

«ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЧЕНИЯ КУЭТТА-ТЕЙЛОРА В СОВРЕМЕННЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКАХ»

Волков-Музылёв Владимир Валерьевич,
АО НПО «ЛЭМЗ», МГТУ им. Н.Э. Баумана

Борисов Юрий Александрович,
кандидат технических наук, младший научный сотрудник
ОИВТ РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Калашников Дмитрий Алексеевич,
АО НПО «ЛЭМЗ»

Актуальность

Области применения машин динамического действия с использованием подшипников на газовой смазке:

Аэрокосмическая



Энергетическая



Газодобывающая

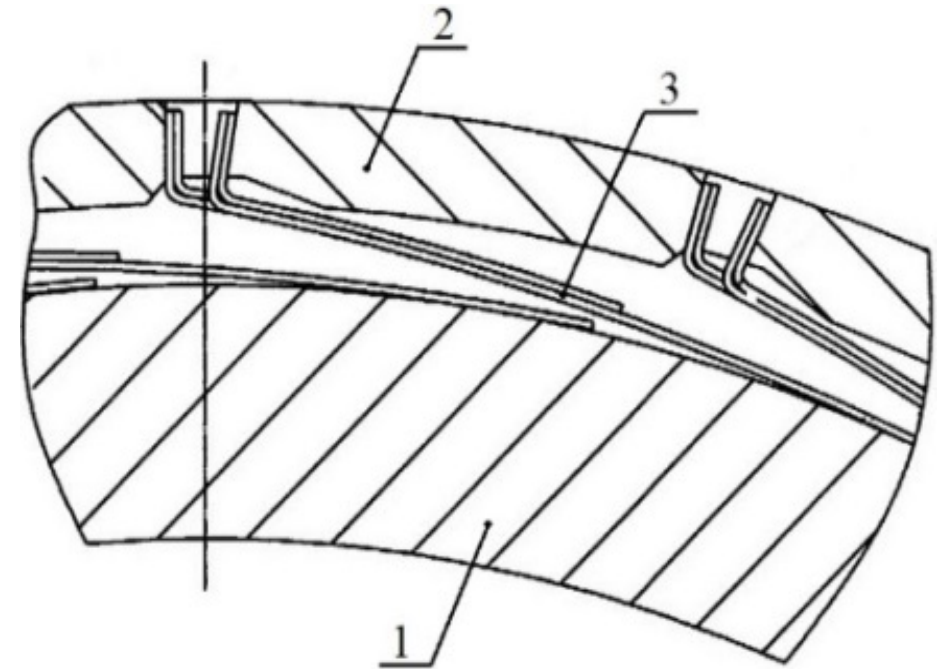


Преимущества газодинамических подшипников:

- Работоспособность при высоких и низких температурах
- Низкий уровень шума и вибрации
- Простота конструкции
- Долговечность и надёжность
- Малое трение и тепловыделение
- Отсутствие систем смазки и вспомогательных систем с ней сопряжённых
- Предельно низкие массы и габариты

Конструкция газодинамического лепесткового подшипника

- 1 – втулка, которая является валом и вращается с угловой скоростью w ;
- 2 – обойма подшипника, являющаяся статором;
- 3 – лепестки газодинамического подшипника, предусмотренные для формирования условий газодинамической смазки.



Цель работы:

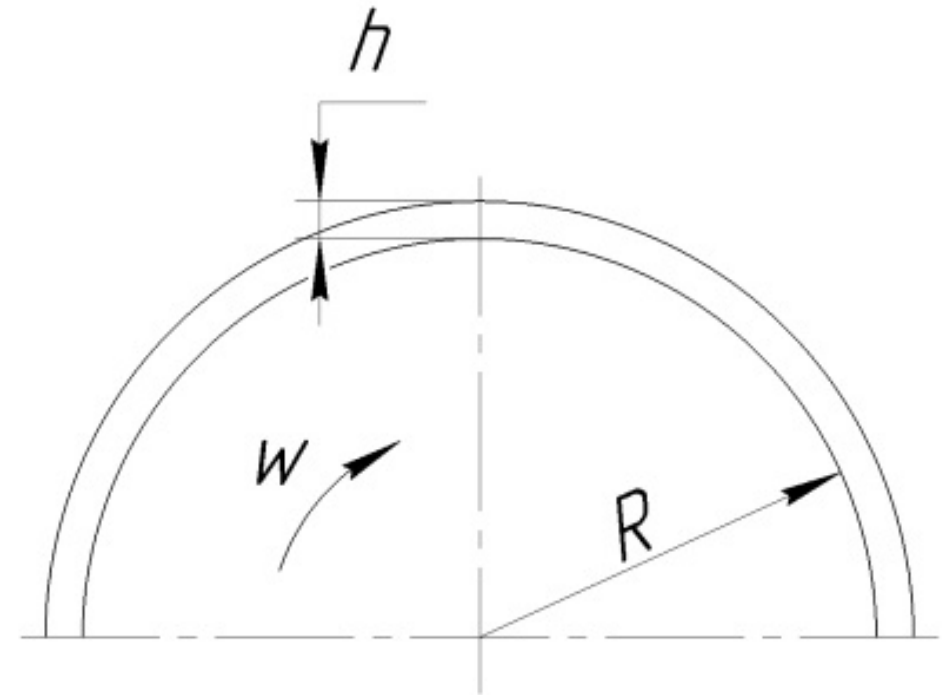
Рассмотрение течения газа в микроканалах, близких к зазорам в современных газодинамических подшипниках, для определения в них вихрей Тейлора.

Задачи исследования:

- рассмотреть микроканалы, близкие к зазорам газодинамических подшипников;
- оценить условие возникновения вихрей Тейлора по критериальной зависимости;
- смоделировать вихри Тейлора в программе ANSYS CFX;
- сравнить полученные результаты при моделировании и критериальным зависимостям.

Расчётная схема

- h – ширина канала
- w – угловая скорость вращения внутреннего цилиндра
- R – радиус вращающегося цилиндра



Условие возникновения вихрей Тейлора:

$$Ta = \frac{U_m \cdot h}{\nu} \sqrt{\frac{h}{R}}$$

- $Ta < 41,3$ – течение Куэтта;
- $Ta \geq 41,3$ – ламинарное течение с вихрями Тейлора.

Оценка характера течения:

$$Re = \frac{U_m \cdot h}{\nu}$$

Моделирование течения в программе ANSYS CFX (лицензия МГТУ)

- Уравнение Навье-Стокса для вязкого газа:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = -(\vec{V} \cdot \nabla) \cdot \vec{V} + \nu \cdot \Delta \vec{V} - \frac{1}{\rho} \cdot \nabla p + \vec{F}$$

- Уравнение неразрывности:

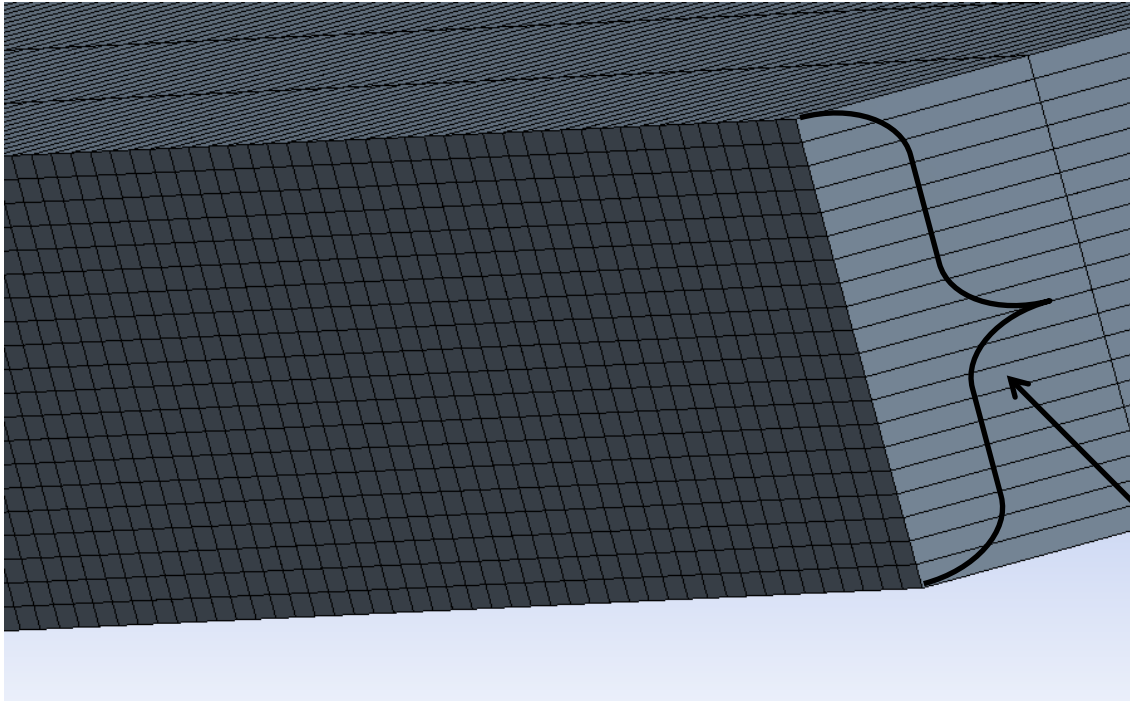
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot \vec{V}) = 0$$

Граничные условия и допущения:

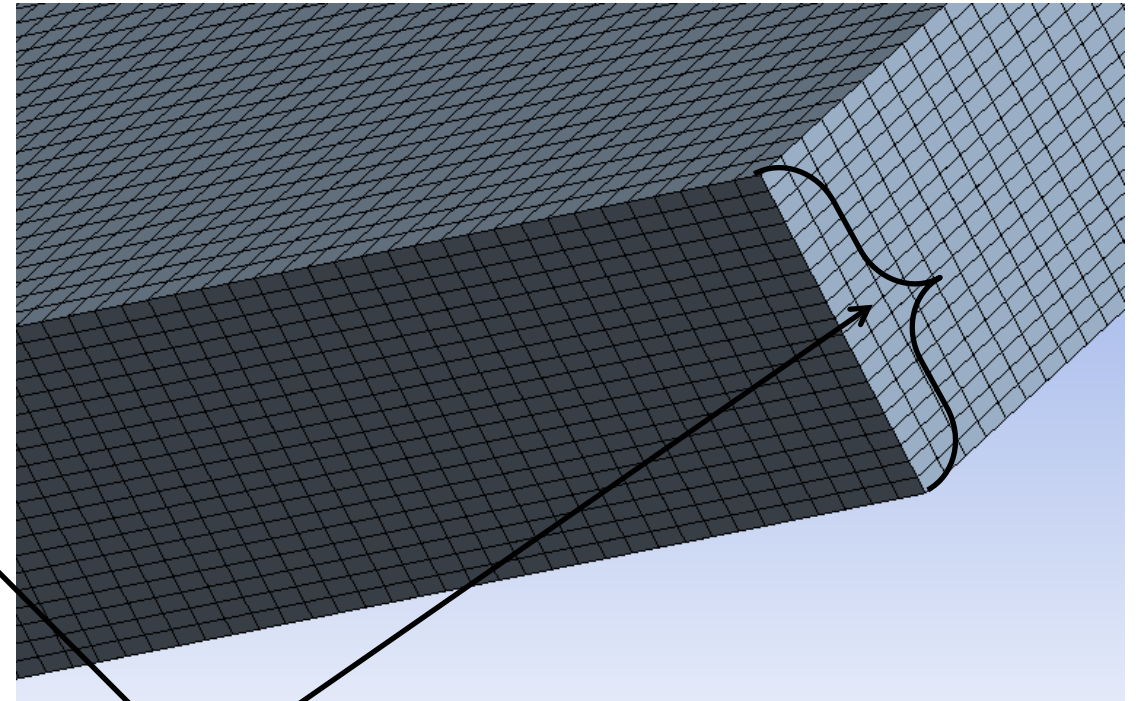
- ламинарная модель течения газа;
- газ идеальный;
- скорость на внешнем цилиндре равняется нулю;
- угловая скорость вращения внутреннего цилиндра $\omega = 96000$ об/мин.

Используемая сетка при моделировании в программе ANSYS CFX

Ширина $h=40$ мкм



Ширина $h=100$ мкм



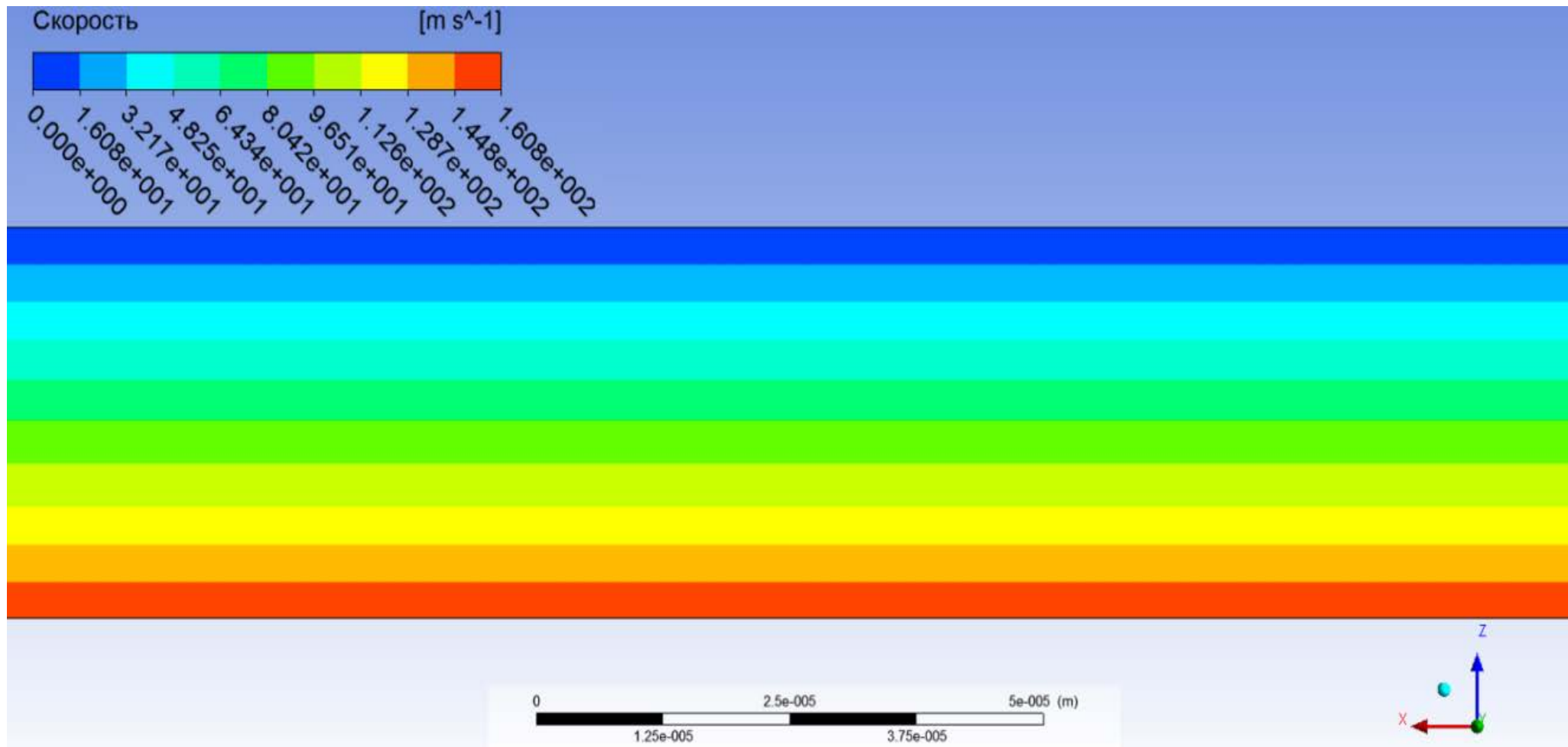
h

Результаты исследования

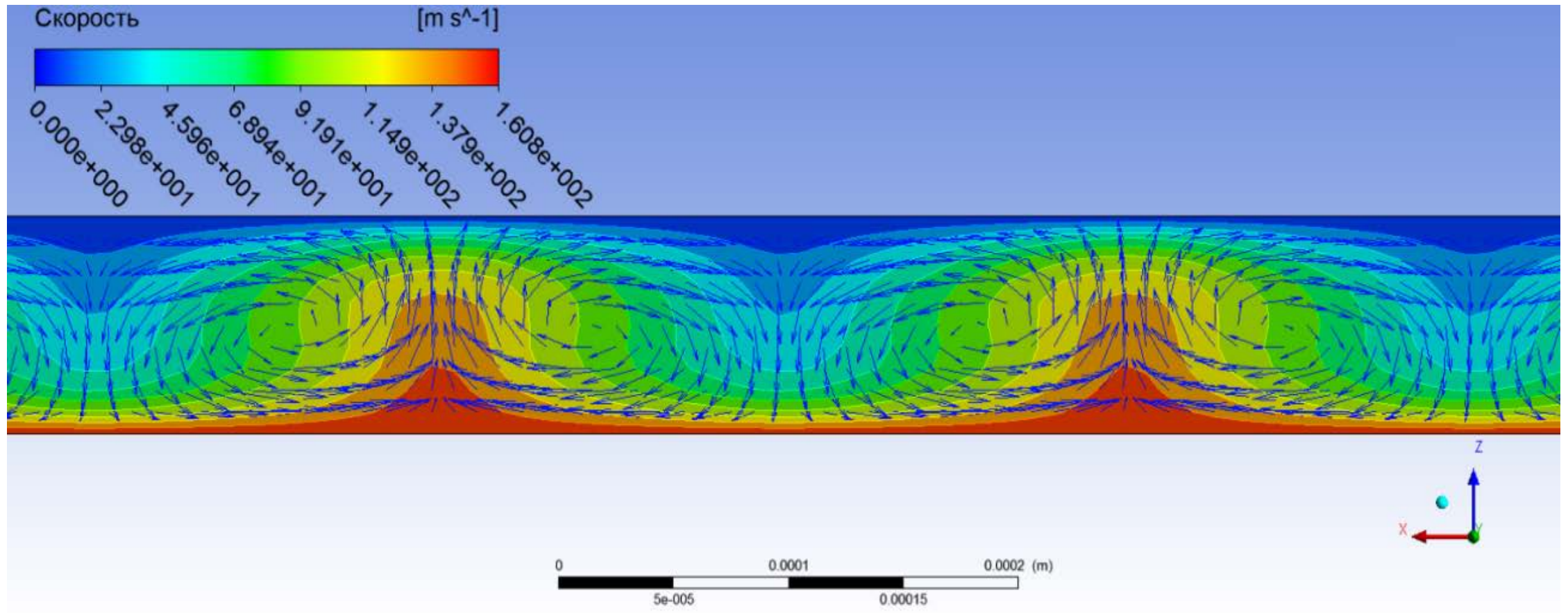
При моделировании в программе ANSYS CFX и оценке с помощью критериев рассматривался радиус внутреннего цилиндра равный $R=32$ мм.

	$h_1 = 40$ мкм	$h_2 = 100$ мкм
Ta	57,1	225,8
Re	1615	4038
Тип течения (аналитический расчёт)	Ламинарное с вихрями Тейлора	Ламинарное с вихрями Тейлора
Тип течения (численное моделирование)	Течение Куэтта без вихрей	Ламинарное с вихрями Тейлора

Результаты численного исследования в программе ANSYS CFX для ширины канала 40 мкм:



Результаты численного исследования в программе ANSYS CFX для ширины канала 100 мкм:



Заключение

- Создана математическая модель течения газа, которая может быть использована для оценки возникновения вихрей в газодинамических подшипниках.
- Результаты полученные при численном моделировании и с помощью критериев показывают хорошее совпадение.
- Результаты расчетов могут быть использованы при разработке новых конструкций газодинамического подшипника.
- В дальнейшем данная задача может использоваться как модельная для оценки адекватности численного решения уравнений математической модели ламинарного течения газа в каналах газодинамического подшипника.

Направление дальнейших исследований:

- Определение воздействий вихрей на газодинамический подшипник.
- Учёт сложной конструкции при моделирование в ANSYS CFX.
- Создание расчётной модели для определения зазоров между лепестком и втулкой подшипника, а также геометрии его проточной части (лепестка и пружины) для создания оптимальных условий течения газа в микроканале.

Спасибо за внимание!