

Лабораторные работы по дисциплине "Моделирование в среде Ansys Fluent"

Наумкин В.С.

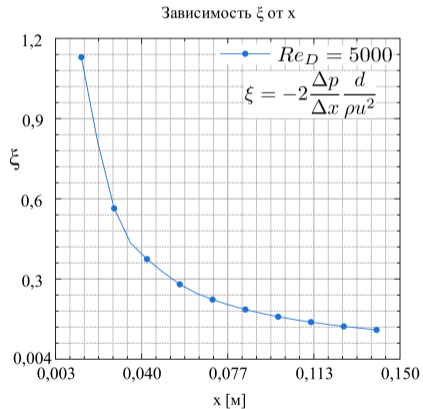
Содержание отчёта лабораторной работы

1. Титульный лист.
2. Постановка задачи: геометрия, условия на границах.
3. Сетка с описанием количества и типа конечных элементов.
4. Система решаемых уравнений с расшифровкой обозначений.
5. Описание граничных условий и используемых моделей. Метод решения.
6. Результаты: поля переменных, профили скорости и т.п., графики величин с описанием результатов.
7. Заключение.
8. К отчёту прикладываются проекты с графиками.

Требования к оформлению графиков

1. Шрифт: Times New Roman, 14 pt.
2. Толщина линий - 2 pt.
3. График должен содержать вспомогательную сетку.
4. Подписи на осях: Times New Roman, 14 pt. Обязательно наличие числовых значений на осях.
5. Обязательно наличие легенды. Расшифровку обозначений можно привести в подрисуночной подписи. Если на графике одна кривая, то допускается отсутствие легенды.
6. Аналитические и эмпирические зависимости наносятся формулой.
7. При необходимости настраиваются логарифмические шкалы.

Пример оформления графика



Дополнительные требования

1. Визуализация полей скорости, температуры и т.п. сохраняется на белом фоне.
2. Профили скорости, температуры и т.п. из CFD-Post (Results) должны быть оформлены в соответствии с требованиями к графикам. (Профили можно перестроить в стороннем графопостроителе).
3. В постановке задачи на геометрии должны быть подписаны все поверхности, на которых задаются граничные и начальные условия.
4. Обозначения переменных в тексте и рисунках должны быть идентичны друг другу.

Задания на лабораторные работы

1. Моделирование теплообмена в трубке

Осесимметричная 2D задача



▶ Граничные условия:

1. Вход: скорость, вычисляемая из чисел Рейнольдса, равных № варианта умноженный на 100, 500, 1000, 5000, 10000. Температура - 300 К.
2. Выход: постоянное давление- одна атмосфера.
3. Ось: ось вращения.
4. Стенка: Постоянный тепловой поток: № варианта умноженный на $150[\text{Вт}/\text{м}^2]$.

Важно!

- ▶ Ось вращения должна совпадать с осью OX и начинаться в точке [0,0]. Геометрия располагается в первой четверти декартовых координат.

1. Моделирование теплообмена в трубке

Задание на лабораторную работу №1

1. Построить сетку со сжатием к стенкам трубки.
2. Промоделировать задачу теплообмена с использованием $k - \epsilon$ модели турбулентности.
3. Постобработка:
 - ▶ Построить поля скорости и температуры для третьего случая.
 - ▶ Построить изменение профиля скорости и температуры по длине трубки в 10 сечениях с учётом входного и выходного сечений.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта по длине канала для третьего случая.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта от расхода газа на входе и сравнить с известными в литературе зависимостями.

2. Теплообмен в трубке с учётом теплопроводности стенки

Осесимметричная 2D задача



▶ Граничные условия:

1. Вход: скорость, вычисляемая из чисел Рейнольдса, равных N° варианта умноженный на 100, 500, 1000, 5000, 10000. Температура - 300 К.
2. Выход: постоянное давление- одна атмосфера.
3. Ось: ось вращения.
4. Стенка: Постоянный тепловой поток: N° варианта умноженный на $150 [\text{Вт}/\text{м}^2]$.
5. Граница сопряжения газ-твёрдое тело: интерфейс.

2. Теплообмен в трубке с учётом теплопроводности стенки

Задание на лабораторную работу №2

1. Построить сетку со сжатием к стенкам трубки. В твёрдой фазе - равномерная сетка.
2. Промоделировать задачу теплообмена с использованием $k - \omega$ модели турбулентности.
3. Постобработка:
 - ▶ Построить поля скорости и температуры для третьего случая.
 - ▶ Построить изменение профиля скорости и температуры по длине трубки в 10 сечениях с учётом входного и выходного сечений.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта по длине канала для третьего случая.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта от расхода газа на входе и сравнить с известными в литературе зависимостями.

3. Теплообмен в трубке с развитым профилем скорости

Задание на лабораторную работу №3



▶ Граничные условия:

1. Вход: Развитый профиль скорости, вычисляемый из чисел Рейнольдса, равных № варианта умноженный на 100, 1000, 10000. Температура - 300 К.
2. Выход: постоянное давление- одна атмосфера.
3. Ось: ось вращения.
4. Стенка: Постоянный тепловой поток: № варианта умноженный на $250[\text{Вт}/\text{м}^2]$.

3. Теплообмен в трубке с развитым профилем скорости

Задание на лабораторную работу №3

1. Сетка из первой лабораторной.
2. Промоделировать задачу теплообмена с использованием $k - \epsilon$ модели турбулентности.
3. Постобработка:
 - ▶ Построить поля скорости и температуры для третьего случая.
 - ▶ Построить изменение профиля скорости и температуры по длине трубки в 10 сечениях с учётом входного и выходного сечений.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта по длине канала для третьего случая.
 - ▶ Построить графики изменения коэффициента гидравлического сопротивления и числа Нуссельта от расхода газа на входе и сравнить с известными в литературе зависимостями.

4. Теплообмен в трубке с учётом переменных свойств рабочего тела

Осесимметричная 2D задача



► Граничные условия:

1. Вход: скорость, вычисляемая из чисел Рейнольдса, равных № варианта умноженный на 100, 500, 1000, 5000, 10000. Температура - 300 К.
2. Выход: постоянное давление- одна атмосфера.
3. Ось: ось вращения.
4. Граница сопряжения газ-твёрдое тело: интерфейс.

4. Теплообмен в трубке с учётом переменных свойств рабочего тела

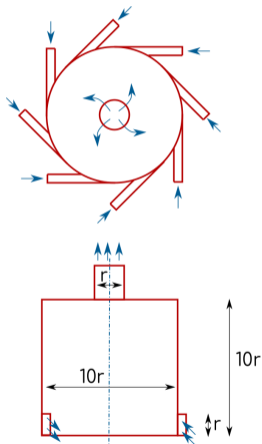
Задание на лабораторную работу №4

1. Задание аналогично заданию лабораторной работы №2, но на стенке задаётся постоянная температура равная 800°C .
2. Пользуясь Expression, установить переменные свойства веществ для своего варианта.
3. Сравнить результаты моделирования со случаем с постоянными свойствами рабочего тела.
4. Рабочее тело:

1-Air	2-N ₂	3-O ₂	4-Ar	5-He	6-H ₂ O	7-Xe	8-Ne	9-CH ₄	10-H ₂
-------	------------------	------------------	------	------	--------------------	------	------	-------------------	-------------------

5. Динамика потока в закрученных течениях

Осесимметричная 3D задача



- ▶ Вырезать из вихревой камеры сектор в 45° .
- ▶ **Важно:** ось симметрии должна совпадать с осью Z.
- ▶ Граничные условия:
 1. Вход: скорость, вычисляемая из чисел Рейнольдса, равных № варианта умноженный на 100, 1000, 5000. Температура - 300 K.
 2. Выход: постоянное давление- одна атмосфера.
 3. Ось: ось вращения.
 4. Стенка: условия прилипания.
 5. Грани сектора: интерфейс с периодическими условиями.

5. Динамика потока в закрученных течениях

Задание на лабораторную работу №5

- ▶ Сделать сетку со сжатием ко всем стенкам. На периодические границы наложить условие-совпадение сеток (Match Control).
- ▶ Промоделировать динамику течения для трёх расчётных случаев с использованием модели турбулентности Рейнольдсовых напряжений.
- ▶ В постобработчике отобразить поля окружной, радиальной и осевой скоростей в различных сечениях по высоте вихревой камеры (полное сечение, не сектор) и в одном сечении по радиусу.
- ▶ Построить профили окружной, радиальной и осевой скоростей в торцевых пограничных слоях (5 сечений).
- ▶ Построить график потерь давления от расхода.

6. Теплообмен в трубке

3D задача

- ▶ Задание из лабораторной работы №1.
- ▶ Построить сетку с использованием Fluent Meshing, шаблон WaterTightGeometry.

7. Теплообмен в трубке

3D задача

- ▶ Задание из лабораторной работы №1. Только случай №3.
- ▶ Построить сетку с использованием модуля Mesh: сетка из тетраэлементов, сетка преимущественно HexDominant, сетка из полиэдров.
- ▶ Сравнить результаты для трёх сеток.

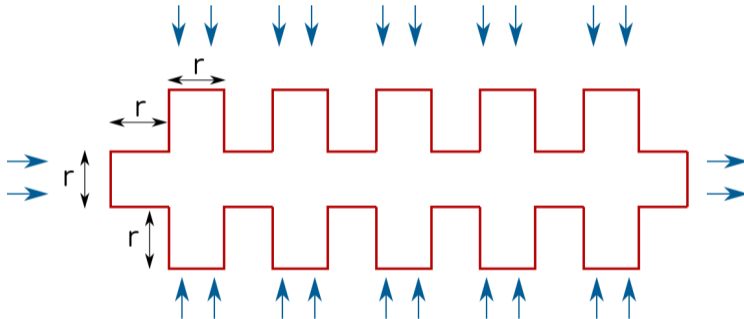
8. Теплообмен в трубке

3D задача

- ▶ Задание из лабораторной работы №1.
- ▶ Построить сетку с использованием модуля Mesh: виртуальная топология.

9. Команды консоли Fluent

2D задача



9. Команды консоли Fluent

2D задача

- ▶ С помощью команд консоли Fluent задать в качестве модели турбулентности $k - \epsilon$ модель, включить уравнение энергии.
- ▶ Задать на входах следующие граничные условия:
 1. массовый расход, вычисляемый из числа Рейнольдса, равного N^o варианта умноженный на 100;
 2. на первом входе задать температуру, равную 300 K+N^o варианта. На остальных входах по возрастанию +10 градусов.
 3. Степень турбулентности: 2%, масштаб турбулентности: N^o варианта/100. Рабочее давление - 1 атм.
- ▶ На выходе: постоянное давление.
- ▶ Команды консоли объединить в один скрипт.
- ▶ Провести тепловой расчёт и сравнить полученную температуру газа на выходе с аналитическим решением.

10. Моделирование теплообменника

2D задача. <https://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/4006/6>

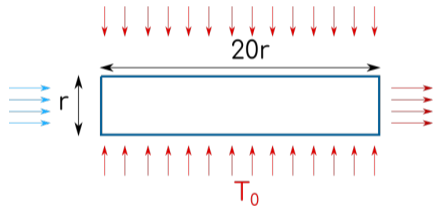


- ▶ Выполнить сравнение результатов численного моделирования и аналитического решения для температуры на горячем выходе. Задание № 7 в учебном пособии по тепломассообмену.

- ▶ Выполнить тепловой расчёт теплообменника: чётные варианты - прямоточный, нечётные - противоточный.
- ▶ Расход через каналы вычисляется из числа Рейнольдса, равного № варианта умноженный на 10.
- ▶ Рабочее тело: внутренняя трубка - воздух, внешняя - вода.
- ▶ Материал твёрдой фазы - нержавеющая сталь.
- ▶ Температура горячего источника - 350°C , холодного - 15°C .

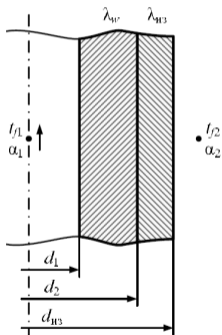
11. Лучистая составляющая теплообмена

2D задача



- ▶ Выполнить тепловой расчёт в плоском канале с учётом моделей лучистого теплообмена: D1, S2S, Discrete Ordinates и без учёта лучистой составляющей.
- ▶ Температура газа на входе в канал: $T_{in} = 300\text{K}$. Расход воздуха определяется числом Рейнольдса, равным № варианта умноженный на 100 и 1000.
- ▶ Температура стенок: 900 К.
- ▶ Провести сравнение по профилям температуры на выходе из канала и по числам Нуссельта.

12. Определение эффективной толщины теплоизоляции 2D задача



- ▶ Аналитически определить эффективную толщину теплоизоляции и её материал. Задание № 3 в учебном пособии по тепломассообмену:
<https://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/4006/6>.
- ▶ Провести численное моделирование задачи сопряжённой задачи теплообмена и сравнить результаты моделирования и аналитического решения. Длину трубопровода принять равной $20d_1$.