



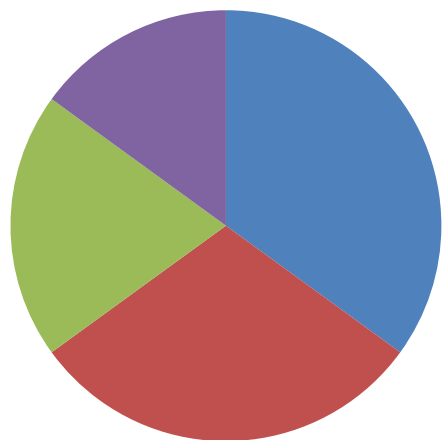
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Уфимский государственный авиационный технический университет"

Выбор оптимального значения коэффициента сглаживания при расчете толщины вакуумно- плазменного покрытия

Олейник А.В.

Эрозионный износ лопаток компрессора ГТД

Причины повреждений лопаток компрессора, приведших к досрочному съему двигателя ЛА



- Абразивный износ лопаток компрессора
- Попадание посторонних предметов с ВПП
- Попадание птиц и льда в полете
- ошибки эксплуатации



Повреждения ротора и лопатки изд. 25 из сплава ВТ9

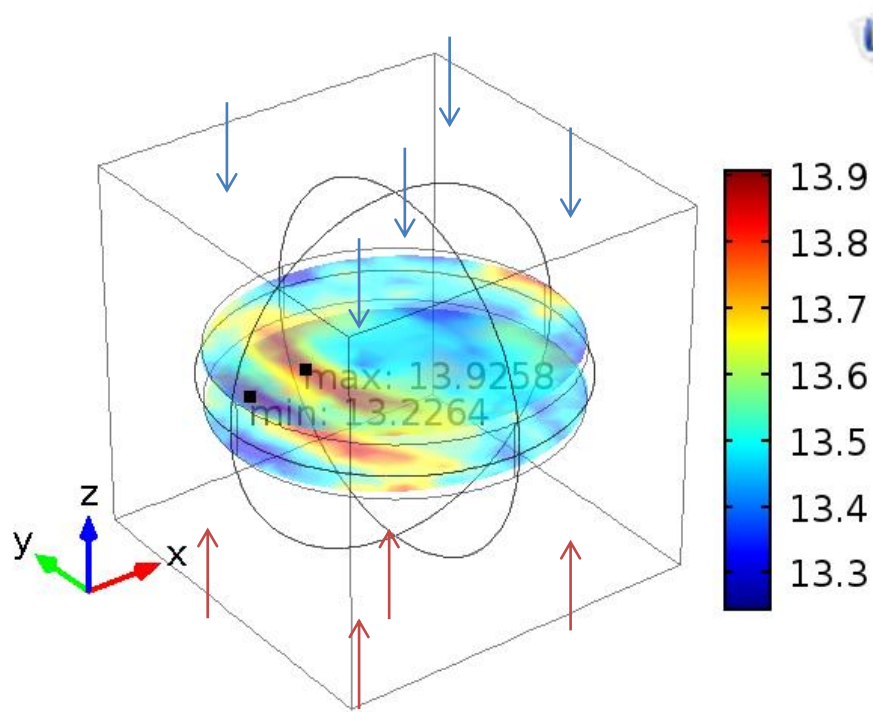


Характер предельного износа рабочих лопаток ГСВ по ступеням 2 по 8 (наработка 128 часов) (слева)

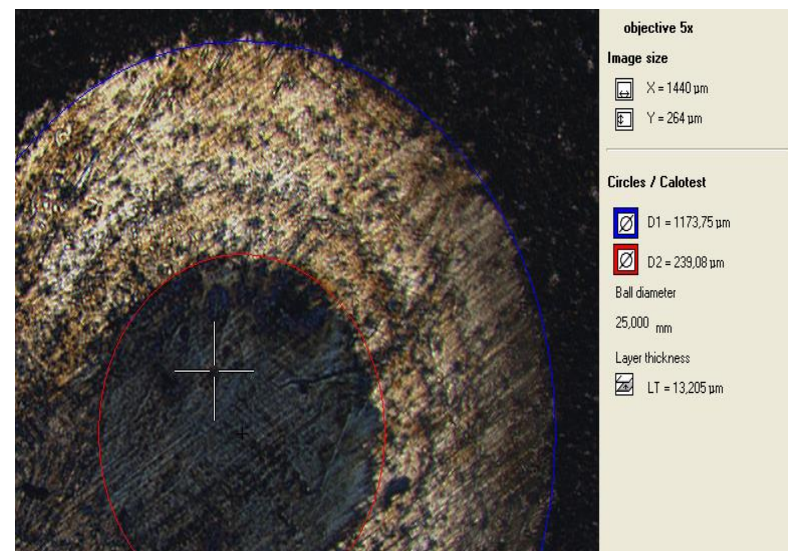
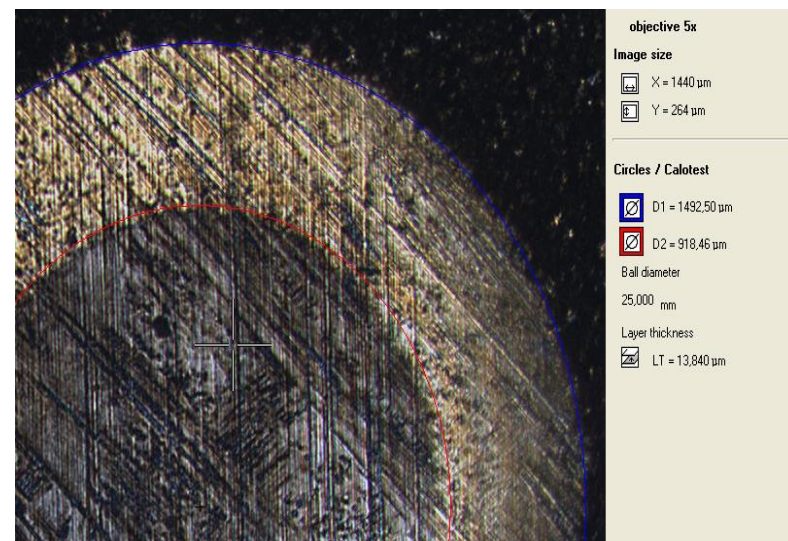
Численная модель процесса осаждения вакуумно-плазменного покрытия

- Цель модели- расчет толщины покрытия по поверхности изделий
- Модель разработана в программном комплексе COMSOL Multiphysics с использованием модулей Charged Particle Tracing и Deformed Mesh
- В расчетах толщины покрытия и его распределения по поверхности подложки приняты следующие входные условия:
 1. Распыленные частицы материала катода движутся по прямолинейным траекториям, не взаимодействуя с частицами окружающей среды
 2. Частицы конденсируются непосредственно в точке соударения с поверхностью подложки
 3. Каждая точка катода равновероятно является источником частиц
 4. Угловое распределение плотности потока ионов от катода нелинейно

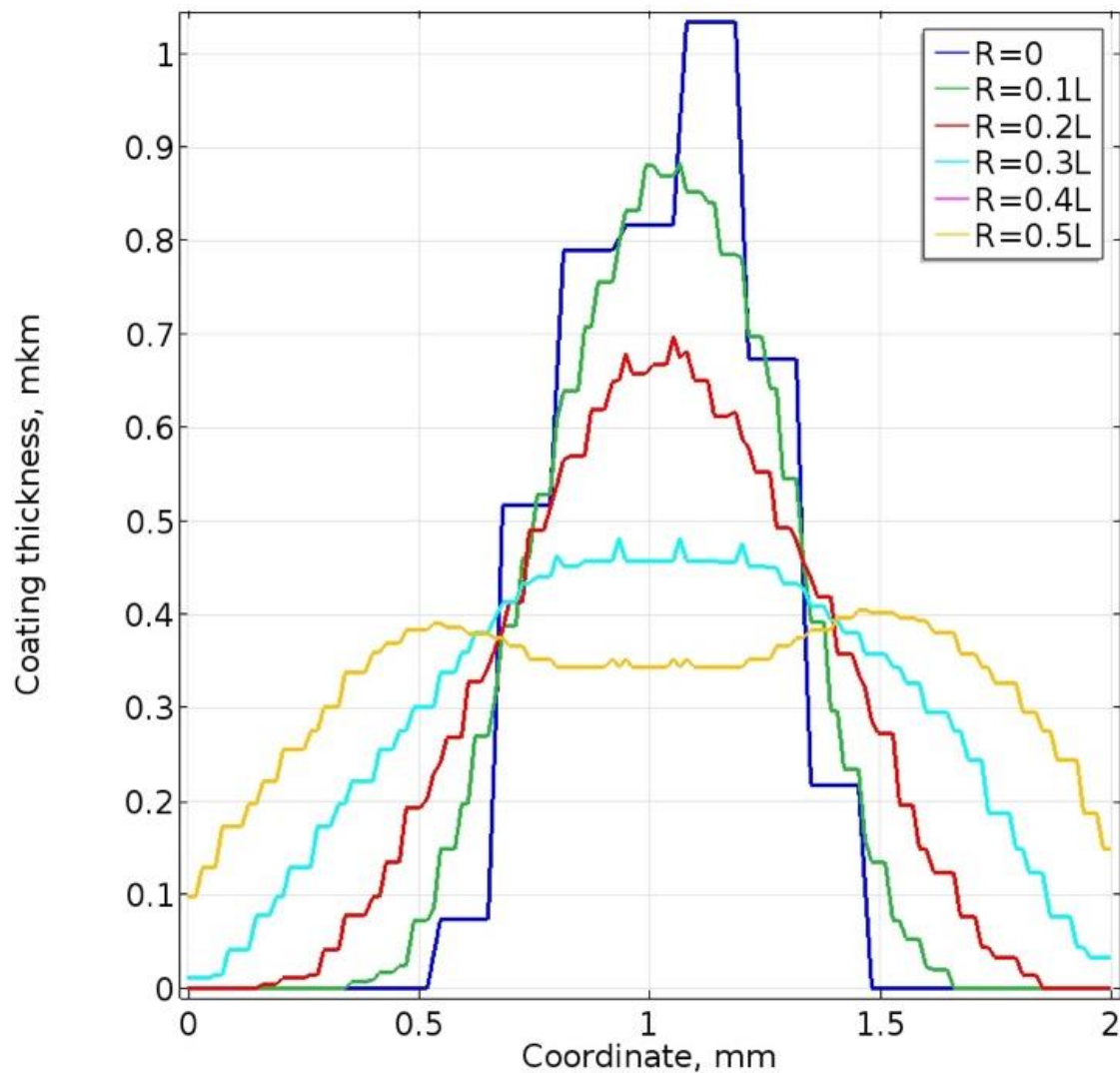
Моделирование процесса осаждения покрытия на цилиндрическом образце



Результат расчета цилиндрического образца
в программе COMSOL, мкм (сверху)
Результаты измерений толщины покрытия,
полученные при помощи микроскопа
«Nikon» MA-100 на сферическом шлифе,
приготовленном на приборе «Calotest», мкм
(справа)



Влияние коэффициента сглаживания на распределение толщины покрытия



Зависимость результатов расчета толщины покрытия по поверхности подложки от параметра R

Материалы и методы



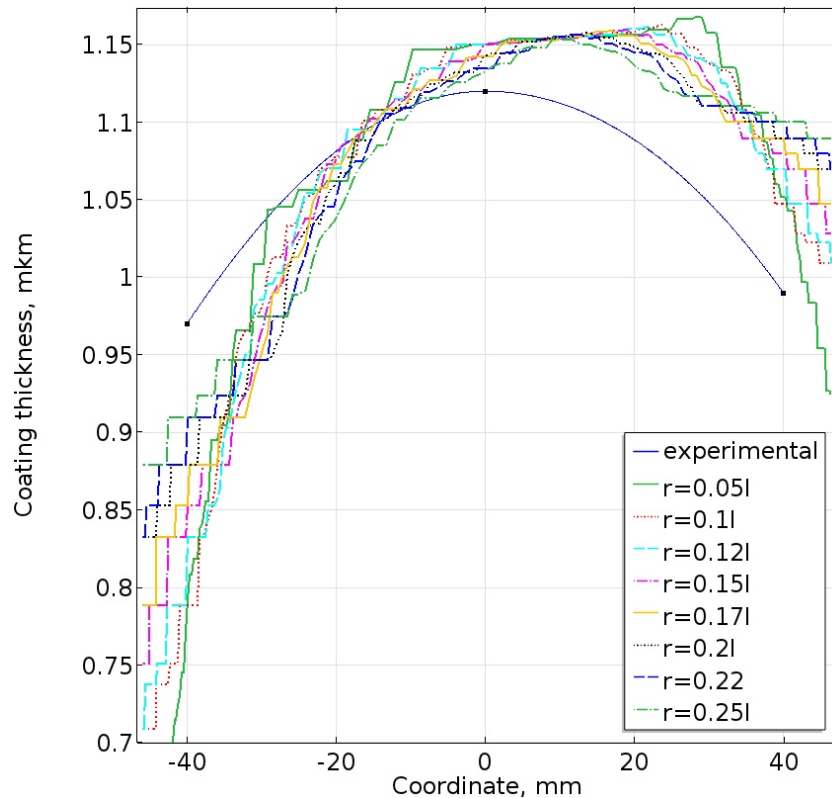
Внешний вид образцов с нанесенным покрытием (Ti-V)N



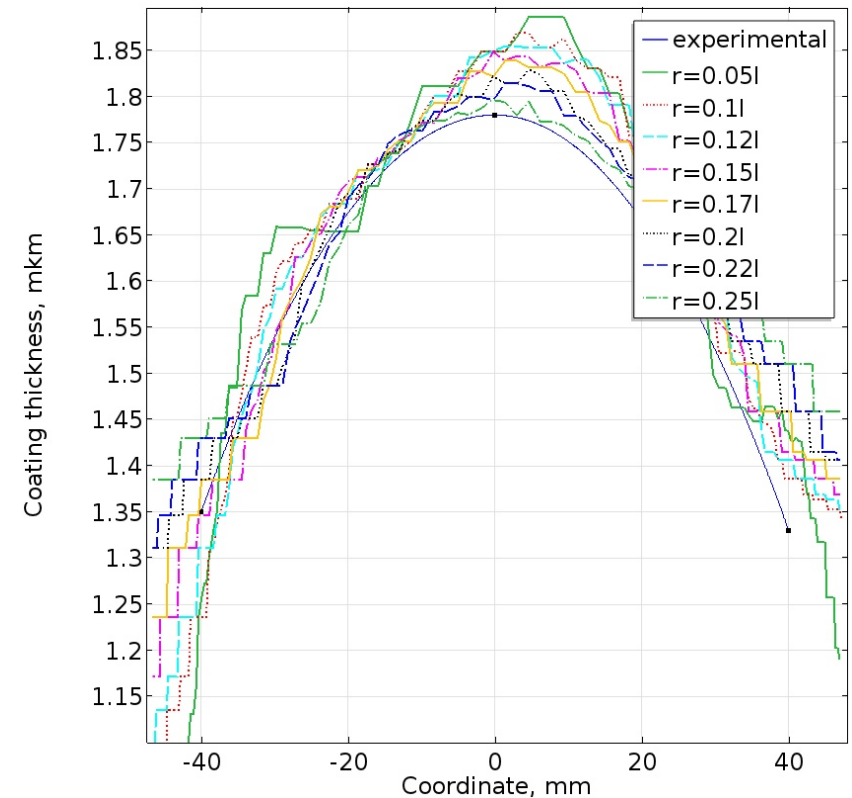
Установка ВУ-2М для нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия (слева)

Готовые образцы исследовались растровым электронным микроскопе JSM-6490 LV, где измерена толщина нанесенного покрытия в продольном сечении.

Характерный вид экспериментальных и расчетных кривых распределения толщины покрытия



Экспериментальное и расчетное распределение толщины покрытия по поверхности корыта образца с радиусом кривизны 37,5.

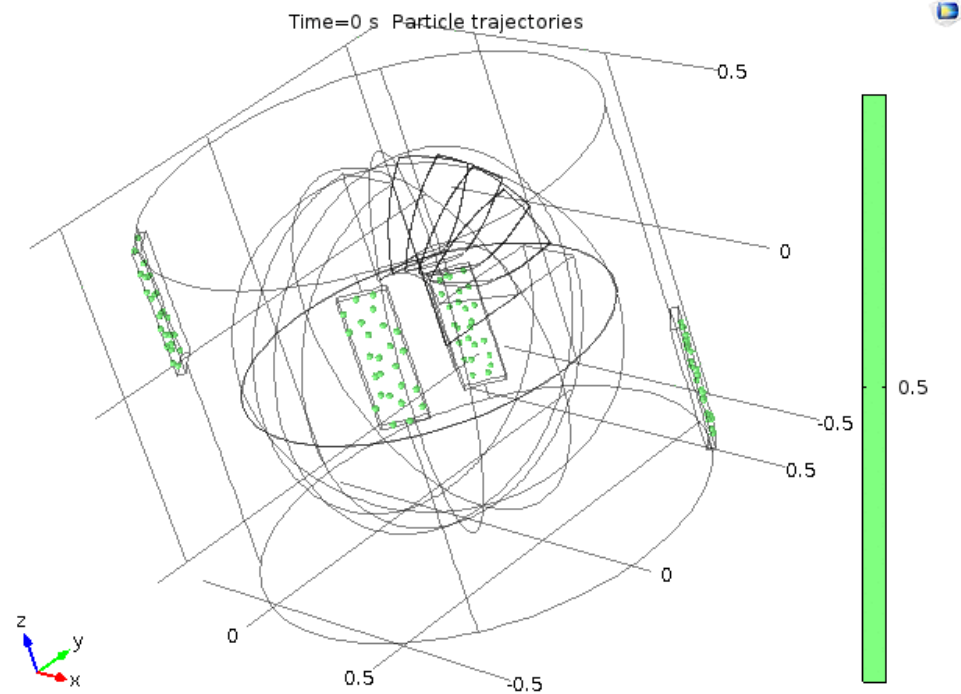


Экспериментальное и расчетное распределение толщины покрытия по поверхности спинки образца с радиусом кривизны 37,5.

Перспективы использования численной модели процесса нанесения покрытия



Пример осевого моноколеса
компрессора ГТД



Применение численной модели для
расчета толщины вакуумно-
плазменного покрытия для блисков

Вывод

Установлено, что для адекватной интерпретации данных распределения толщины вакуумно-плазменного покрытия на с-образных экспериментальных образцах с вогнутой и выпуклой стороны, наиболее оптимальным является $R=0,121$, обеспечивающий избавление от шумов и сохранение монотонности функции. Это обеспечивает проведение качественного анализа толщины покрытия в зависимости от геометрических параметров изделий сложной формы, какими являются лопатки компрессора ГТД, в том числе осевых моноколес.

Спасибо за внимание