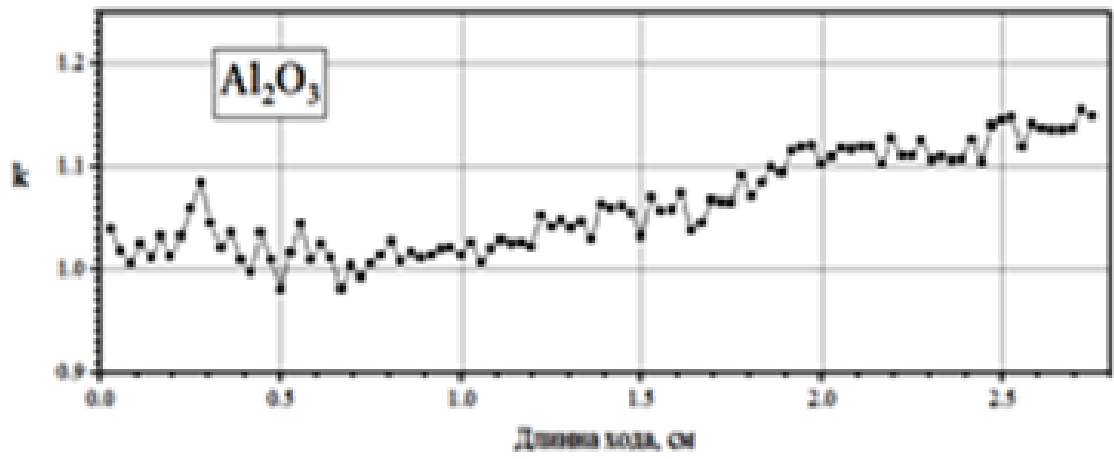


Рис. 11. Зависимость коэффициента трения скольжения от длины хода взаимодействующих образцов (один цикл)

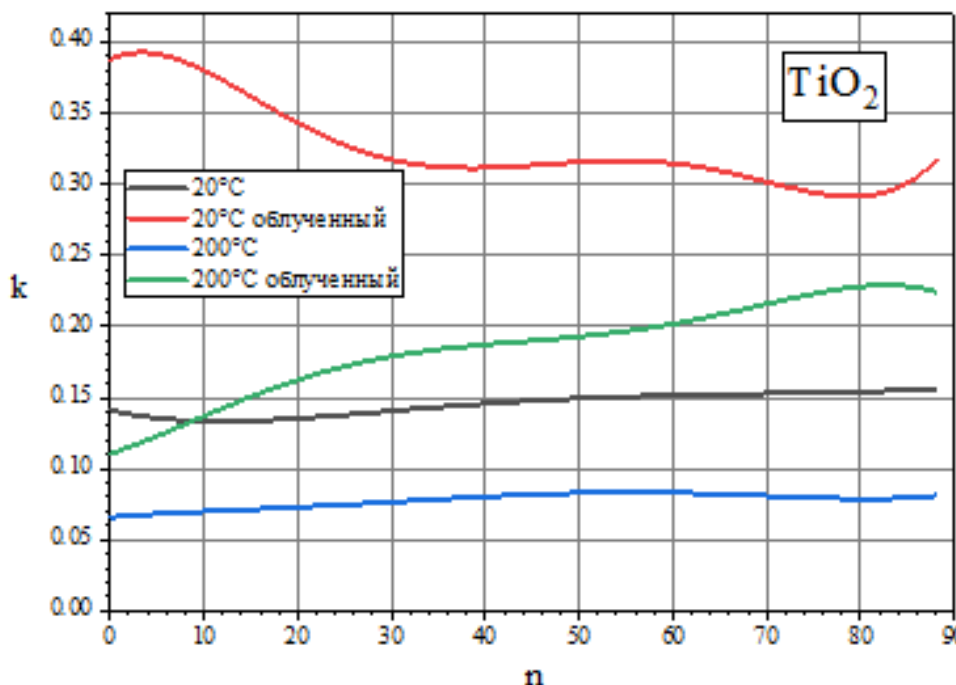


Рис. 12. Зависимость коэффициента трения скольжения от количества циклов TiO₂-сталь

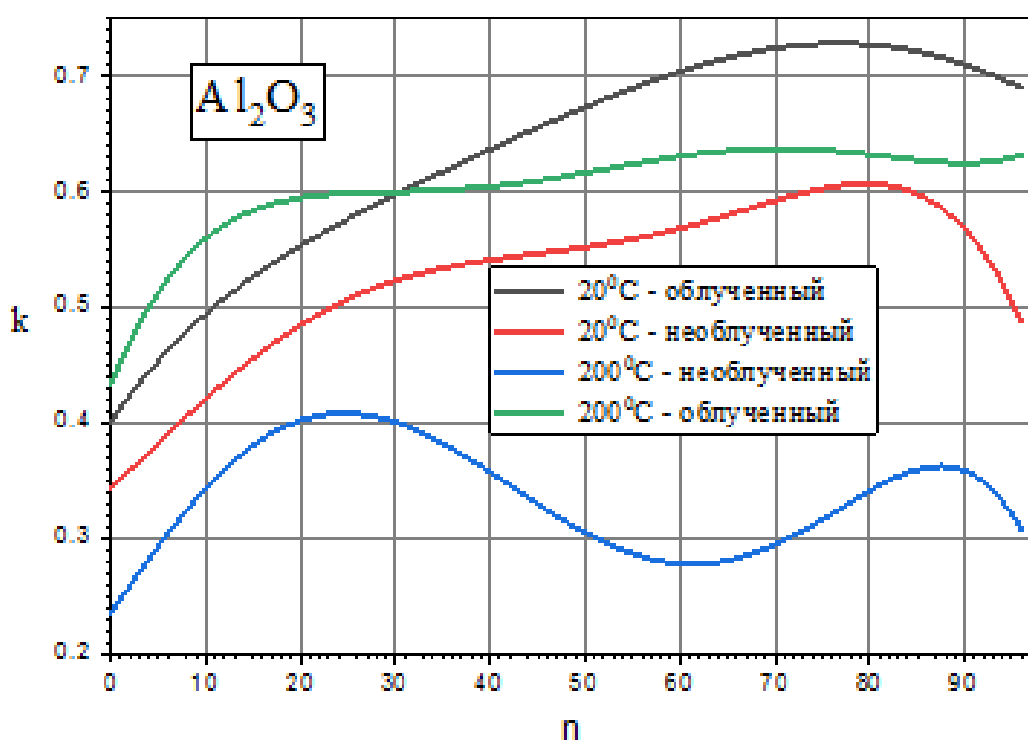


Рис. 13. Зависимость коэффициента трения скольжения от количества циклов Al₂O₃-сталь

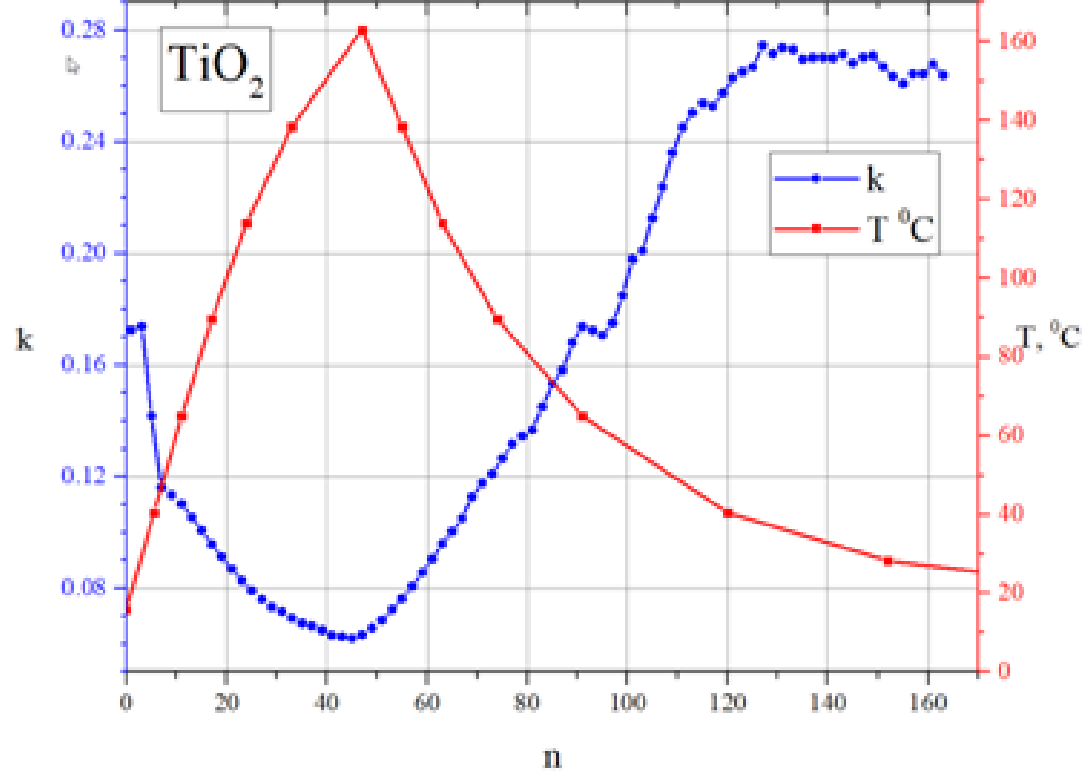


Рис. 14. Зависимости коэффициента трения скольжения и температуры от количества циклов

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

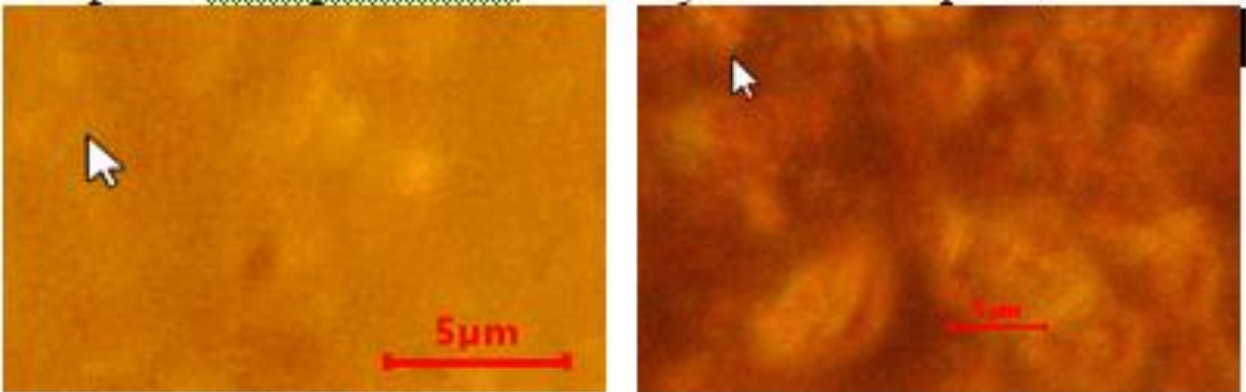


Рис.15. Исходные поверхности Al₂O₃ (левая) и TiO₂ (правая)

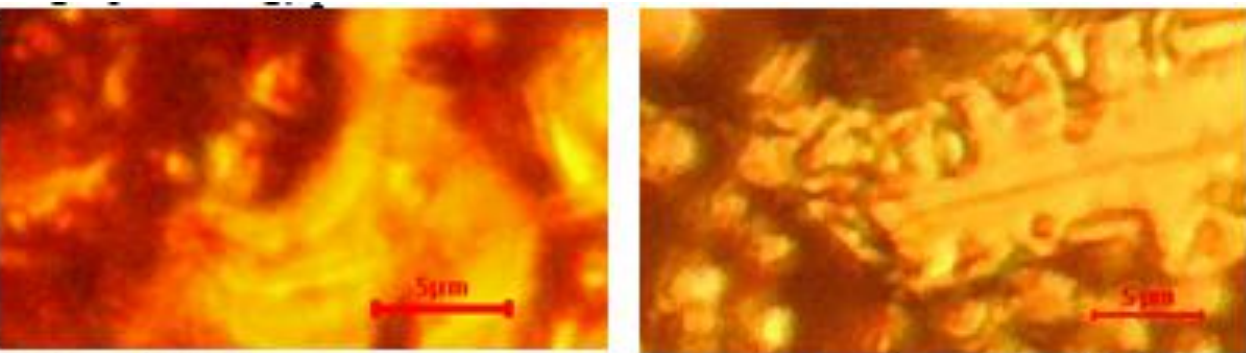


Рис.18. Металлизация облученных образцов Al₂O₃ (левая) и TiO₂ (правая)

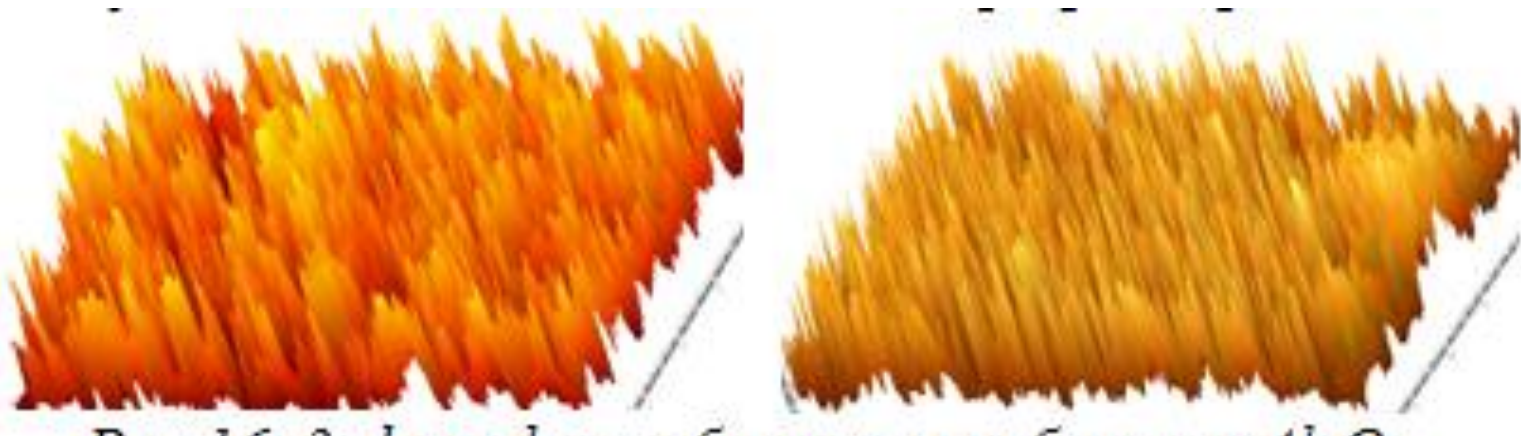


Рис.16. 3-d профиль облученных образцов Al₂O₃ (левая) и TiO₂ (правая)

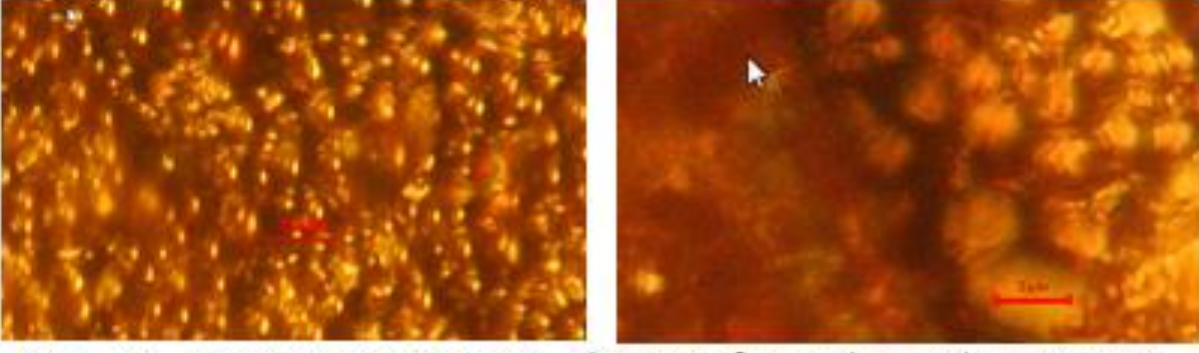


Рис.19. Структура TiO₂ (левое фото) и области не облученной и облученной частей образца TiO₂ (правая фото)

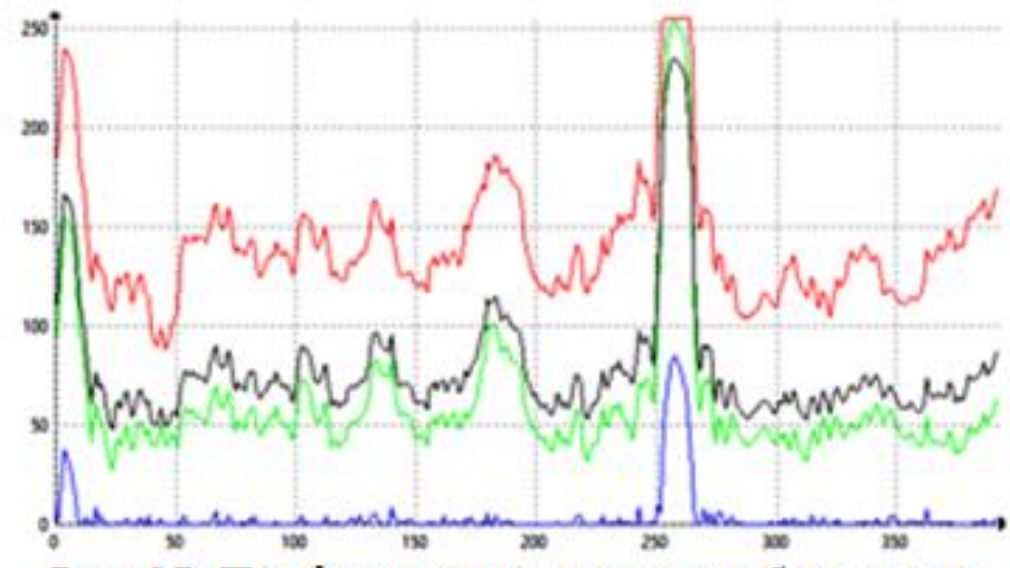


Рис. 17. Профиль поверхности изображения облученного TiO₂ в красном, зеленом и синем спектрах и яркости (черная кривая)

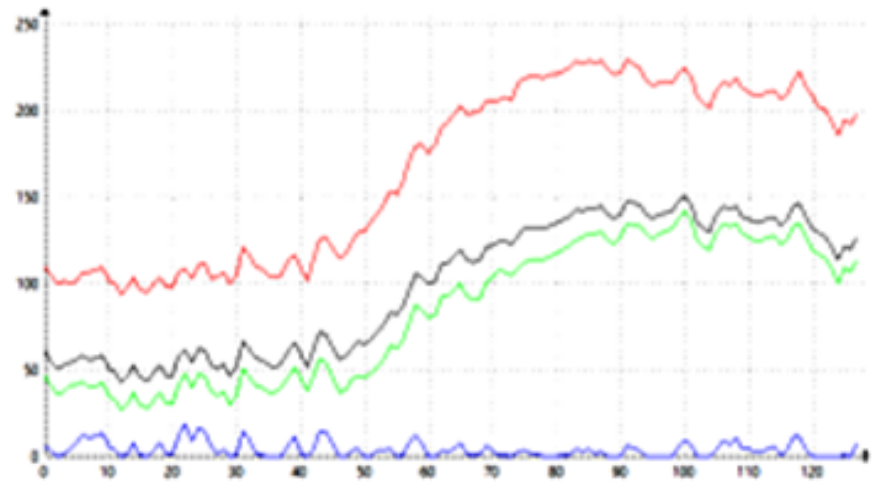


Рис. 20. Профиль поверхности TiO₂ из необлученной части (левая область) в облученную (правая). Профиль снят в красном, зеленом и синем спектрах и яркости (черная кривая)

Из полученных экспериментальных результатов и расчетных данных следует, что на коэффициенты трения пары металл-керамика влияет облучение вследствие образования металлизации на поверхностях керамических образцов, в связи с диссоциацией Al₂O₃ и TiO₂. При фрикционном взаимодействии пары происходит взаимный перенос металлов и их соединений. В ходе микроскопических исследований не было обнаружено на поверхности керамики блистринга и флекинга. Очевидно, происходит диффузия кислорода и гелия по границам зерен. Процесс распыления атомов облученных керамик уменьшает поверхностную плотность материалов. Так же наблюдается рост зерен и распухание Al₂O₃ и TiO₂. Эти процессы так же влияют на характеристики фрикционного взаимодействия пар металл-керамика.