

Лекция 8-9. Обработка результатов численного моделирования

1. Обработку рассчитанных данных проще проводить в модуле **Results**. Данный модуль подключается к **Solution**, как и предыдущие модули.

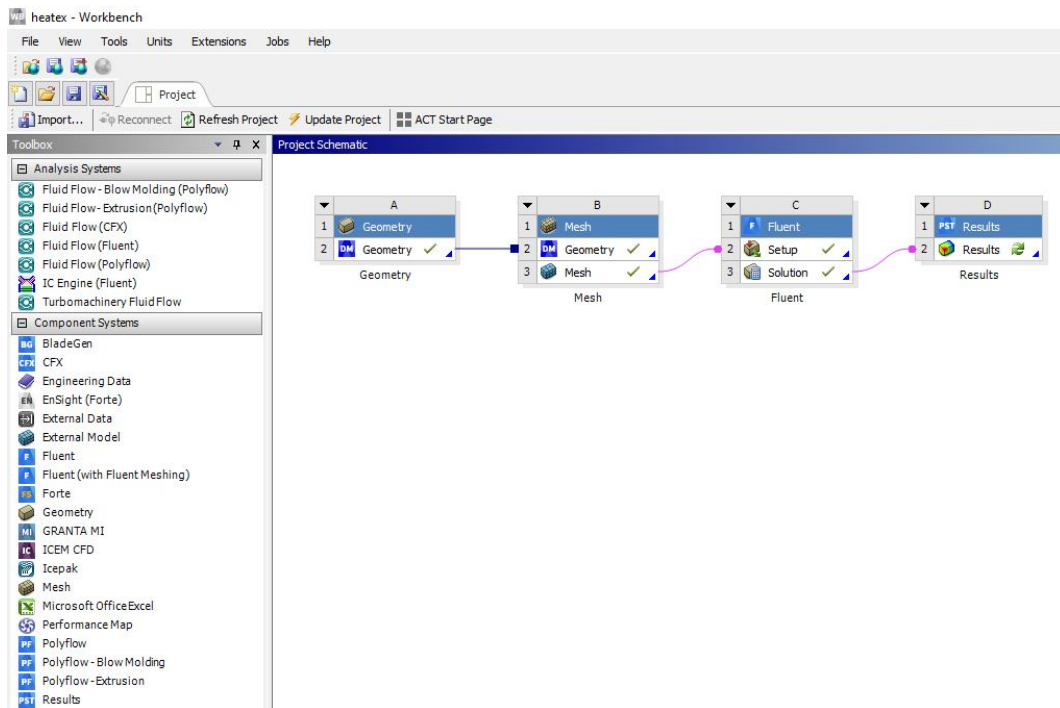


Рис. 1. Добавление модуля Results. Задание связей

2. После запуска постобработчика откроется окно. Слева расположено дерево проекта, справа – окно визуализации.

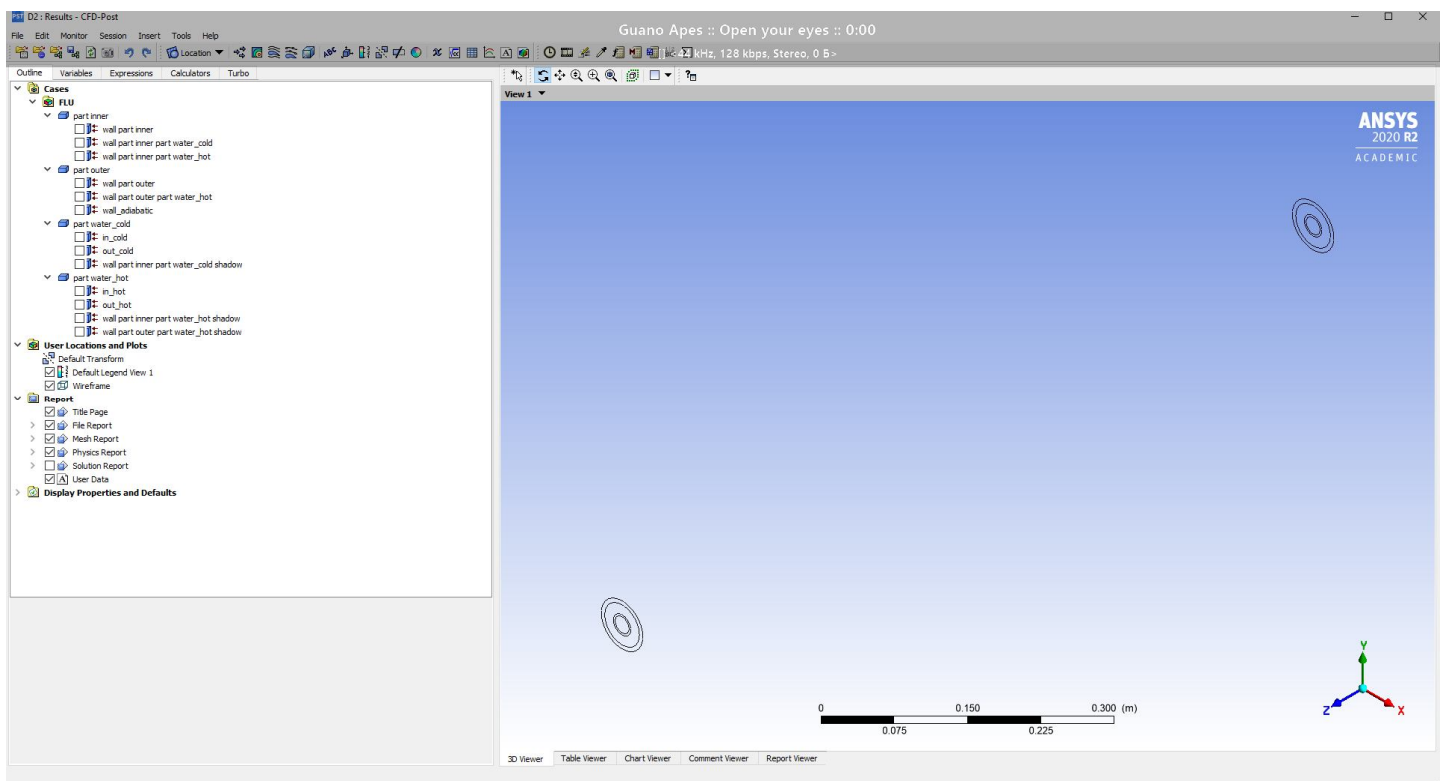


Рис. 2. Внешний вид окна

3. Для визуализации полей или профилей рассчитанных величин необходимо добавить плоскости и линии, на которых будут строиться поля и профили: правая кнопка мыши по *User Location and Plots* → *Insert* → *Location* → *Plane/Line* и т.п.

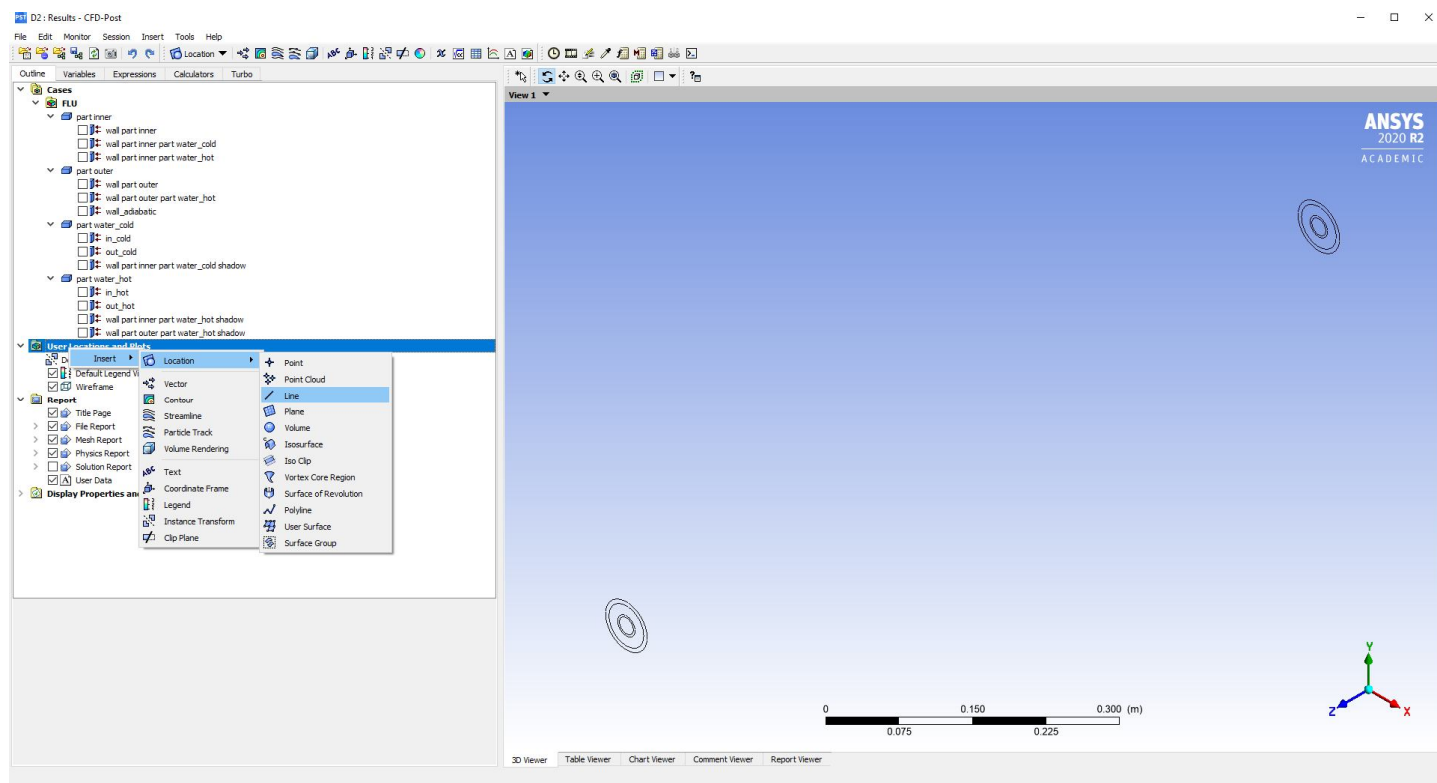


Рис. 3. Добавление «локаций»

Далее вводим имя плоскости или линии.

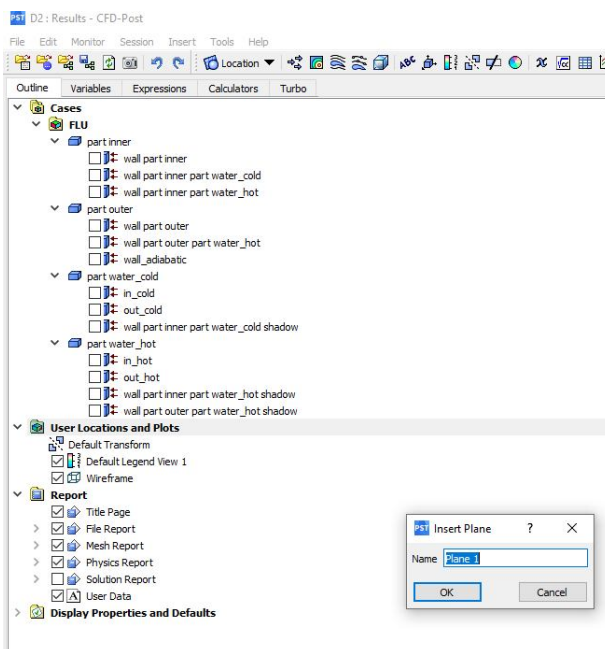


Рис. 4. Добавление плоскости

После введения названия локации пользователя появится панель с настройками данной локации – *Details of «Имя локации»*. Для построения плоскости выбираем метод построения *XY Plane*. По координате *Z* необходимо ввести расстояние, на котором будет

построена плоскость. При установке курсора в поле ввода, снизу поля появится бегунок, ограничивающий координаты, в которых может быть построена плоскость. На рисунке ниже представлена построенная плоскость, через все домены: *Domains* → *All Domains*.

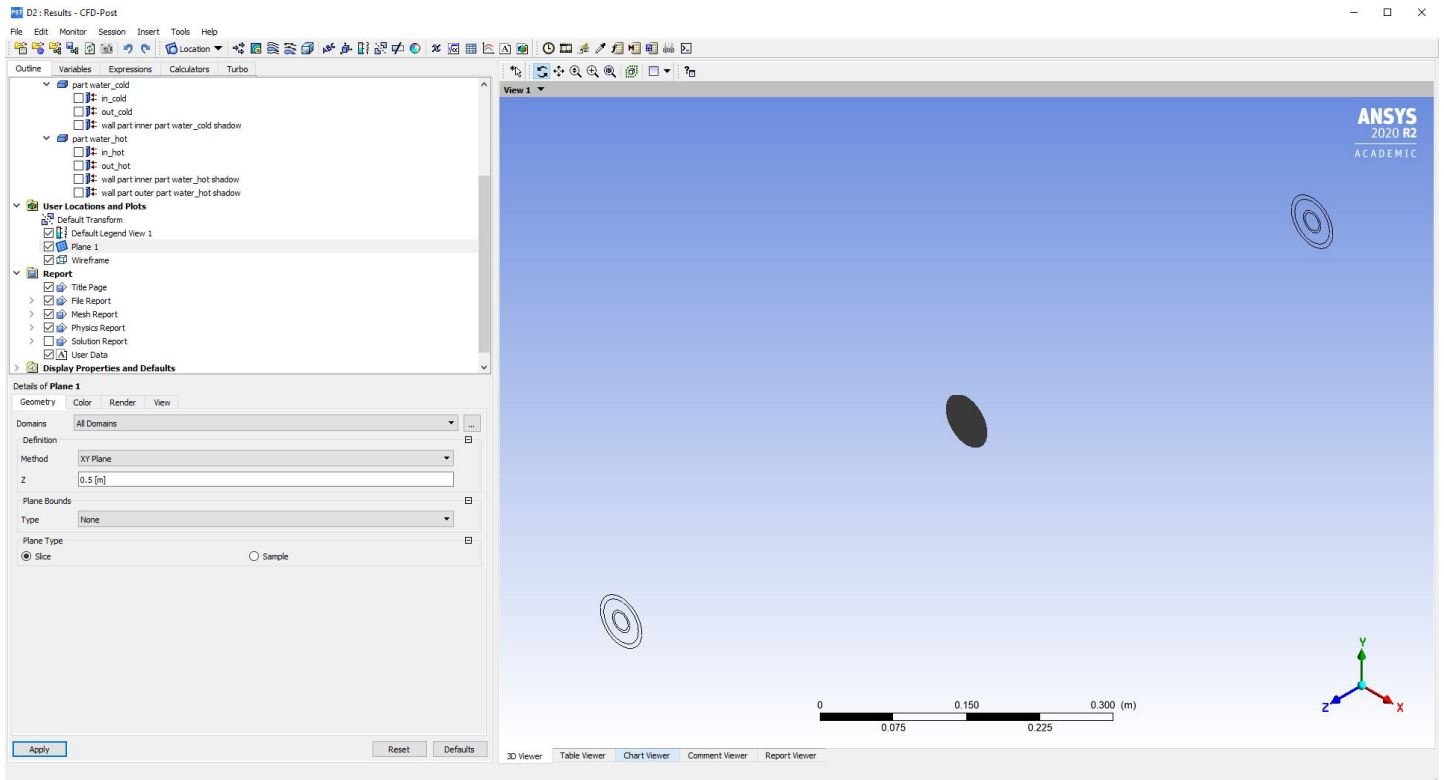


Рис. 5. Добавление плоскости

Так же меняя *Domain* можно провести плоскость через отдельную часть составной геометрии. На рисунке ниже построена плоскость только через внутреннюю жидкостную часть.

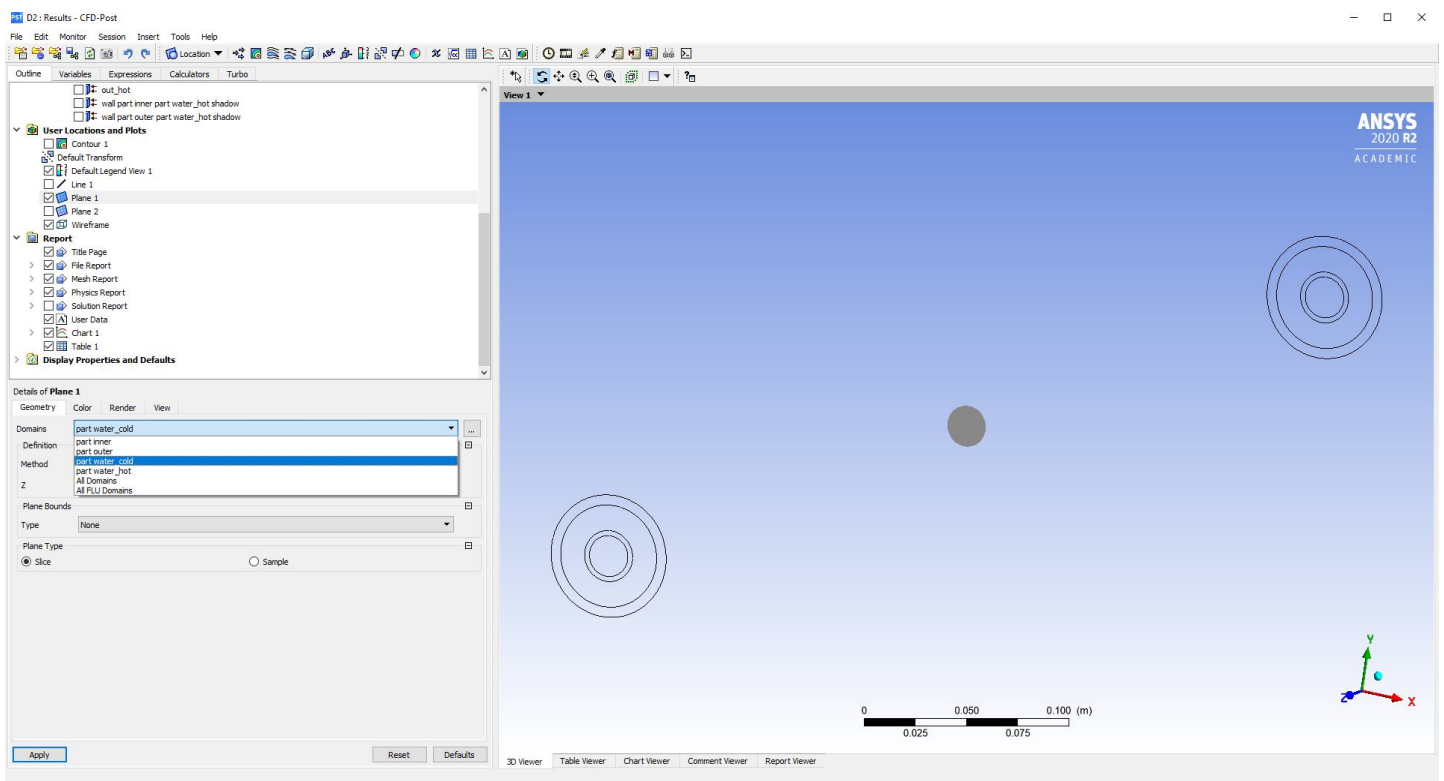


Рис. 6. Добавление плоскости

4. Далее на созданную плоскость можно нанести поле какой-либо рассчитанной величины. *User Location and Plots* → *Insert* → *Contour*.

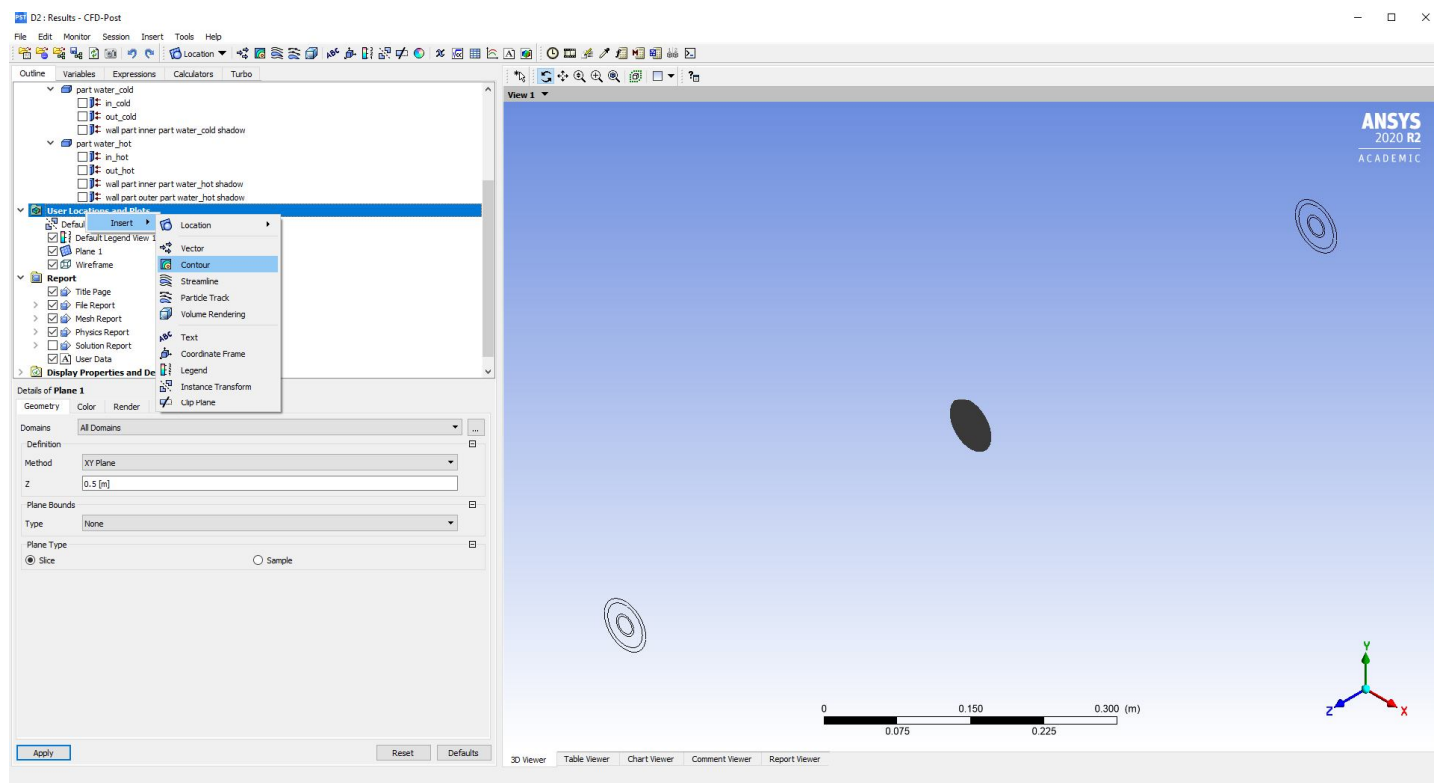


Рис. 7. Построение контурного графика

Details of «Contour1»/Location выбираем ранее созданную плоскость или границу. В *Variable* выбираем интересующую нас переменную, например температуру. В *Range* можно установить диапазон значений, в котором будет построен контур. *# of Contours* – количество цветовых спектров, которые будут отображаться на легенде.

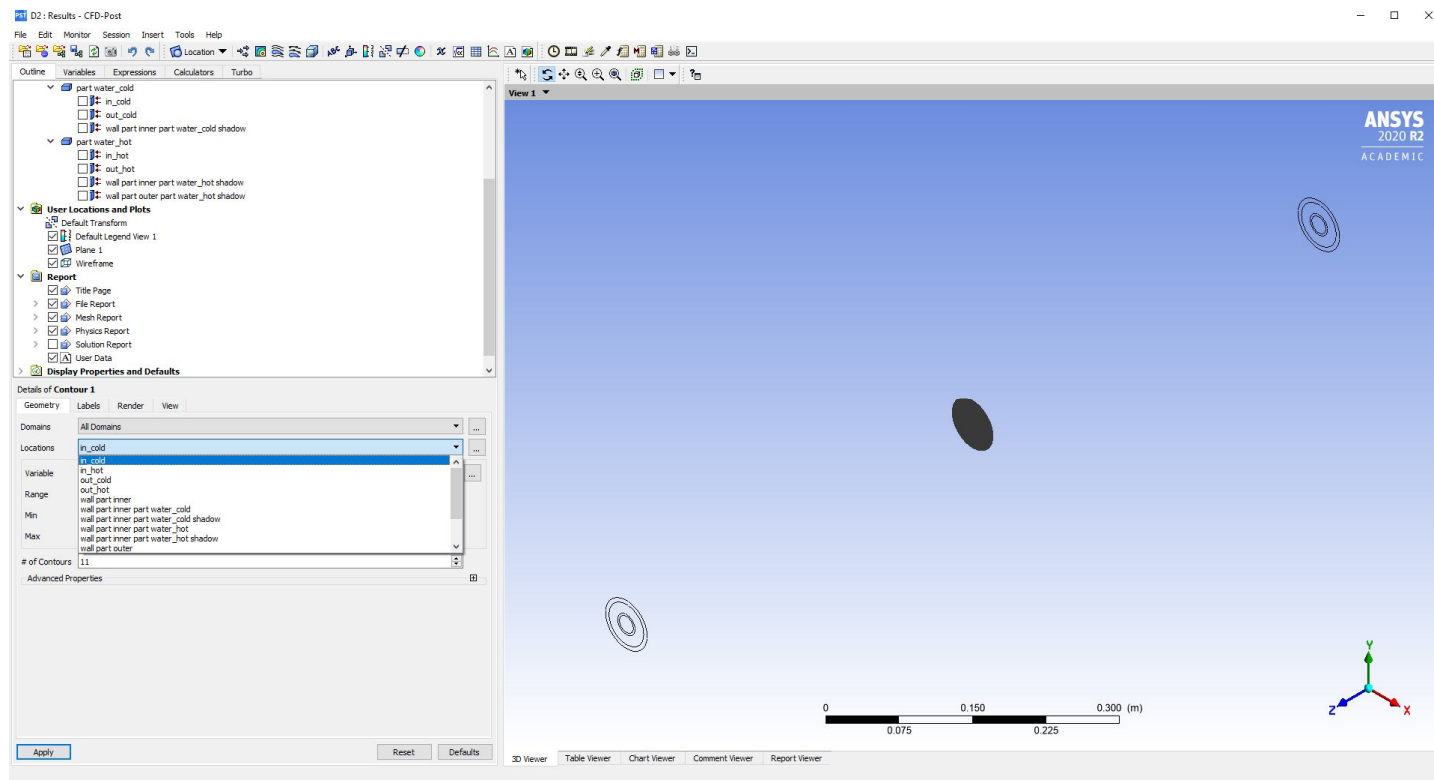


Рис. 8. Построение контурного графика

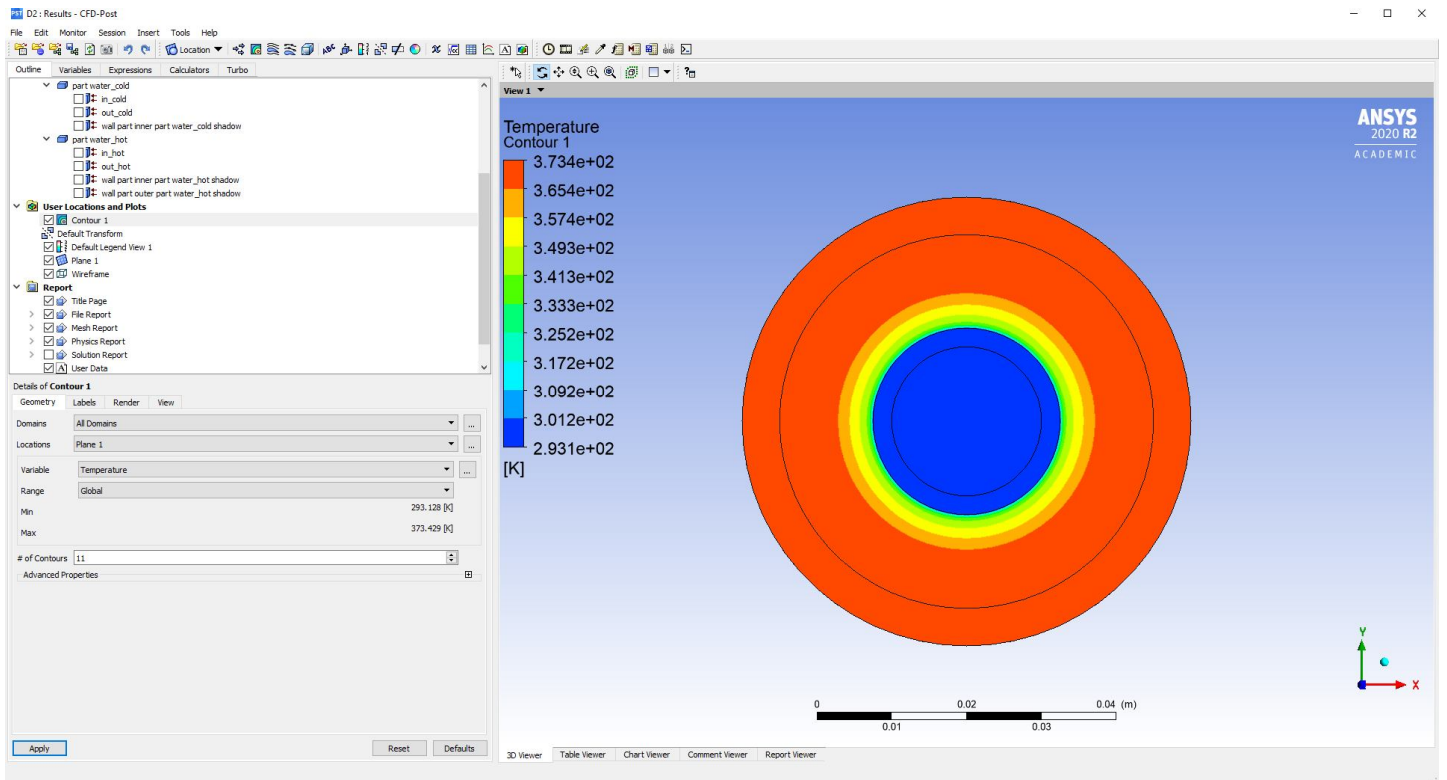


Рис. 9. Построение контурного графика

5. Для того чтобы на легенде температура отображалась в градусах Цельсия, необходимо настроить единицы измерения в постобработчике: **Edit** → **Options** → **Units**.

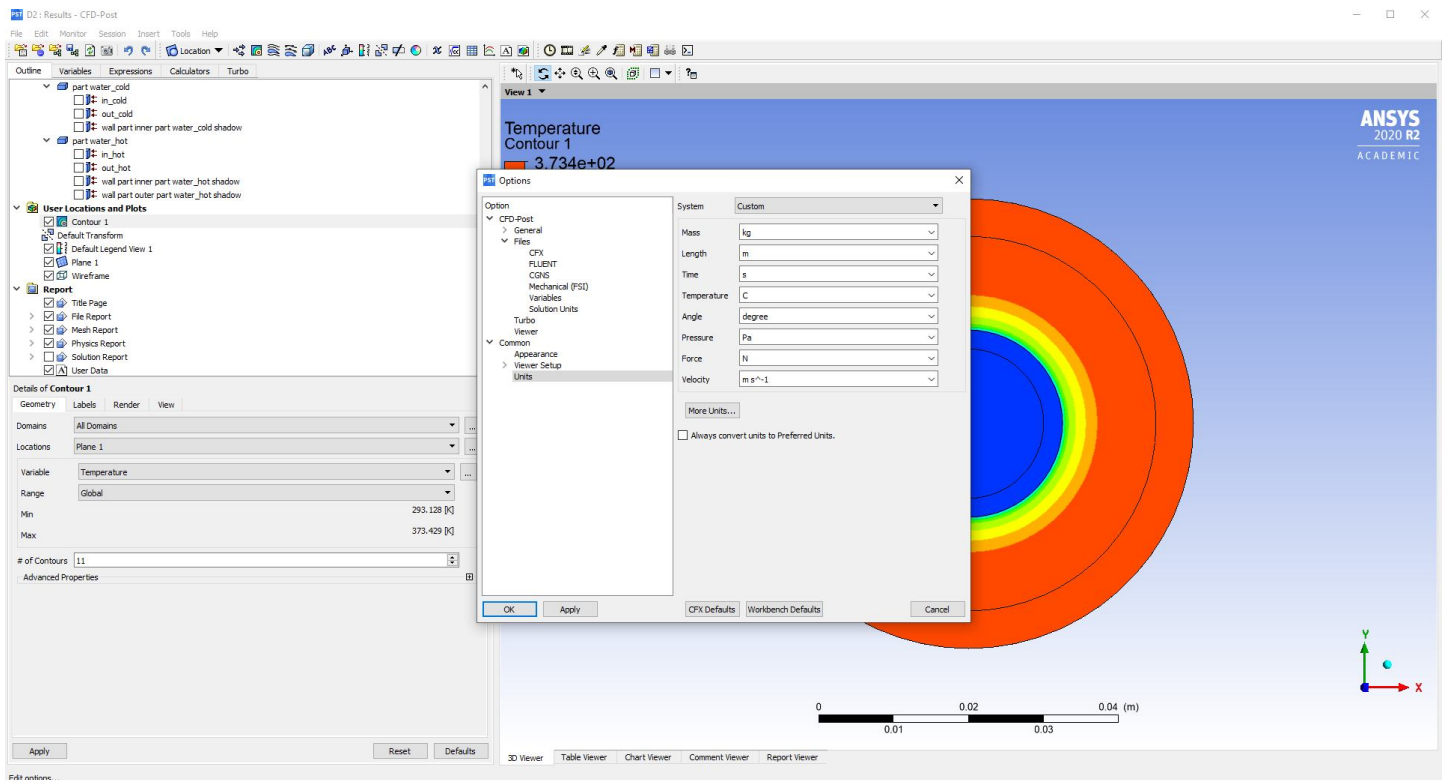


Рис. 10. Изменение единиц измерения величин

6. Аналогичным способом можно построить поле температур на продольной плоскости. Для отображения контура на нескольких плоскостях, необходимо нажать кнопку **...**, расположенную справа от выпадающего списка. Откроется список всех

доступных локаций, в котором через зажатый **Ctrl** можно выбрать одновременно несколько плоскостей.

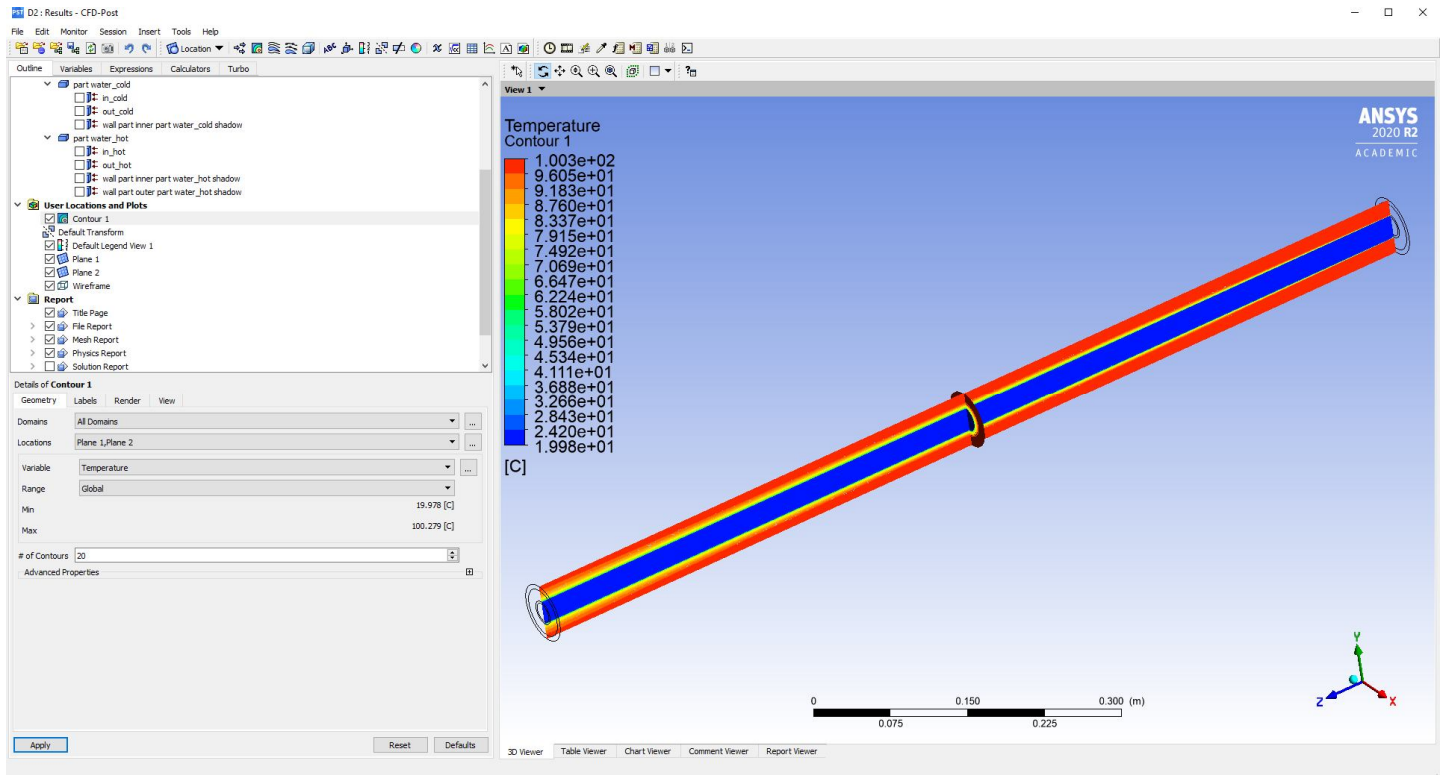


Рис. 11. Построение контурного графика

7. Для построения профилей величин необходимо построить линии, по которым будет строиться профиль. В настройках линии необходимо ввести координаты x, y, z для начальной и конечной точек. В *Samples* необходимо задать количество промежуточных точек, по которым будет откладываться на графике интересующая величина. Максимальное количество – 1000. Если будет задано малое количество промежуточных точек, то итоговый профиль может получиться ломанным.

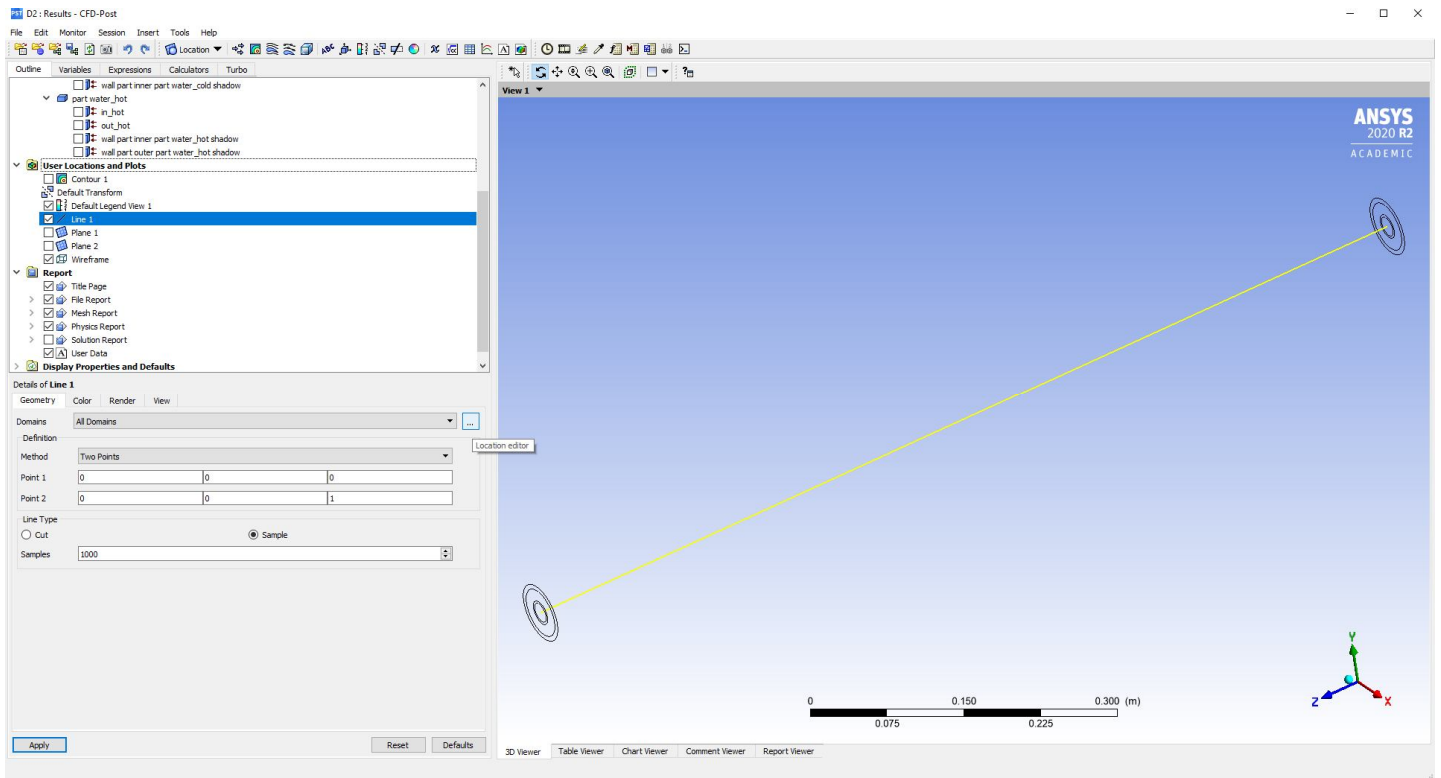


Рис. 12. Построение направляющей линии

8. После построения линий необходимо добавить систему координат, в которых будет построен график. **Results** → **Insert** → **Chart**.

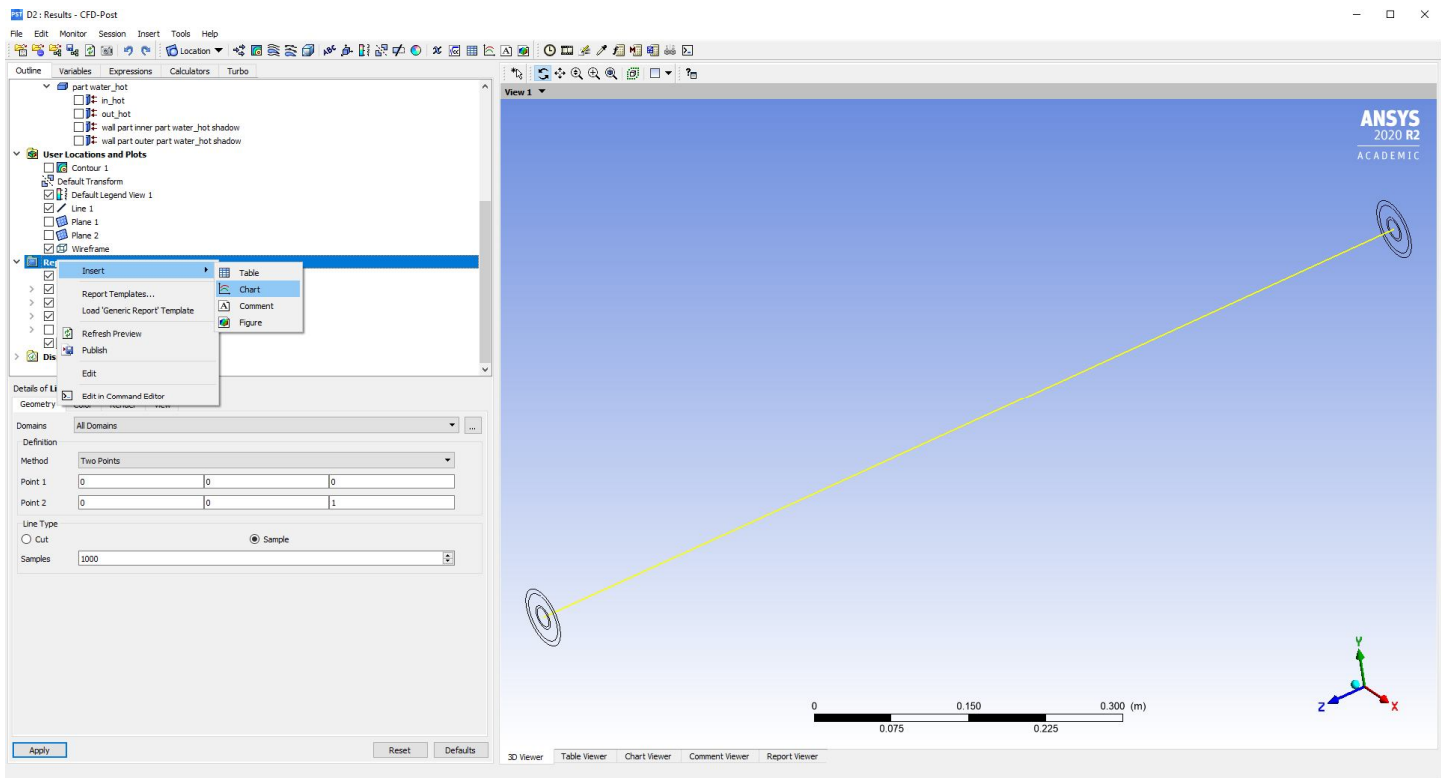




Рис. 13. Построение зависимости изменения величины вдоль линии

9. Во вкладке **Data Series** создается серия данных, которые будут нанесены на график. Кнопками   можно добавлять и удалять серии данных. В Location каждой

серии данных присваивается линия, по которой будет построен график. В данном случае Line 1.

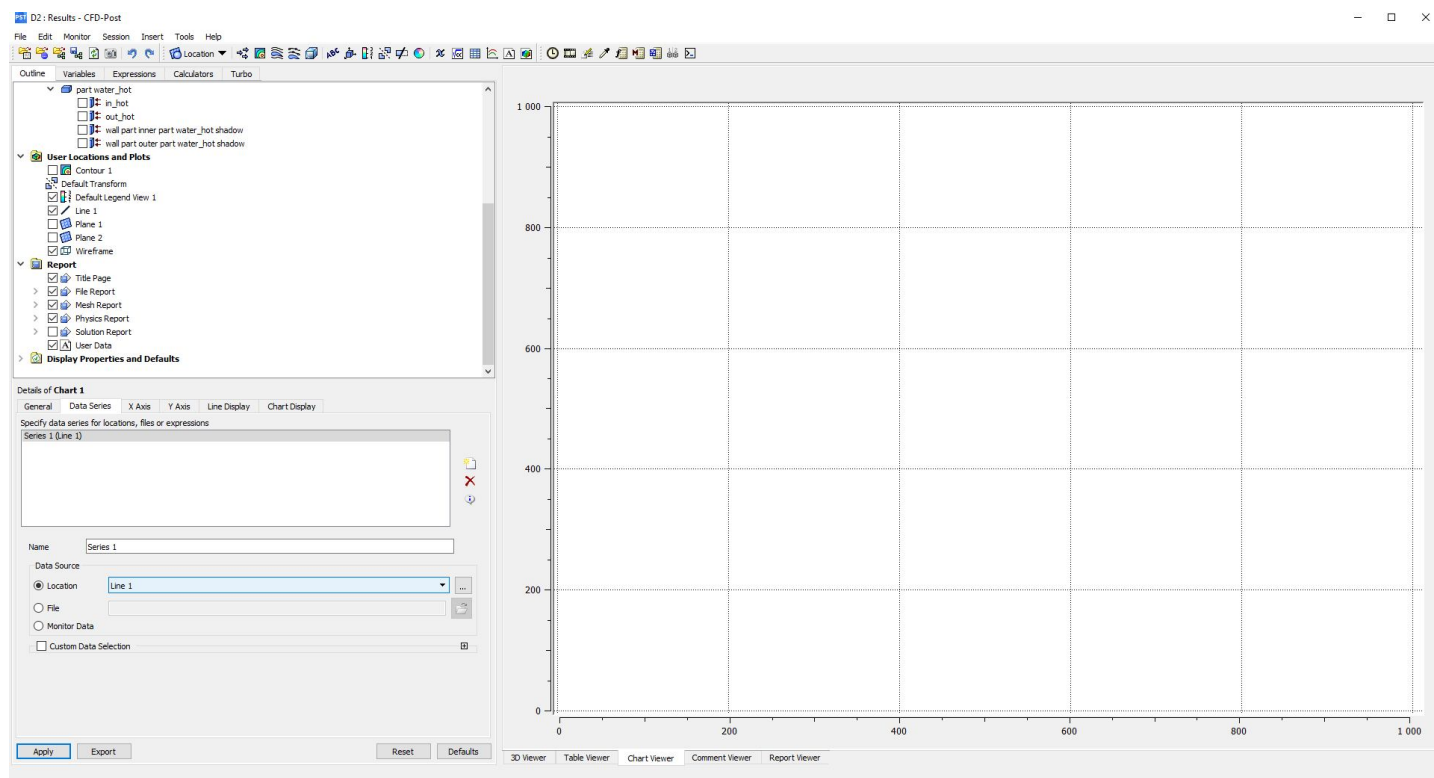


Рис. 14. Построение зависимости изменения величины вдоль линии

Во вкладке *X Axis* выбирается переменная, которая будет служить аргументом на графике. В данном примере будет строиться распределение температуры вдоль оси трубки, поэтому выбираем *Variable - Z*.

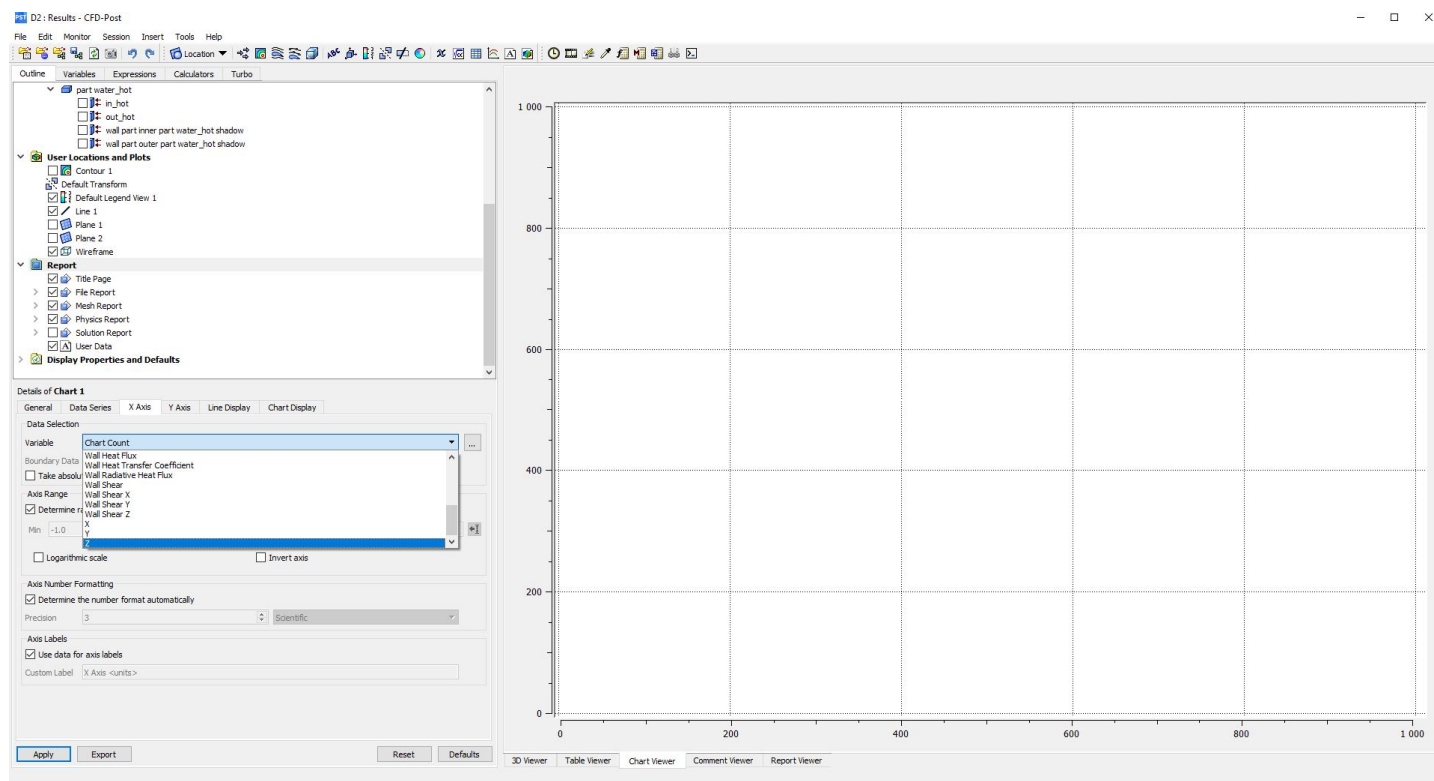


Рис. 15. Построение зависимости изменения величины вдоль линии

Во вкладке *Y Axis* выбирается зависимая переменная, в данном случае температура. Далее нажимаем **Apply**. В *Chart* будет построен график изменения температуры вдоль оси центральной трубки.

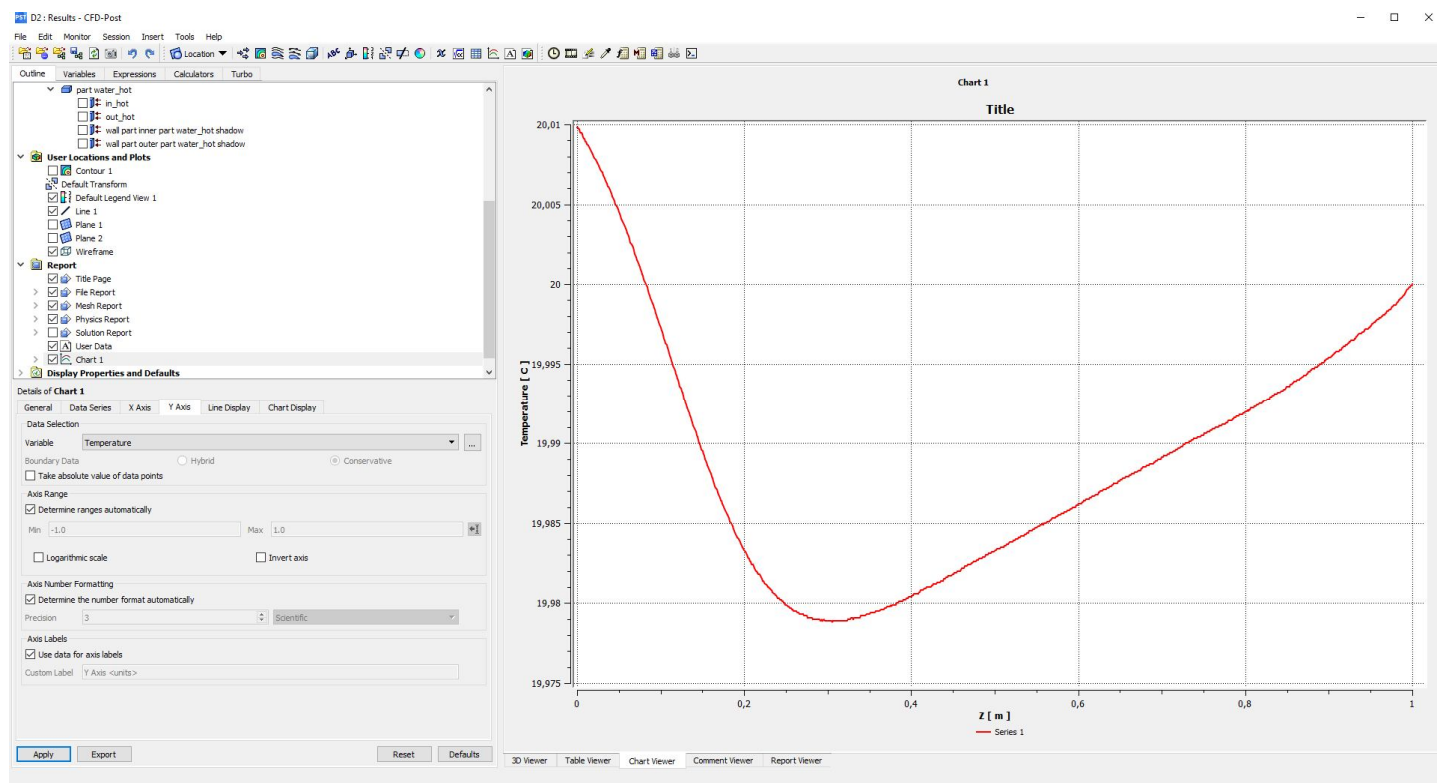


Рис. 16. Построение зависимости изменения величины вдоль линии

На рисунке ниже представлено распределение температуры по середине кольцевого канала. (Были изменены координаты *Y* у *Line 1*).

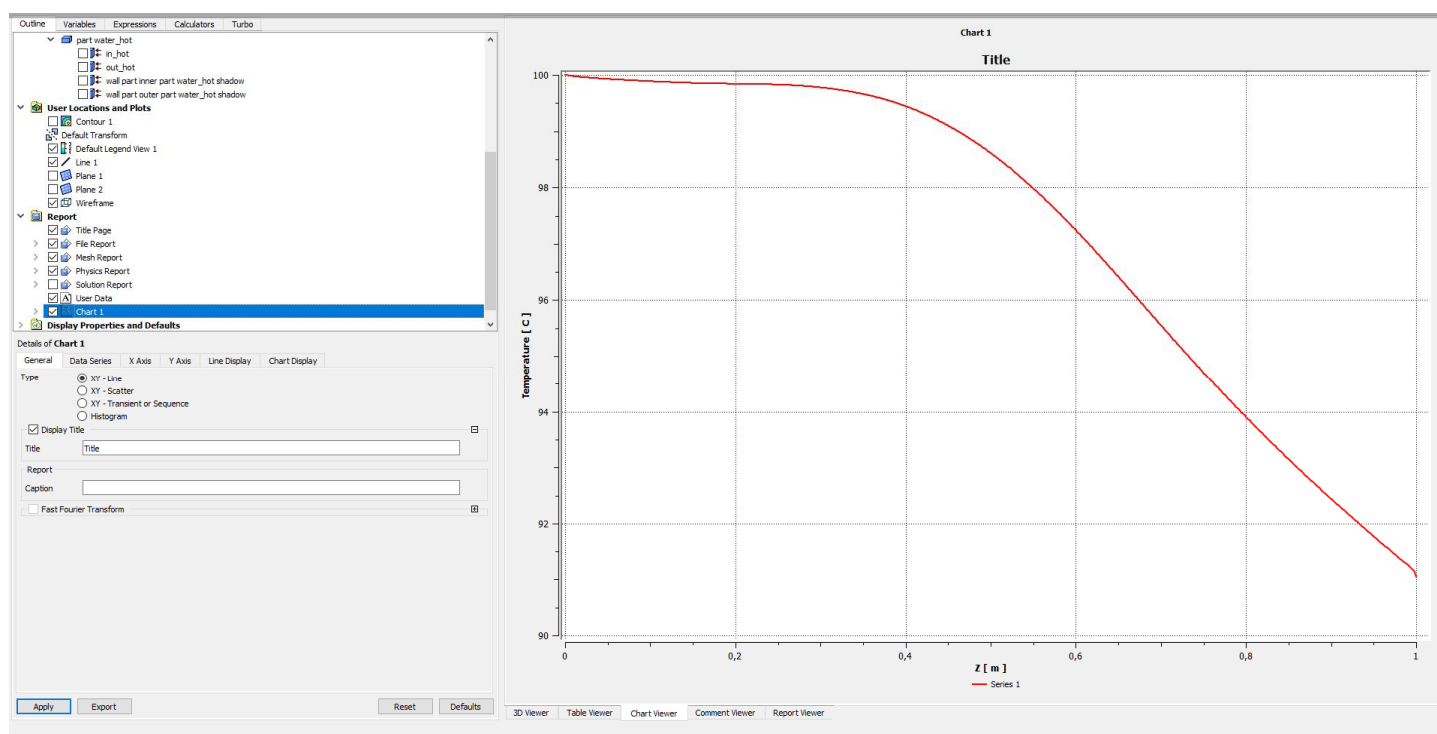


Рис. 17. Настройка графика

10. Данные с **Chart** можно экспортировать для обработки в стороннем обработчике графиков. **Export** → далее вводим имя и местоположения файла, в который осуществляется экспорт, обязательно и название и путь в английской раскладке. Выбираем тип файла *csv* или *dat*.

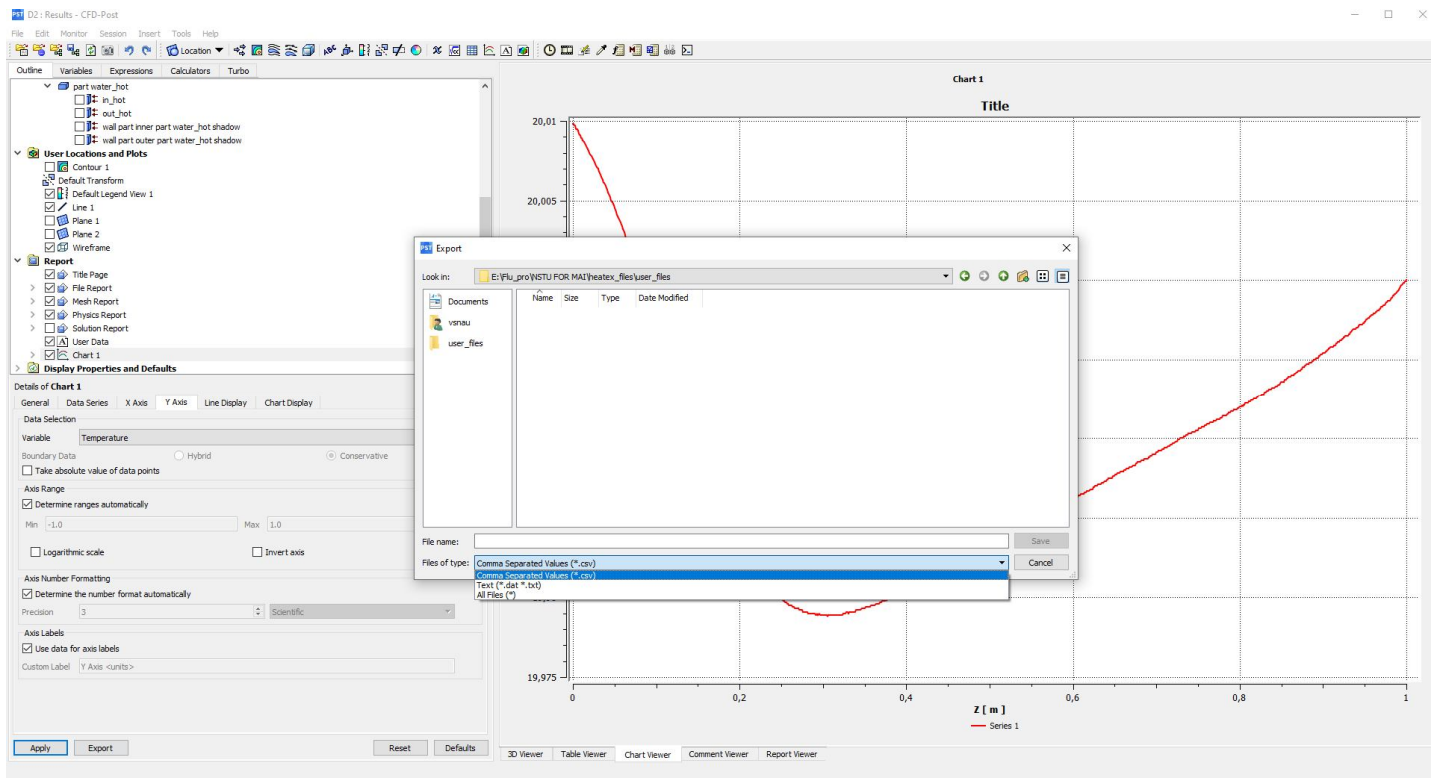


Рис. 18. Экспорт результатов (расчетных данных)

11. Для вычисления среднемассовых и других величин в постобработчике есть инструмент Таблица (*Table*). Вставляется в проект аналогично *Chart*.

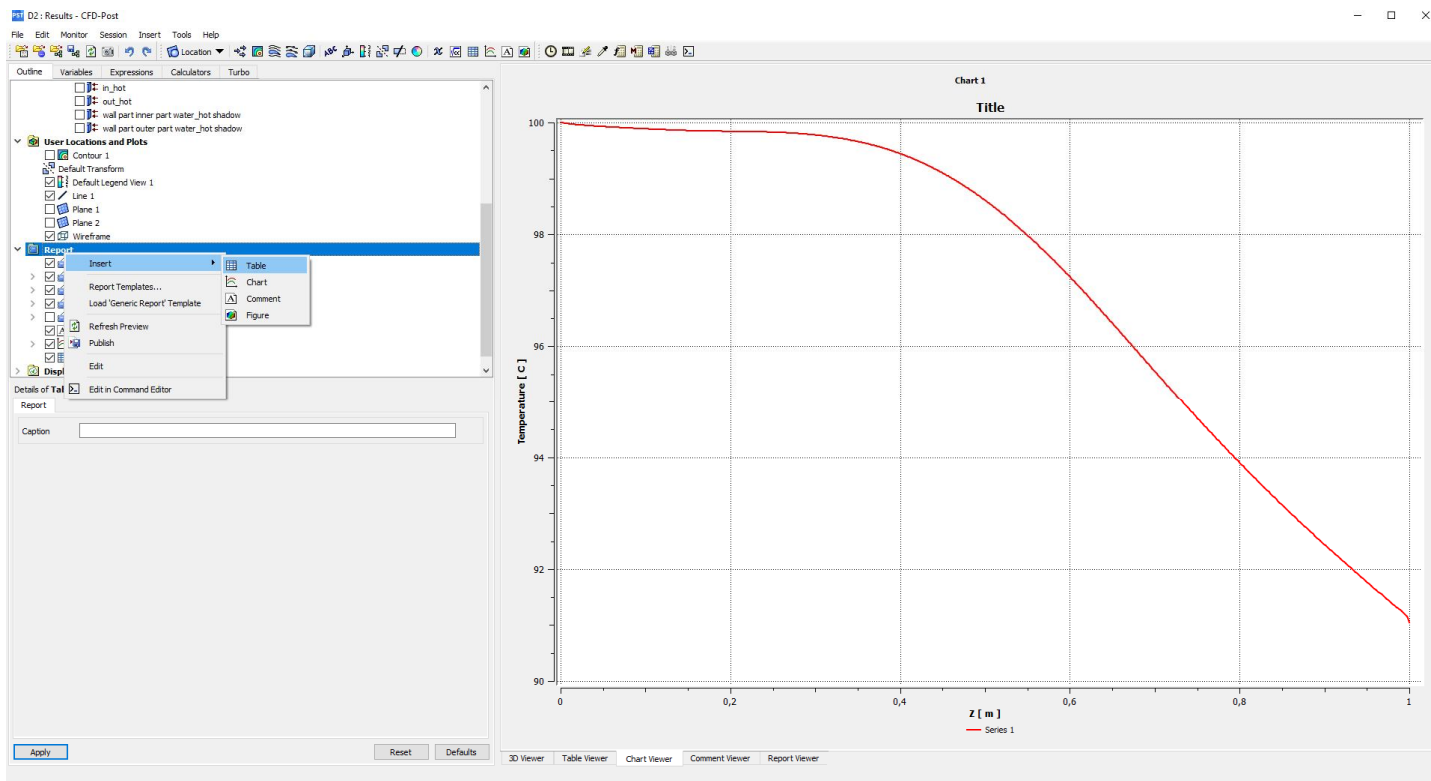


Рис. 19. Создание пользовательских переменных-функций

После успешного создания таблицы, откроется окно похожее на Excel. В каждой ячейке можно вводить формулы для расчета интересующих величин. Формула набирается текстом или через контекстное меню, вызываемое правой клавишей мыши.

Function → *CFD Post* содержит список функций, позволяющей определять длины, площади локаций, среднемассовые и средние значения по длине и по сечению/объему.

Например для расчета расхода через центральную трубку, необходимо выбрать функцию *massFlow*. В ячейке, из которой было вызвано контекстное меню, появится текст «=*massFlow()*@». После знака @ необходимо указать сечение, через которое вычисляется расход.

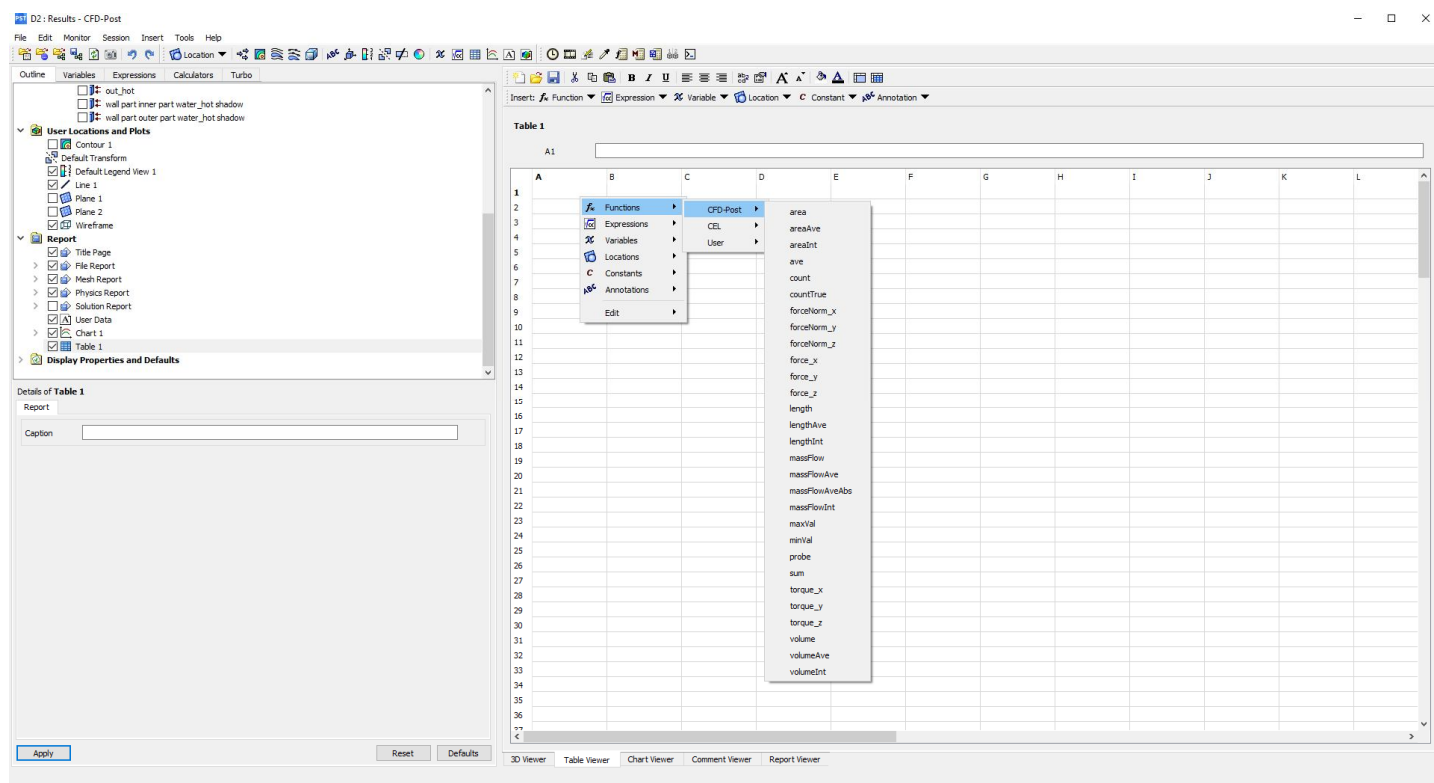


Рис. 20. Создание пользовательских переменных-функций

Function → *CEL* – математические функции.

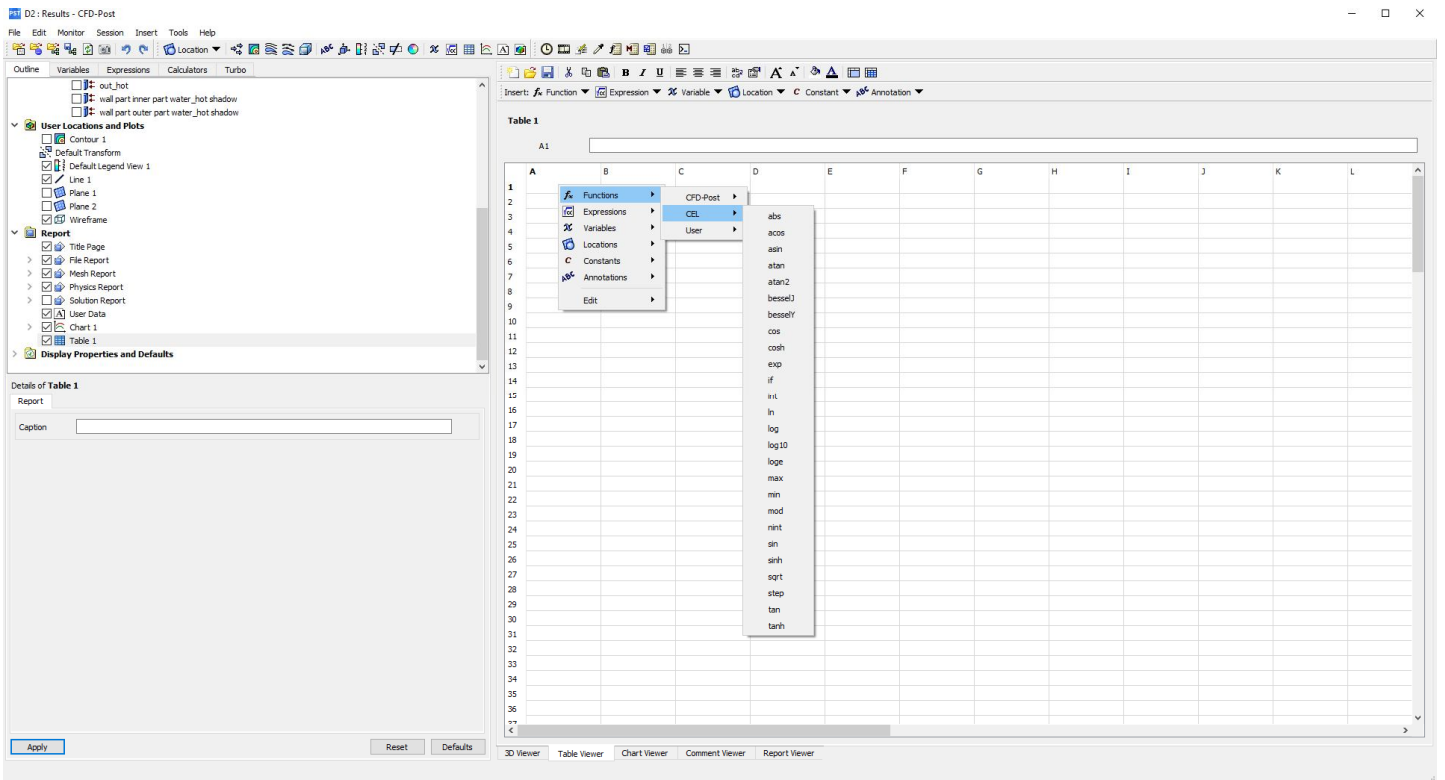


Рис. 21. Создание пользовательских переменных-функций

Location – содержит список всех доступных линий, плоскостей, объемов и границ.

Здесь для продолжения вычисления расхода выбираем входное сечение холодного рабочего тела *in_cold*.

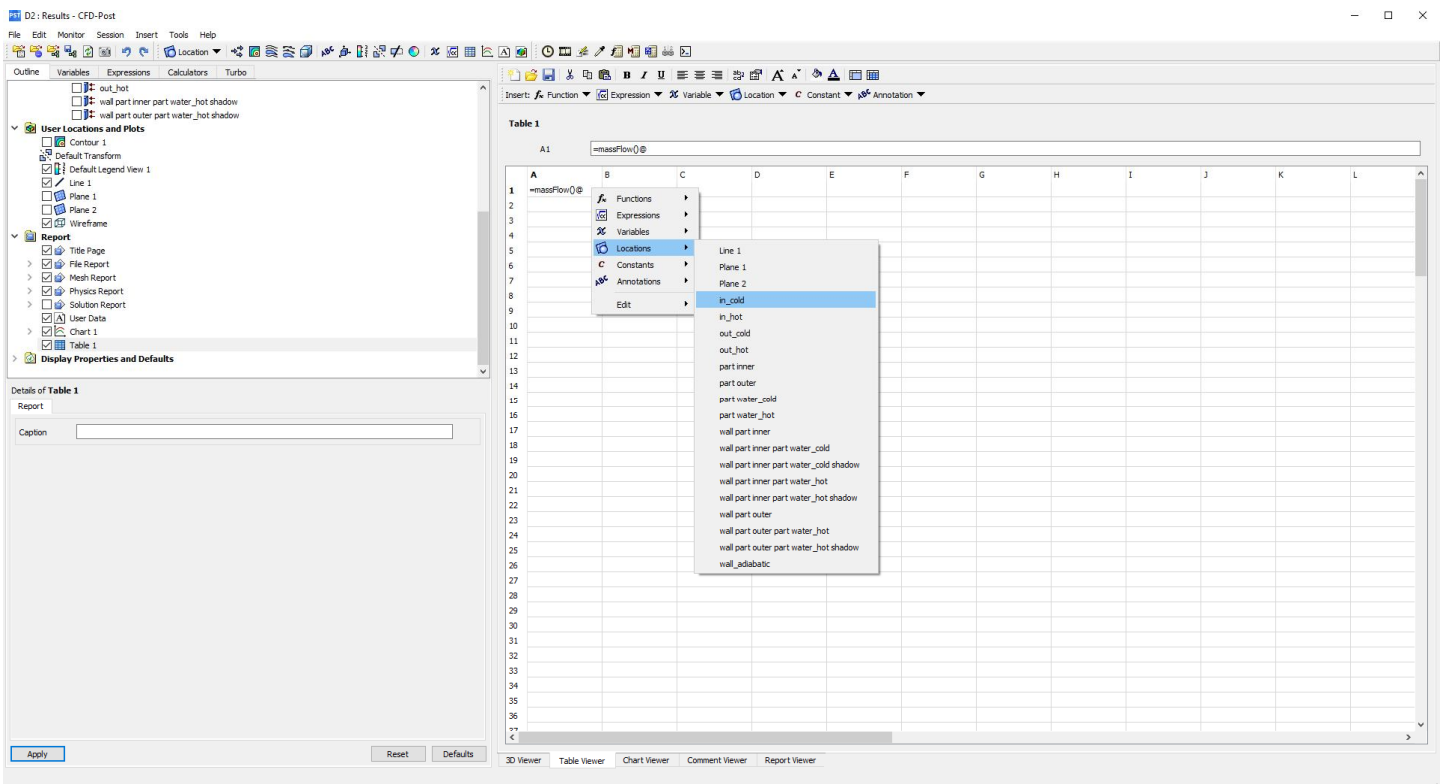


Рис. 22. Создание пользовательских переменных-функций

При успешном вводе команды в ячейке появится рассчитываемая величина.

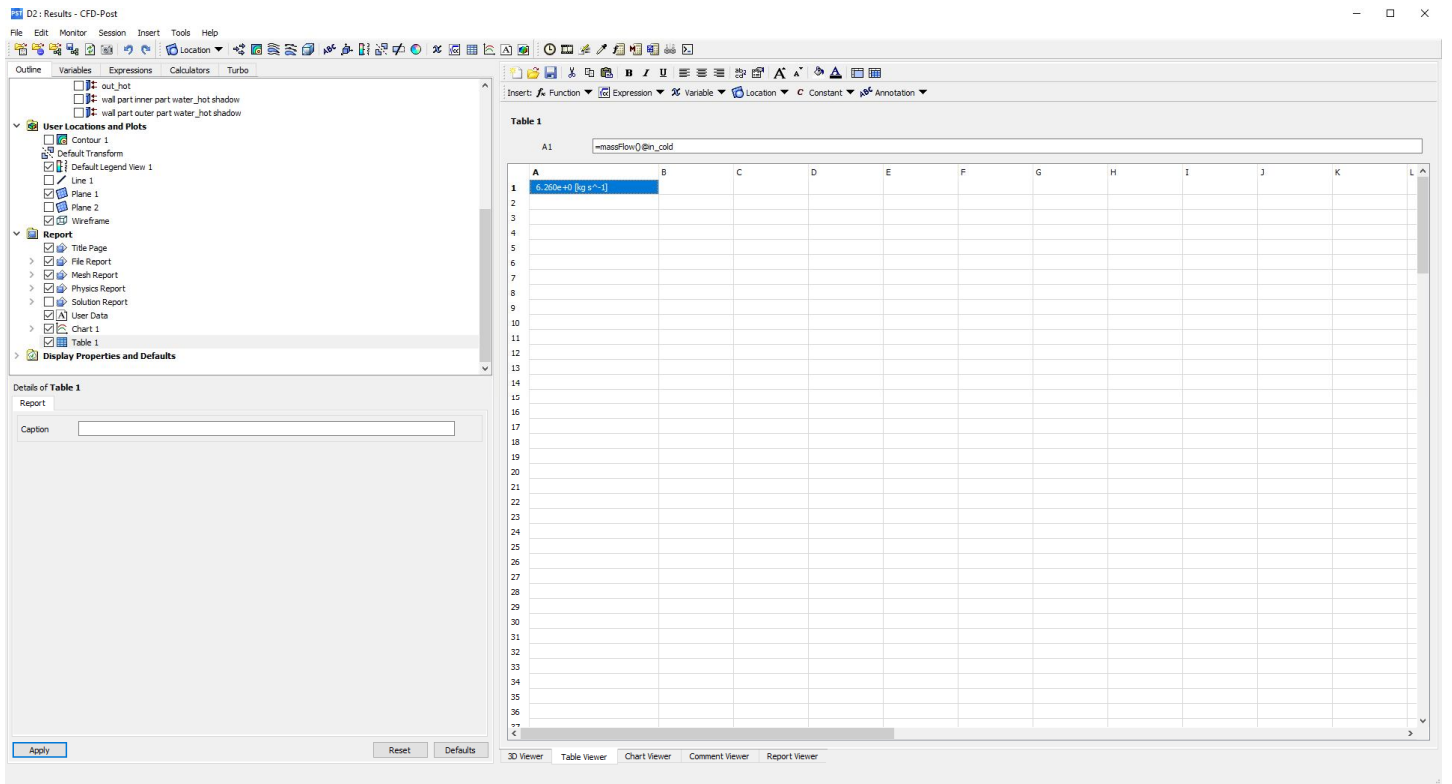


Рис. 23. Создание пользовательских переменных-функций

При расчете среднемассовой величины необходимо выбрать функцию *massFlowAve*. В ячейке появится выражение вида «*=massFlowAve()@*».

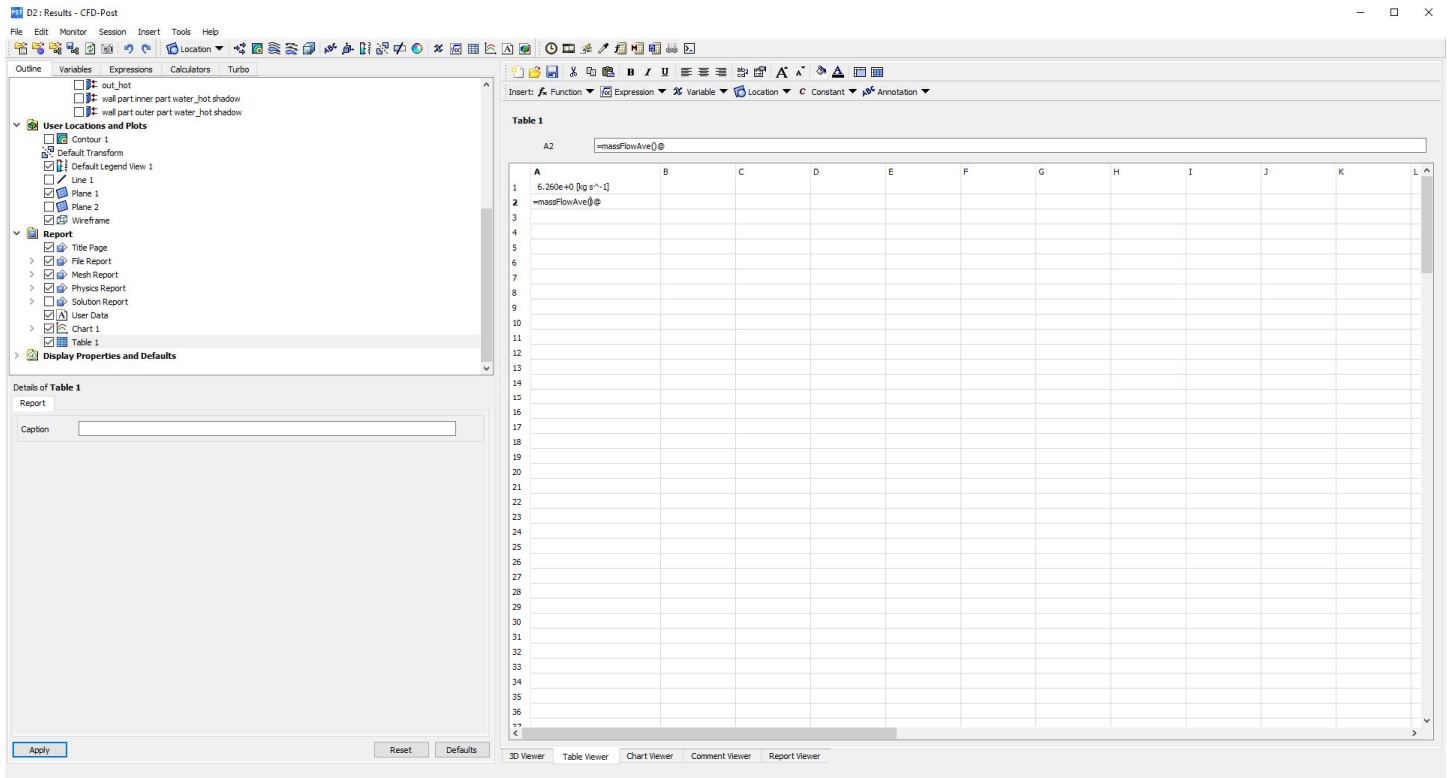


Рис. 24. Создание пользовательских переменных-функций

В скобочках «*=massFlowAve()@*» необходимо указать переменную среднемассовое значение которой нужно определить: *Variables* → *Temperature*.

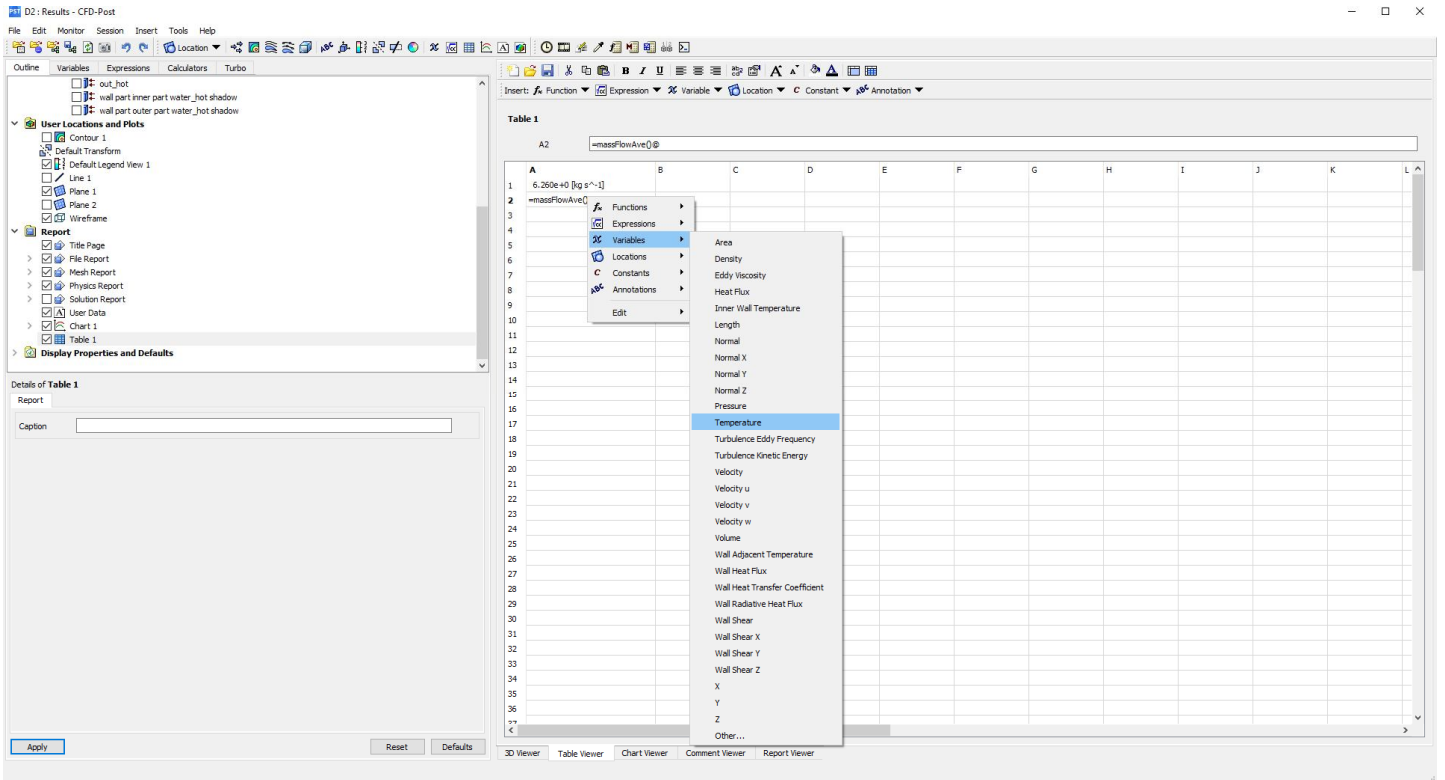


Рис. 25. Создание пользовательских переменных-функций

После @ в «`=massFlowAve()@`» указывается сечение, через которое рассчитывается среднемассовое значение температуры: Plane 1.

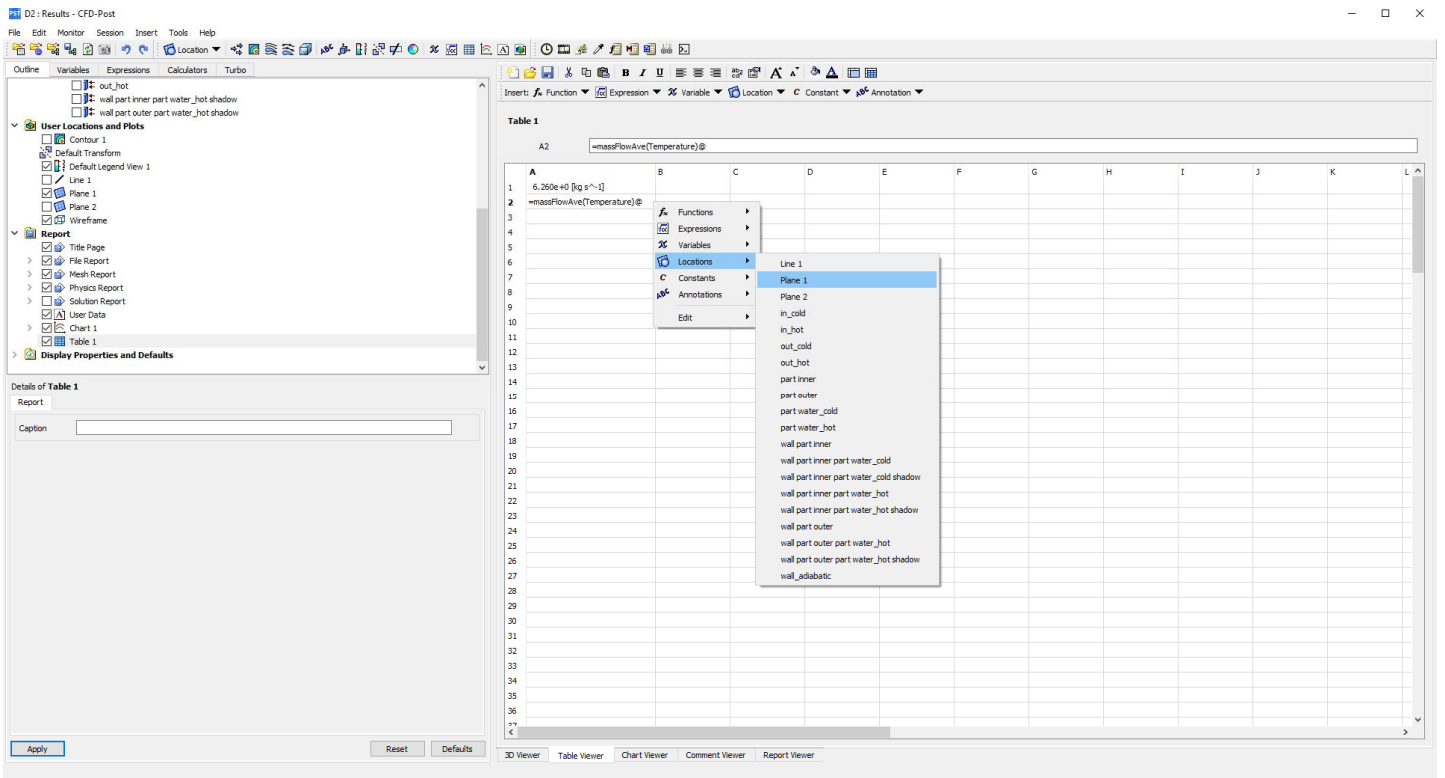


Рис. 26. Создание пользовательских переменных-функций

Успешное выполнение расчета среднемассовой температуры в плоскости Plane 1:

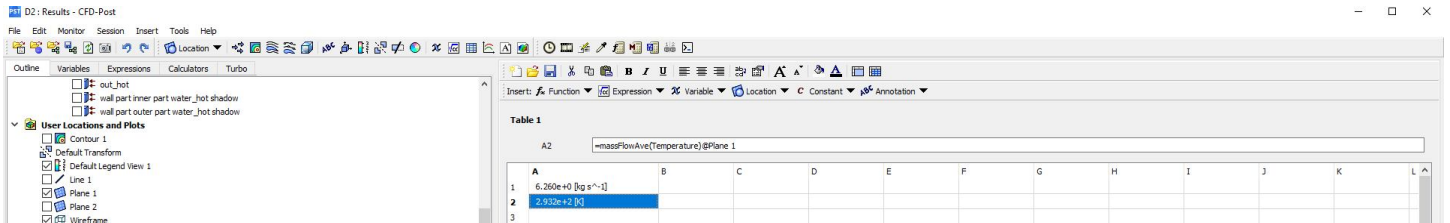


Рис. 27. Создание пользовательских переменных-функций

12. Иногда возникает необходимость рассчитать и визуализировать величины, которых нет в постобработчике. В этом случае можно создавать пользовательские переменные и выражения. Рассмотрим пример вычисления кинетической энергии потока $\frac{\rho U^2}{2}$. Для этого переключимся во вкладку **Expression**, через контекстное меню вызовем команду **New Expression** и введем название нового выражения – rhoUU.

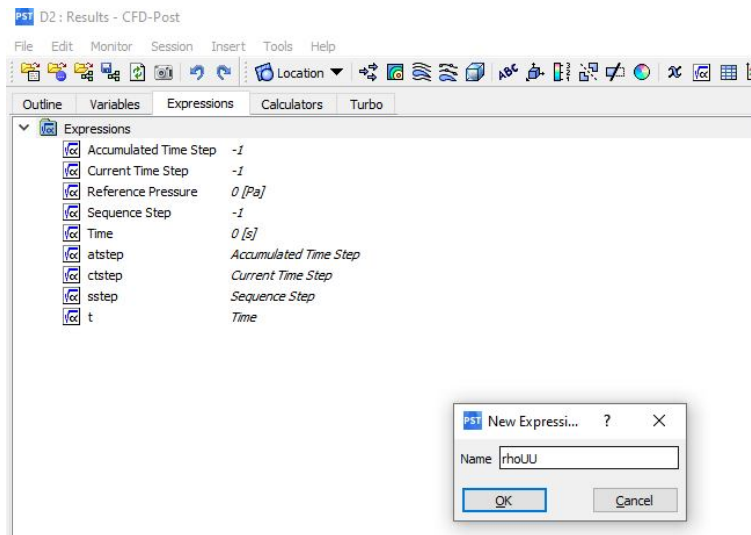


Рис. 28. Работа с величинами с помощью Expression

В опциях выражения в **Definition** с помощью контекстного меню запишем выражение для вычисления кинетической энергии потока: $\text{Density} * \text{Velocity} * \text{Velocity} / 2$. Далее переключаемся во вкладку **Variables**.

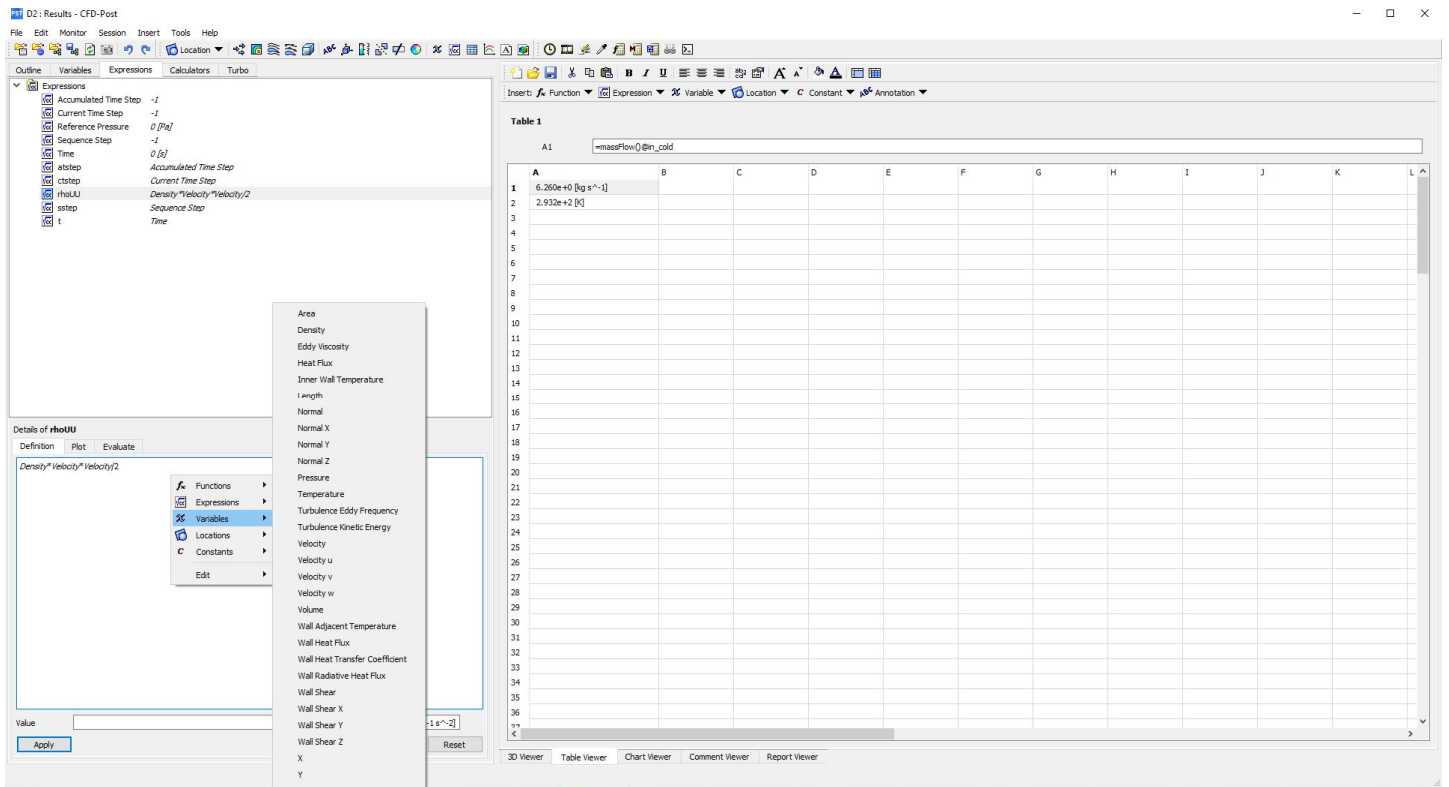


Рис. 29. Редактирование пользовательских переменных-функций

Через контекстное меню создаем новую переменную, вводим ее название – $rUU2$. Название не должно совпадать с уже существующим названием переменной или выражением.

В опциях переменной выбираем **Method – Expression**.

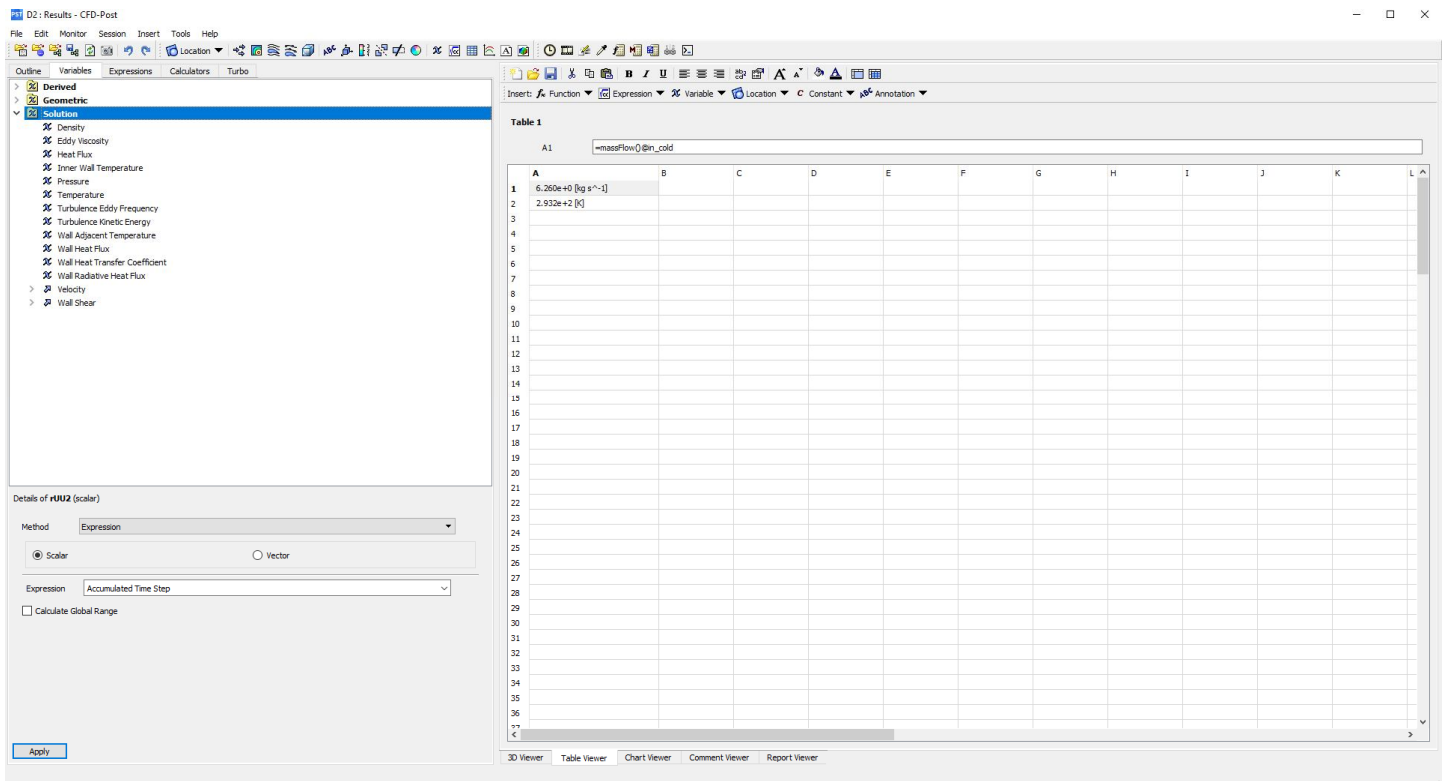


Рис. 30. Редактирование пользовательских переменных-функций

В выпадающем меню **Expression** находим ранее созданное выражение rhoUU. Нажимаем **Apply**. Будет создана новая переменная, которую можно визуализировать в виде поля или отобразить ее профиль.

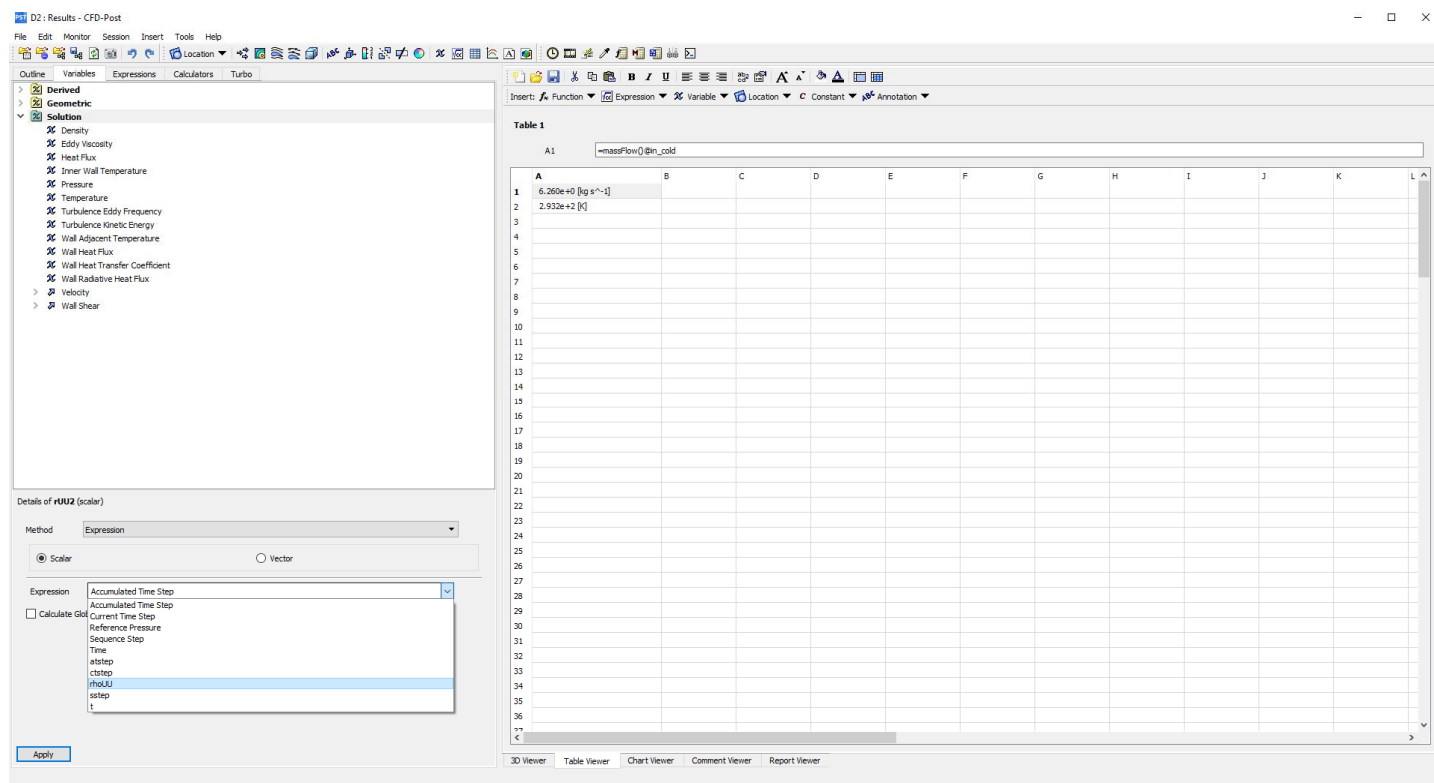


Рис. 31. Использование пользовательских переменных-функций

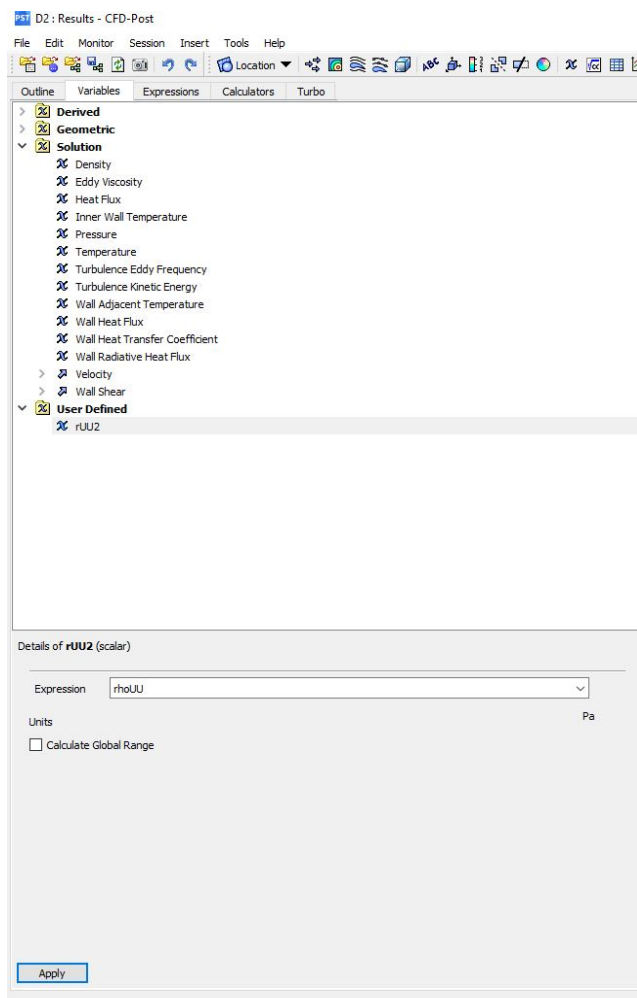


Рис. 32. Использование пользовательских переменных-функций

Пример отображения профиля новой переменной пользователя:

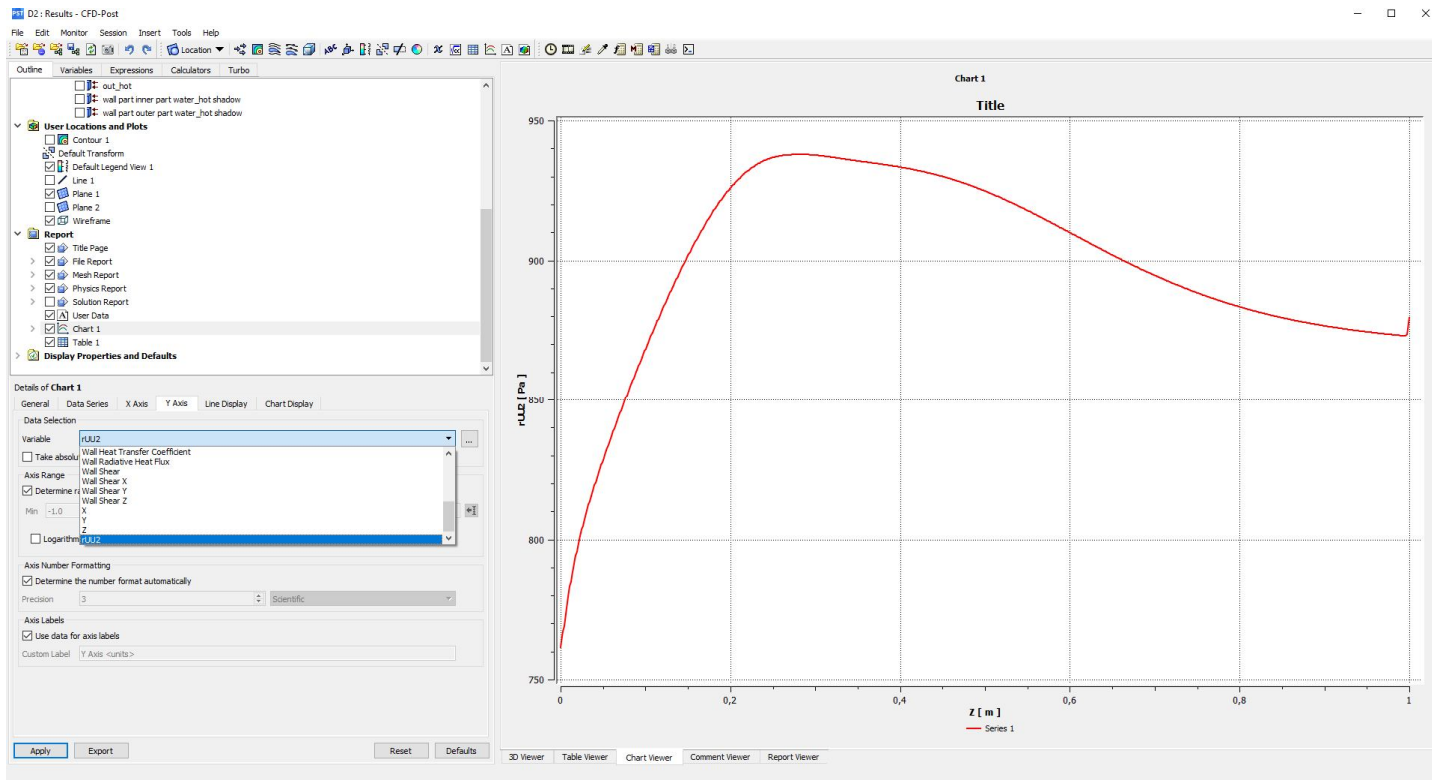


Рис. 33. Построение графической зависимости величины, заданной с помощью пользовательской переменной-функцией

Пример вычисления среднемассового значения новой переменной:

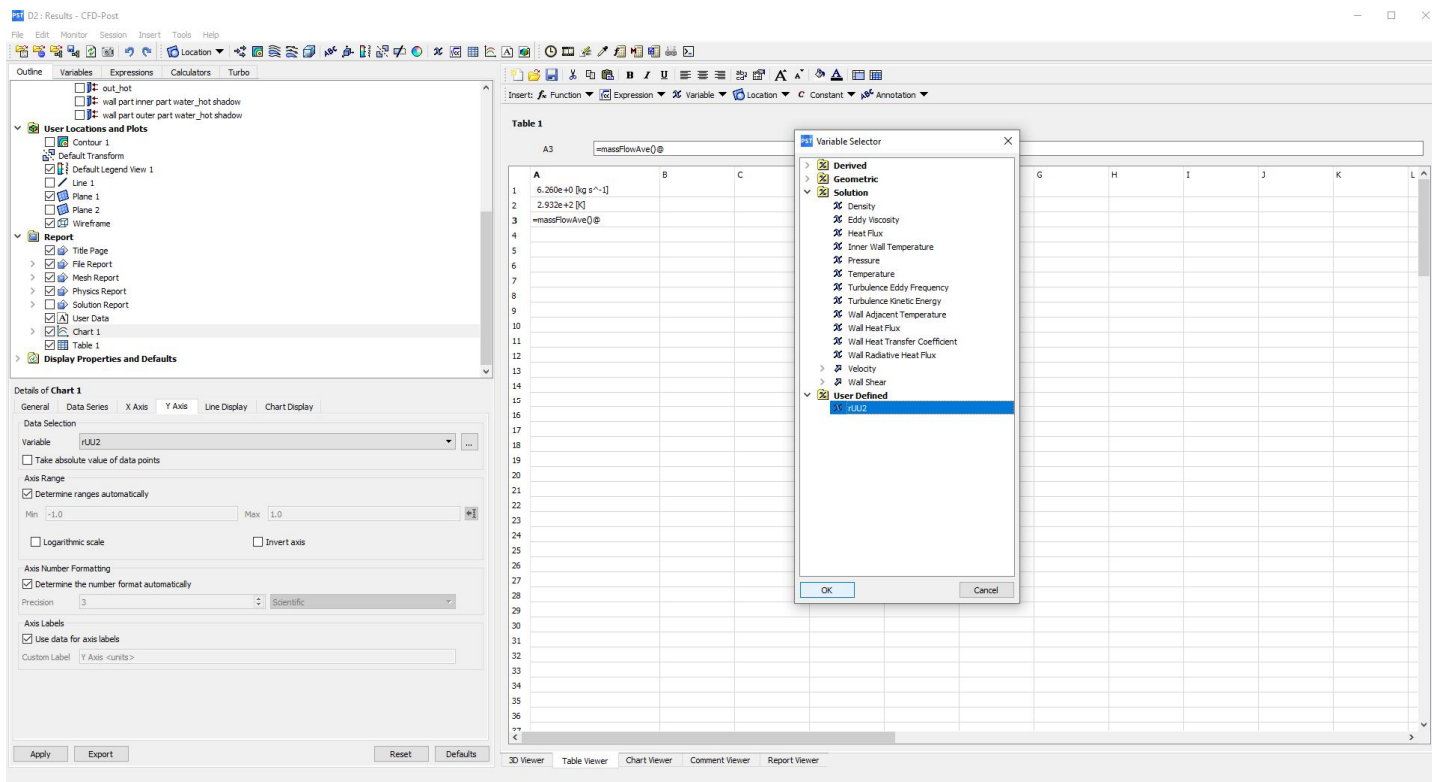


Рис. 34. Использование пользовательских переменных-функций

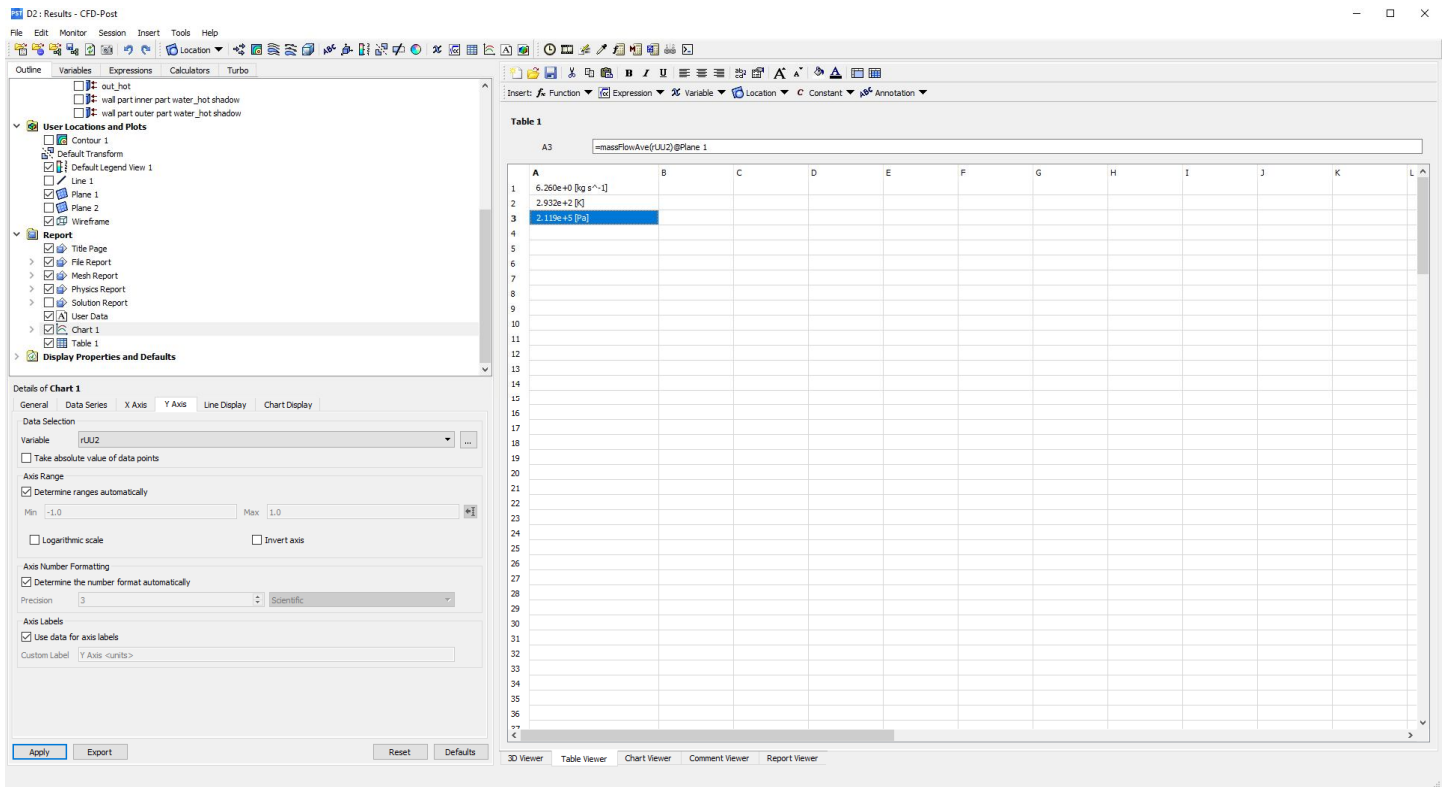


Рис. 35. Использование пользовательских переменных-функций

Пример отображения поля новой переменной:

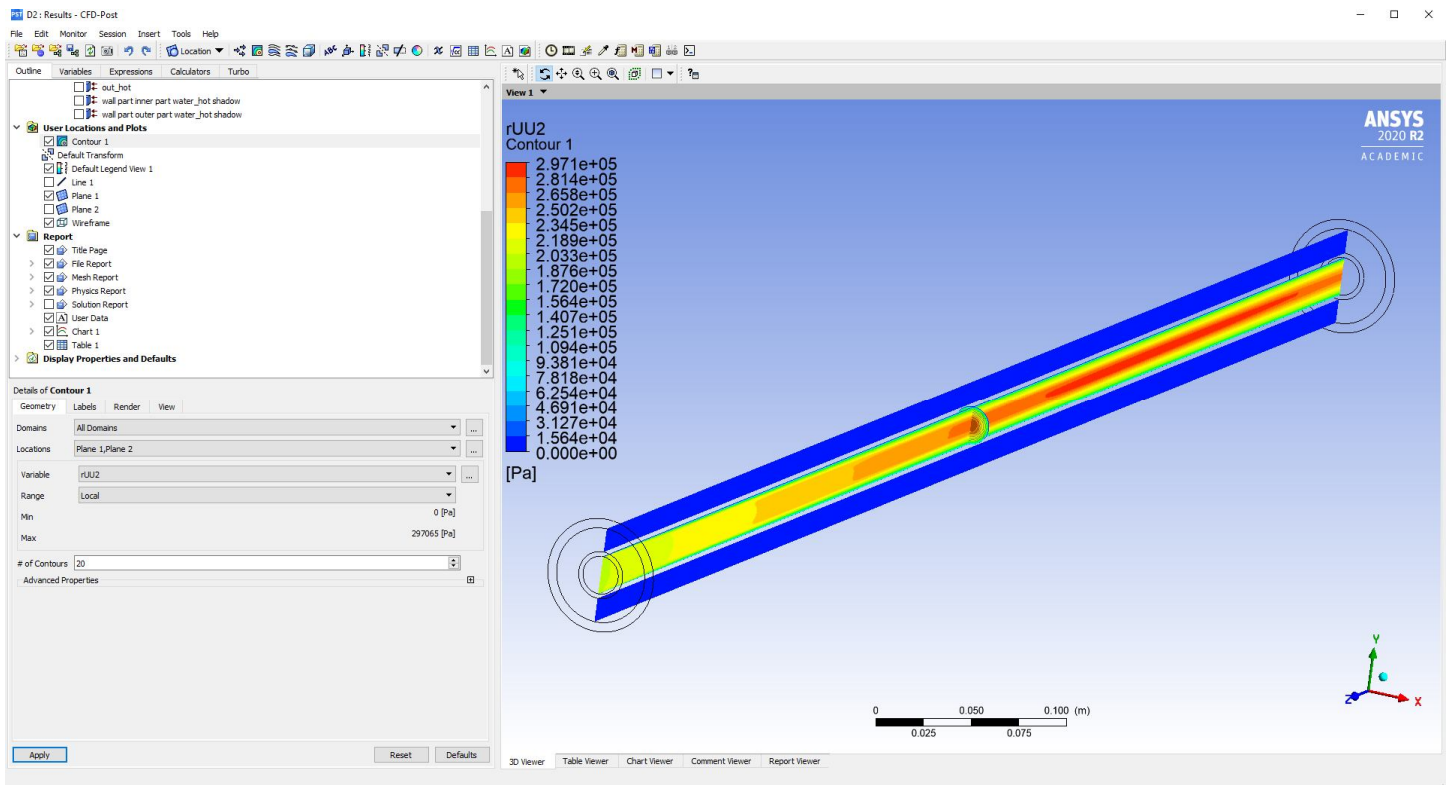


Рис. 36. Визуализация результатов численного моделирования