|  |  |
| --- | --- |
|  | HS – Внутренний узел |
| в палитре |  |
|  |  |
| на схеме |  |

**Таблица 1. Свойства блока «HS – Внутренний узел»**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Свойство** | **Имя** | **Тип**  **данных** | **Интервал возможных значений** |
| Начальное давление, Па | P0 | Вещественное | >0 |
| Начальная энтальпия, Дж/кг | H0 | Вещественное | >0 |
| Объём узла, м3 | V | Вещественное | >0 |
| Гидравлический диаметр, м | Dg | Вещественное | >0 |
| Проходное сечение, м2 | S | Вещественное | >0 |
| Высотная отметка, м | Z | Вещественное | Произвольное |
| Теплоноситель | coolant | Перечисление | * Вода * Свинец * Свинец-висмут * Воздух * Авиационное топливо ТС-1 |
| Объёмное энерговыделение, Вт/м3 | qv | Вещественное | Произвольное |
| Концентрация пассивных примесей, кг/кг | C\_passive\_tracer | Массив | >=0 |
| Характеристика жёсткости стенок узла dV/dP, м3/Па | dVdP | Вещественное | >=0 |

**Физическая модель, реализованная в блоке «Внутренний узел»**

Внутренний узел является одним из базовых объектов теплогидравлического кода. Он служит для связи между собой каналов и рёбер теплогидравлической схемы. С каждым узлом может быть связано произвольное количество каналов. Во внутренних узлах решаются уравнения сохранения массы и энергии жидкости, а также уравнение сохранения массы пассивной примеси.

Уравнение сохранения массы для внутреннего узла выглядит следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

где – плотность жидкости;

– объём узла;

– количество входящих в узел расходов;

– количество выходящих из узла расходов;

– давление жидкости в узле;

- удельная энтальпия жидкости в узле;

- частная производная плотности жидкости по давлению при постоянной энтальпии;

– частная производная плотности жидкости по энтальпии при постоянном давлении.

Уравнение сохранения энергии для внутреннего узла имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где – удельная энтальпия в последних расчётных ячейках входящих каналов или в первых расчётных ячейках выходящих каналов;

– объёмное энерговыделение в узле.

При решение общей системы уравнений сохранения массы и импульса для определения поля давлений и расходов на следующем слое по времени используется так называемый безытерационный алгоритм, основная идея которого состоит в следующем:

- для всех внутренних узлов записываются уравнения сохранения импульса для последних гидравлических связей входящих рёбер и для первых гидравлических связей выходящих рёбер. Эти уравнения содержат давления в узлах и в последних расчётных ячейках входящих рёбер и в первых расчётных ячейках выходящих рёбер;

- для всех внутренних узлов вместо давлений в первых и в последних расчётных ячейках рёбер подставляются их выражения согласно уравнениям, связывающим давления в расчётных ячейках рёбер с давлениями в ограничивающих рёбра узлах. В результате в уравнениях сохранения импульса для крайних гидравлических связей рёбер остаются только расходы в этих гидравлических связях и давления в узлах;

- из полученных уравнений сохранения импульса выражаются расходы в крайних гидравлических связей рёбер через давления в узлах;

- эти расходы подставляются в уравнения сохранения массы для узлов вида (1). В результате этой подстановки для узлов получаются уравнения, содержащие давления в данном узле и всех связанных с ним рёбрами узлах. Решение полученной системы методами линейной алгебры позволяет найти давления в узлах схемы на следующем шаге по времени. После этого обратной прогонкой находятся давления в расчётных ячейках всех каналов схемы, а по найденному полю давлений рассчитываются расходы в гидравлических связях на следующем слое по времени.

Аналогичная идея используется при расчёте поля энтальпий на следующем слое по времени.

Уравнение сохранения массы пассивной примеси выглядит аналогично уравнению (2) и имеет следующий вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

где – концентрация пассивной примеси в последних расчётных ячейках входящих каналов или в первых расчётных ячейках выходящих каналов;

– постоянная времени экспоненциального распада пассивной примеси;

– объёмный источник пассивной примеси в узле.

В теплогидравлическом коде предусмотрен расчёт произвольного количества пассивных примесей. Их количество определяется на этапе инициализации расчётной схемы, исходя из размерностей массивов концентраций C\_passive\_tracer, заданных в узлах схемы. При анализе топологии схемы для каждого связного контуре теплогидравлической схемы рассчитывается количество концентраций пассивных примесей, соответствующее максимальной размерности массива C\_passive\_tracer в этом контуре. Концентрации пассивных примесей в ячейках каналов в начале расчёта распределяются линейно между значениями, заданными в узлах.