

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Thermal Power Plant (TRP)

Программа для исследования динамических характеристик теплогидравлических систем и оборудования.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	3
1.1. Полное наименование и условное обозначение объекта	3
1.2. О документе	3
1.3. Термины, сокращения и определения	3
1.4. Назначение Программы.....	3
2. ИНСТАЛЛЯЦИЯ ПРОГРАММЫ	5
2.1. Комплект поставки Программы.....	5
2.2. Установка	5
2.3. Запуск Программы	5
3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ШАБЛОНОВ ДАННЫХ	6
3.1. Общие замечания	6
3.2. Формирование первичного шаблона данных	6
3.3. Формирование вторичного шаблона данных	10
3.4. Описание файлов программы и пакет для запуска программы.....	22
4. РАСЧЕТ КОНТРОЛЬНОГО ПРИМЕРА	23
5. ПОДРОБНАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАДАНИЮ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТРР	27
5.1. Исходные данные для описания свойств теплоносителей.....	27
5.2. Исходные данные для узлов.....	27
5.2.1. Геометрические характеристики узлов	27
5.2.2. Граничные условия узлов	28
5.2.2.1. Внутренний узел	28
5.2.2.2. Узел подключения к внешней среде	28
5.2.2.3. Узел подключения к компенсационному объему	29
5.3. Исходные данные для каналов (элементов каналов).....	29
5.3.1. Исходные данные, общие для всех элементов канала	29
5.3.2. Исходные данные для отдельных элементов.....	29
5.3.2.1. Геометрические характеристики элементов канала	29
5.3.2.2. Граничные условия теплообмена для элементов канала	30
5.3.2.2.1. Тепловая структура элемента канала теплоизолирован	30
5.3.2.2.2. Теплообмен с внешней средой	30
5.3.2.2.3. Теплообмен с другой тепловой структурой.....	31
5.3.2.2.4. Теплообмен с компенсационным объемом	31
5.3.2.2.5. Теплообмен с тепловыделяющим элементом	31
5.3.2.3. Признак «Активный элемент».....	32
5.4. Исходные данные для компенсационных объемов (КО)	32
5.5. Исходные данные для турбин и насосов.....	33
5.5.1. Интерполяционные таблицы	33
5.5.2. Активные элементы и электродвигатели	34
5.5.3. Роторы.....	35
5.5.4. Пример задания двумерных таблиц исходных данных насоса	35
5.6. Исходные данные для регуляторов	38
5.7. Исходные данные для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ).....	39
5.7.1. Исходные данные для типов ТВЭЛОВ	39
5.7.2. Распределение энерговыделения по длине ТВЭЛОВ	39
5.7.3. Зависимость мощности ТВЭЛОВ от времени	39
5.8. Исходные данные для орбренных теплообменников	39
6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА.....	40
7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Полное наименование и условное обозначение объекта

Полное и краткое наименование программы –Thermal Power Plant (TRP)

Условное обозначение –TRP или Программа.

1.2. О документе

Цель документа – обеспечить описание:

- условий применения;
- инсталляции;
- подготовки к работе;
- выполняемых операций;
- рекомендации по освоению для всех групп пользователей.

В данном документе содержится информация, необходимая для установки и эксплуатации Программы.

1.3. Термины, сокращения и определения

В настоящем документе приняты следующие термины:

Таблица 1

Термин	Определение
TRP	Программа Thermal Power Plant (TRP), которая позволяет рассчитывать переходные процессы в сложных теплогидравлических системах
Тройник	Узел из 3 каналов на каждом из которых по одной задвижке
Компенсационный объём	Трубопровод с неограниченным количеством узлов (мест присоединения)

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

Таблица 2

Сокращение	Расшифровка
АЭС	Атомная электрическая станция
ГУ	Граничное условие
КО	Компенсатор объема
КПД	Коэффициент полезного действия
ПГ	Парогенератор
ПК	Программный комплекс
твэл	Тепловыделяющий элемент
ТЭС	Тепловая электрическая станция

1.4. Назначение Программы

Программа Thermal Power Plant (TRP) предназначена для моделирования нестационарных и установившихся процессов в сложных теплогидравлических сетях, в том числе в первом и втором контуре АЭС и ТЭС, паросиловом оборудовании тепловых и

атомных электростанций и т.д. Уравнения движения и энергии решаются в приближении гомогенной несжимаемой жидкости.

Программа позволяет моделировать тепловые сети произвольной конфигурации, использующие в качестве теплоносителя воду, водяной пар и пароводяную смесь (предусмотрено также моделирование и других теплоносителей, не смешивающихся между собой, например топочных газов парового котла ТЭС, масла в системах смазки подшипников, азота в газовых системах, воздуха в системе пассивного расхолаживания и т. д.). При этом предусмотрено моделирование теплофизических процессов в трубопроводах, прямоточных теплообменниках, конденсационных теплообменниках, парогенераторах и барабанах-сепараторах АЭС, конденсаторах, деаэраторах, а также в каналах активной зоны реактора, топочного газа в паровых котлах ТЭС. Предусмотрено также моделирование процессов расширения пара (газа) и выработки механической мощности в ступенях турбоустановки, процессов в насосах, сепараторах-пароперегревателях и т.д.

2. ИНСТАЛЛЯЦИЯ ПРОГРАММЫ

2.1. Комплект поставки Программы

Программа ТРР поставляется в следующей комплектации:

- Загрузочный модуль ТРР #Тррб.ехе;
- Документация.

2.2. Установка

Установка Программы состоит из создания директории (например, ТРР) и копирования с установочного носителя загрузочного модуля Программы #Тррб.ехе в созданную директорию.

Руководство пользователя можно скопировать в дополнительную директорию DOC.

2.3. Запуск Программы

Запуск программы выполняется из любого командера (рекомендуется FAR Manager или любой аналогичный, поддерживающий текстовый редактор) путем нажатия ВВОД на файле #Тррб.ехе .

Перед запуском #Тррб.ехе следует ознакомиться с Руководством пользователя.

Проверка работоспособности ПО осуществляется запуском ПО на исполнение.

Далее следует придерживаться информации, выдаваемой ТРР в диалоговом режиме.

3. ИНСТРУКЦИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ШАБЛОНОВ ДАННЫХ

Данная инструкция знакомит с правилами формирования шаблонов данных. В процессе работы с программой следует руководствоваться информацией, содержащейся в самих шаблонах данных, поскольку внешний вид шаблонов данных зависит от конфигурации расчетной схемы.

3.1. Общие замечания

Исходные данные для программы TRP задаются в виде шаблонов, читаемых программой в ФОРМАТНОМ режиме, т.е. не допускается в шаблон исходных данных вводить дополнительные строки комментариев и дополнительные пробелы. Числа в исходных данных должны задаваться строго в соответствии с типом переменных (нельзя в переменных целого типа задавать число с плавающей точкой и, наоборот, в действительном числе обязана присутствовать десятичная точка).

Данное жесткое ограничение по использованию форматного ввода данных компенсируется тем, что программа в диалоговом режиме формирует шаблон исходных данных с подробным описанием каждой переменной. Причем сформированный шаблон однозначно указывает на тип переменной.

Формат ввода действительных переменных в пределах отведенного поля один из следующих: F (например: -30.006) или E (например: -3.0006E+01, -.30006E+02, -3.006E+1, -300.6-1 и т.п.). По стандарту ФОРТРАНА при задании переменных с плавающей точкой допускается опускать незначащие нули перед и после десятичной точки, а также опускать часть символов при описании порядка (можно опустить букву E, сохранив знаки “+” или “-” перед величиной порядка, или можно при положительном порядке опустить знак “+” сохранив букву E).

Следует подчеркнуть, что форматы E и F при вводе исходных данных полностью взаимозаменяемы и следует пользоваться наиболее удобным в зависимости от размера переменной.

При начальном формировании шаблона данных используются как форматы E, так и F (точнее G). Пользователь может в пределах поля, отведенного для числа, использовать любой удобный для него формат, не забывая указывать десятичную точку.

Что же касается целых переменных, то при появлении в поле данных десятичной точки будет выдано сообщение об ошибке.

Предусмотрен контрольный вывод заданных исходных данных в тех же форматах. Для поиска ошибок в данных целесообразно просматривать не входной, а контрольный массив исходных данных, т.к. в нем числа будут выведены в том виде, в котором их поняла машина.

3.2. Формирование первичного шаблона данных

В качестве примера рассмотрим подготовку исходных данных для расчета отдельного парогенератора ВВЭР-1000. Данный пример использует практически все основные структурные модули Программы, а именно: каналы, узлы, компенсационные устройства (КО) и регуляторы. Расчетная схема парогенератора представлена на рисунке 1.

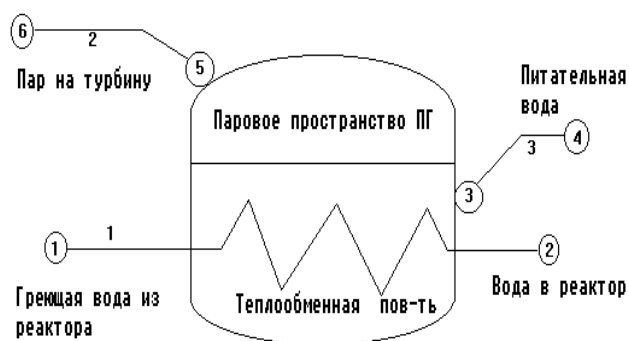


Рисунок 1 – Расчетная схема парогенератора

Подводящие и отводящие трубопроводы обозначены линиями, номера каналов указаны возле соответствующих линий. Узлы обозначены кружками, номера узлов указаны внутри соответствующих кружков.

Для формирования шаблона данных необходимо запустить программу ТРР.

На экране появится сообщение:

Введите режим работы: 0 - счет, 1 - обработка исходных данных

Для ответа необходимо ввести требуемое значение, и нажать ВВОД. В случае ввода некорректного значения следует до нажатия ВВОД удалить неверное значение и ввести правильное.

При ответе на запрос “1” появится следующее сообщение:

Введите режим работы:

0 - создание первичного шаблона данных
 1 - создание вторичного шаблона данных
 2 - переформатирование исходных данных
 3 - обработку данных не производить

Отвечаем “0” (создание первичного шаблона данных)

Появится сообщение:

**Создается файл содержащий информацию
 о входных и выходных наборах данных
 "ТРР"**

**Введите имя файла,
 куда их поместить**

Ответим “###go” (Этот файл содержит информацию о всех внешних файлах, необходимых для выполнения расчета по программе ТРР, его имя обязательно должно быть “###go”).

Далее появится сообщение:

Создаются первичные данные

**Введите имя файла,
 куда их поместить**

Ответим “d0” (Пусть это будет файл “d0”)

Появится сообщение:

Введите число узлов

Отвечаем “6”

Появится сообщение:

Введите число участков (каналов)

Отвечаем “3”

Появится сообщение:

Введите число граничных условий теплообмена

Отвечаем “1”

Появится сообщение:

Введите число материалов

Отвечаем “1” (Для простоты обойдемся сталью 08X18H10T)

Появится сообщение:

Введите число регуляторов

Отвечаем “2”

Появится сообщение:

Введите число массивов двумерной интерполяции

Отвечаем “0”

Появится сообщение:

Введите число массивов зав-ти мощности твэлов

Отвечаем “0”

Появится сообщение:

Создание первичного шаблона завершено

На этом формирование первичного шаблона, содержащего размерности таблиц завершается.

В директории появились вновь созданные файлы, их можно просмотреть с помощью встроенного редактора Far manager. Запустить редактор для выбранного файла можно нажатием клавиши F4.

Ниже приводим заполненный для нашего примера шаблон. Число расчетных элементов первого канала 12 (10 - теплообменник и по 1 на каждый раздающий коллектор),

трубопровод питательной воды и отводящий паропровод пусть содержат по одному расчетному элементу. Теплофизические свойства материалов сделаем независимыми от температуры (зададим по два расчетных элемента). Зависимость расхода пара из парогенератора в зависимости от давления в ПГ сделаем линейной, линейной сделаем зависимость расхода питательной воды от уровня в парогенераторе.

В файле "###go" будет содержаться следующий текст:

```

-1 restart.dat  файл рестарта
2000 2 aaa.tpp   выходные данные для графического анализа в "Graf#ff"
      7 ##data.rez  файл контрольной печати исходных данных
2000 17 to#tpp   данные, принимаемые из "Integr"
2000 18 from#tpp  данные, передаваемые в "Integr"
      50 19 out.dat  список данных, передаваемых в "Integr"
      50 20 in.dat  список данных, принимаемых из "Integr"
      50 ##data.dat  файл исходных данных
      60 ##rez.dat  листинг-файл результатов расчета

```

```
format: i5,i3,1x,A60
```

имя файла (полный путь файла по правилам ОС)
 номер логического устройства соответствующего файла
 длина записи файла прямого доступа

ВНИМАНИЕ! Файл описания внешних устройств п/к ТРР должен обязательно называться "###GO" !

Для использования данного файла при расчете необходимо **ОБЯЗАТЕЛЬНО** стереть все комментарии.

Длина логической записи файла aaa.tpp (в примере 15 000 байт) зависит от степени сложности решаемой задачи. Для экономии ресурсов машины рекомендуется задать его величину 100 байт. Программа после запуска сама определит минимальную длину логической записи файла и напечатает рекомендацию о требуемой длине логической записи.

Более детальное описание основных управляющих строк данного файла приведено в п. 3.4.

Шаблон первичных исходных данных

6	Nuz1	Число расчетных узлов тепловой схемы (точек соединения трубопроводов)
3	Nu	Число участков (каналов или трубопроводов)
1	Ngran	Число граничных условий теплообмена
0	Nko	Число компенсационных объемов
1	Nmat	Число материалов
2	Nback	Число регуляторов
0	ltwo	Число массивов двумерной интерполяции
0	Jrot	Число роторов (турбин и насосов)
0	Jactive	Число активных элементов (-" -)
0	Jengine	Число электродвигателей
0	Jgenerator	Число электрогенераторов
0	Ntvel	Число твэлов
0	Ntip	Число типов твэлов
0	Nz	Число узлов по длине твэла
0	Nkodt	Число параметров, передаваемых из ТРР
0	Nntqvv	Число массивов зависимости мощности твэлов от времени
0	Nregout	Число параметров, передаваемых в ТРР
0	Ntepl	Число дополнительных теплоносителей

Характеристики узлов контура. Максимальное число интерполяционных узлов - 21

Тип ГУ: 0 - внутренний узел без ГУ, 1 - узел с граничным условием, в этом случае следует задать число узлов таблицы ГУ.

Номер узла	1	2	3	4	5	6
Тип ГУ узла	0	0	0	0	0	0
Число узлов ГУ	0	0	0	0	0	0

Характеристики участков (каналов) Максимальное число интерполяционных узлов - 21

Эл-т с орбр т/о: номер элемента орбренного теплообменника (с дополнительным теплоносителем)

Номер канала	1	2	3
Число элементов	1	1	1
Кол.тепл.структ	1	1	1
Эл-т с насосом	0	0	0
Эл-т с задвижк.	0	0	0
N узл. насоса	0	0	0
N узл. задвижки	0	0	0
Эл-т с орбр т/о	0	0	0

Характеристики граничных условий теплообмена. Максимальное число интерполяционных узлов - 21

Номер ГУ	1
Число узлов ГУ	0

Характеристики материалов. Максимальное число интерполяционных узлов - 21

Номер материала	1
Число узлов инт	2

Характеристики регуляторов. Максимальное число интерполяционных узлов - 21

Номер ОС	1	2
Число узлов ОС	0	0

3.3. Формирование вторичного шаблона данных

Запустим снова программу.

На экране появится сообщение:

Введите режим работы: 0 - счет, 1 - обработка исходных данных

При ответе на запрос "1" появится следующее сообщение:

Введите режим работы:
0 - создание первичного шаблона данных
1 - создание вторичного шаблона данных
2 - переформатирование исходных данных
3 - обработку данных не производить

Отвечаем "1" (создание вторичного шаблона данных)

На экране появится сообщение:

Создаются вторичные данные
Введите имя файла
куда их поместить

Отвечаем #d.dat (пусть так называется)

На экране появится сообщение:

Введите имя файла
первичных данных

Отвечаем d0

На экране появится сообщение:

Введите число узлов зависимости уровня
в КО 1 от объема воды (<=21)

Отвечаем "0" (Пусть в первом приближении парогенератор будет идеальным параллелепипедом или цилиндром)

На экране появится сообщение:

Формирование вторичного шаблона данных завершено

В наборе #d.dat сформировался наш шаблон данных. После задания необходимых исходных данных он будет иметь следующий вид (исходные данные взяли из проекта серийного ВВЭР-1000):

0.5000	Dtau	Шаг интегрирования уравнений энергии
0.1000	DtauG	Шаг интегрирования уравнений движения
1.0000	Htau	Шаг печати результатов расчета
5.000E+02	TauE	Физическое время окончания расчета
0.0000	Dtaureg	Шаг обмена информацией с МВТУ
10	iii	Число шагов интегрирования при достижении стационарного состояния
0	jjj	Число внутренних итераций при решении уравнения теплопроводности в твэлах
0	kst	Признак режима расчета 0 - достижение стационарного состояния, 1 - расчет динамического режима
0	kod	Код продолжения: 0 - счет с начала; 1 - продолжение расчета
6	Nuzl	Число расчетных узлов тепловой схемы (точек соединения трубопроводов)
3	Nu	Число участков (каналов или трубопроводов)
1	Ngran	Число граничных условий теплообмена
1	Nko	Число компенсационных объемов
1	Nmat	Число материалов
2	Nback	Число регуляторов
0	ltwo	Число массивов двумерной интерполяции
0	Jrot	Число роторов (турбин и насосов)
0	Jactive	Число активных элементов (-"-)
0	Jengine	Число электродвигателей
0	Jgenerator	Число электрогенераторов
0	Ntvel	Число твэлов
0	Ntip	Число типов твэлов
0	Nz	Число узлов по длине твэла
1.0000	AKT	Козфф. верхней релакс. (рек. АКТ=1.0)
1.00E-04	EPS	Точность решения уравнения теплопров.
0.00E+00	Qv	Объемное энерговыделение
0	Nntqv	Число массивов зависимости мощности твэлов от времени
0	Nkdt	Число переменных, выводимых в OUTPUT
0	Nregout	Число задаваемых параметров в REGOUT
1.00E+00	TauAlf	Постоянная стабилизации коэффициента теплоотдачи (по умолчанию 1.0)
1.00E+12	TauQ	Постоянная стабилизации теплового потока (по умолчанию 1.0e12)

-1.0000	СВр	Признак задания одинаковой для всей расчетной схемы исходной концентрации бора. Если СВр неотрицателен, то для всех КО, узлов и каналов концентрация бора принимается равной СВр. Во всех расчетных элементах схемы с отрицательным значением концентрации бора принимается ее значение по модулю. СВр в этих элементах игнорируется.
0	ivar1v	Признак, запрещающий барботаж пара из нижнего объема КО в паровой объем КО.
0	Nterpl	Число дополнительных теплоносителей

Исходные данные для программы "ALFA"

0.0000	DalTau	Шаг пересчета коэффициента теплоотдачи и сопротивления трения
1.0000	ZAPKR	Мин.запас до кризиса теплообмена
1.0000	PRPER	Параметр, указывающий следует ли определять коэффициент теплоотдачи по формулам переходного режима кипения
0.7000	PR2	Соответствует коэф. С в формуле Дорощука при определении Хкр
450.0000	Qmin	Если параметры теплоносителя выходят за пределы применимости формул заданных признаком IPR при определении критического теплового потока принимается Qкр=Qmin
2	IPR2	Признак расчета коэффициента гидравлического сопротивления по формулам: 0 - не считается (TRKSI=0) 1 - гомогенной смеси 2 - Осмачкина 3 - Мартинелли-Нельсона 4 - Тарасовой
1	IPR	Признак расчета критического теплового потока по формулам: 1 - Смолина 2 - Осмачкина 3 - зависимости ОКБ "ГИДРОПРЕСС" 4 - Миропольского 5 - Тонга 6 - min (Смолина, ОКБ ГП)
0.3000	Sigmar	Приведенная степень черноты при расчете лучистого теплообмена. По умолчанию принимается Sigmar=0.3

Размерность входных и выходных величин программы		
Наименование физ. величины	обозначение	размерность
Время	Tau	[с] секунда
Длина	L	[м] метр
Масса	M	[кг] килограмм
Плотность	Ro	[кг/м3]
Расход теплоносителя	G	[кг/с]
Температура	T	[°C] градус по Цельсию
Энергия (энтальпия)	U (h)	[ккал] килокалория
Удельный тепловой поток	Qf	[ккал/м2]
Теплоемкость объемная	Cv	[ккал/(м3*°C)]
Давление	P	[бар] бар
Напор насоса	H	[бар]

Характеристики узлов

Тип ГУ - тип граничного условия. Тип ГУ=0 - отсутствие ГУ
 Тип ГУ = 1 - наличие таблично задаваемого граничного условия
 Тип ГУ = (-1,-2 или -3) граничным условием является компенсационный объем, число по модулю соответственно - нижний водяной объем, средний водяной объем и паровой объем, при этом Nv КО - номер компенсационного объема
 Nгу теп - номер граничного условия по теплообмену

Но узл	Нач. давлен.	Нач. энтальп	Гидр. диаметр	Толщина стенки	Проходн сечение	Длина участка	Пов-ть теплооб	X коорд.	Y коорд.	Высотн. отметка	Нач. бор	Тип ГУ	Nгу теп	Nv КО	Но мат	Цв. лин	Пр. т/н
1	158.0	320.0	0.8338	0.105	0.546	0.1	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	1	0	0
2	156.0	290.0	0.8336	0.105	0.546	0.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	1	0	0
3	60.0	225.0	0.3	0.02	0.07	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-2	0	1	1	0	0
4	60.0	225.0	0.3	0.02	0.07	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	1	0	0
5	130.0	662.0	0.6	0.02	0.283	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-3	0	1	1	0	0
6	130.0	662.0	0.6	0.02	0.283	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0	0	1	0	0

Характеристики участков (каналов)

Тип ГУ: 0 - теплоизоляция, N - номер внешнего ГУ, -1,-4 - теплообменник (задается номер канала и элемента), -2 - теплообмен с КО(номер канала означает номер КО, а номер элемента - номер объема: 1-нижний водяной, 2 - средний водяной, 3 - паровое пространство), -3-теплообмен с твэлом (номер канала означает номер твэла, а номер элемента - точка по длине твэла). Если расчет канала выполняется в другой программе, то в массиве REGOUT передаются комплексы в следующей последовательности: ROGH, ZROF, SLF, Pnas, Nout, Cout, Qto, Tout. Признаком является отрицательное значение числа элементов в канале (Nel), а abs(Nel) есть адрес ROGH в массиве REGOUT(ROGH=REGOUT(abs(Nel)), ZROF=REGOUT(abs(Nel)+1) и т.д.). Если значение номера элемента с насосом (Nnas) отрицательно, то напор насоса определяется в метрах перекачиваемой жидкости.

Канал No	1	2	узел входа	0	узел выхода	0	элемент с нас.	0	элемент с задв.	12	число доп.стр-р	0	число элементов	0	N доп. т-ля	4000.0	-предполаг.расход	нач. давл.			
No элм	Гидр. диаметр	Проходн сечение	Длина участка	Местное прямое	сопрот. обратн.	X коорд.	Y коорд.	Высотн. отметка	Нач. бор	Nэл акт	Толщина стенки	Пов-ть теплооб	Тип ГУ	No кан	No элм	No стр	No мат	156.0			
1	0.8338	0.546	4.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.105	10.5	0	0	0	0	0	1	1	1	
2	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
3	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
4	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
5	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
6	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
7	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
8	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
9	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
10	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
11	0.013	1.46	1.11	0.5	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0	0.0015	554.0	-2	1	2	1	1	1	1	1	
12	0.8338	0.546	4.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.105	10.5	0	0	0	0	0	1	1	1	

Канал No 2	4 узел входа 3 узел выхода	0 0	элемент с нас. элемент с задв.	0 1	число доп.стр-р число элементов	0 0	N доп. т-ля N комп.у-ва	400.0 225.0	предполаг.расход исходн.энтальпия	нач. давл. 60.0							
No элм	Гидр. диаметр	Проходн сечение	Длина участка	Местное прямое	сопрот. обратн.	X коорд.	Y коорд.	Высотн. отметка	Нач. бор	Нэл акт	Толщина стенки	Пов-ть теплооб	Тип ГУ	No кан	No элм	No стр	No мат
1	0.3	0.07	10.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.02	10.0	1	0	0	1	1

Канал No 3	5 узел входа 6 узел выхода	0 0	элемент с нас. элемент с задв.	0 1	число доп.стр-р число элементов	0 0	N доп. т-ля N комп.у-ва	400.0 662.0	предполаг.расход исходн.энтальпия	нач. давл. 130.0							
No элм	Гидр. диаметр	Проходн сечение	Длина участка	Местное прямое	сопрот. обратн.	X коорд.	Y коорд.	Высотн. отметка	Нач. бор	Нэл акт	Толщина стенки	Пов-ть теплооб	Тип ГУ	No кан	No элм	No стр	No мат
1	0.6	0.283	10.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.02	20.0	1	0	0	1	1

Характеристики граничных условий узлов

Узел No 1 Число узловых точек 2	Тип ГУ 2 1-давление 2-расход	
Аргумент	0.0	9990.0
Давление	160.0	160.0
Расход	4000.0	4000.0
Энтальпия	347.5	347.5
Коц. бора	0.0	0.0

0-номер регулятора для положительного типа ГУ,
если N = 0 то аргумент - время, если N > 0, то аргумент опред. с помощью регулятора N
Если тип ГУ отрицателен, то N - номер элемента массива REGOUT При этом P(ГУ=-1)
или G(ГУ=-2) REGOUT(N), E=REGOUT(N+1)

Узел No 2 Число узловых точек 2	Тип ГУ 1 1-давление 2-расход	
Аргумент	0.0	9990.0
Давление	160.0	160.0
Расход	0.0	0.0
Энтальпия	306.8	306.8
Коц. бора	0.0	0.0

0-номер регулятора для положительного типа ГУ,
если N = 0 то аргумент - время, если N > 0, то аргумент опред. с помощью регулятора N
Если тип ГУ отрицателен, то N - номер элемента массива REGOUT При этом P(ГУ=-1)
или G(ГУ=-2) REGOUT(N), E=REGOUT(N+1)

Узел No 4 Число узловых точек 2	Тип ГУ 2 1-давление 2-расход	
Аргумент	0.0	4.0
Давление	0.0	60.0
Расход	800.0	0.0
Энтальпия	225.0	225.0
Коц. бора	0.0	0.0

1-номер регулятора для положительного типа ГУ,
если N = 0 то аргумент - время, если N > 0, то аргумент опред. с помощью регулятора N
Если тип ГУ отрицателен, то N - номер элемента массива REGOUT При этом P(ГУ=-1)
или G(ГУ=-2) REGOUT(N), E=REGOUT(N+1)

Узел No 6 Число узловых точек 2	Тип ГУ 2 1-давление 2-расход	
Аргумент	0.0	130.0
Давление	0.0	130.0
Расход	0.0	-800.0
Энтальпия	662.0	662.0
Коц. бора	0.0	0.0

2-номер регулятора для положительного типа ГУ,
если N = 0 то аргумент - время, если N > 0, то аргумент опред. с помощью регулятора N
Если тип ГУ отрицателен, то N - номер элемента массива REGOUT При этом P(ГУ=-1) или
G(ГУ=-2) REGOUT(N), E=REGOUT(N+1)

Характеристики граничных условий теплообмена

ГУ No 1 Число узловых точек 2		Тип ГУ 0 0-III-его рода 1-II-ого рода	
Аргумент	0.0	9990.0	
Альфа	0.0	0.01	
Температ.	100.0	100.0	
Тепл. поток	0.0	0.0	

0-номер регулятора,
если N = 0 то аргумент - время, если N > 0,
то аргумент опред. с помощью регулятора N

Характеристики материалов

Материал No 1 Число узловых точек 2			
Температ.	0.0	9990.0	
Теплоемк.	744.0	744.0	
Теплопров.	0.00478	0.00478	

Зависимость напоров насосов от времени

Зависимость сопротивления задвижки от времени

Характеристики компенсационных объемов

Компенсационный объем No 1

Объемы частей компенсатора [M**3]			Мольная доля гелия
1	2	3	
1.0	66.0	63.0	0.0

При использовании модели двухобъемного компенсатора необходимо указать номера теплоносителей в его частях и задать начальное значение энтальпии газового объема. Если номер теплоносителя любой части = 0, используется модель пароводяного компенсатора.

65.0	P	Давление кг/см**2
285.0	H(1)	Энтальпия первого расчетного объема
0.0	AKTO	Коэффициент теплообмена между паро-газовой средой и первым объемом
0.0	FBIX	Коэффициент перемешивания между первым и вторым объемом
32.5	Fko	Площадь поперечного сечения
0.02	Fk1	Площадь проходного сечения клапана
0.02	Vk1	Скорость открытия/закрытия клапана
84.0	Popen	Давление открытия клапана
70.0	Pclose	Давление закрытия клапана
0.0	bor	Начальная концентрация бора в воде
0.016	dg1	Гидравлический диаметр в воде
0.0	dg2	Гидравлический диаметр в паре
0	isko	Число узлов зависимости уровня и поверхности теплообмена от объема воды
Дополнительные параметры для двухобъемного компенсатора		
0	itplf	Номер теплоносителя в жидк-ом объеме
0	itplv	Номер теплоносителя в газовом объеме
0.0	Hv	Энтальпия газового объема

Характеристики регулятора No 1

0	Входной аргумент: 0 - сумма первого и второго аргумента, 1 - разность первого и второго аргумента, 2 - произведение первого и второго аргумента, 3 - частное от деления первого аргумента на второй	
0	Выходной аргумент вычисляется: 0 - явно, 1 - через производную	
0.0	Ширина диапазона нечувствительности (по входному аргументу)	
1.0+12	Постоянная стабилизации (1/с) (по входному аргументу)	
0.0	Минимальное значение выходного аргумента	
4.0	Максимальное значение выходного аргумента	
2	Число узлов зависимости выходного аргумента от входного	
2.0	Исходное значение выходного аргумента	
I-ый арг.	II-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
7	0	Номер массива (0-нет;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor;10-Active;11-Generator;12-Output,13-XX2)
0	0	Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных)
1	0	Порядковый номер (для GQ и EL - номер канала)
0	0	Только для GQ и EL - номер элемента канала

Зависимость выходного аргумента или его производной от входного аргумента для регулятора No 1

J	Вх. арг.	Вых. арг.	J	Вх. арг.	Вых. арг.	J	Вх. арг.	Вых. арг.
1	-10.0	-10.0	2	10.0	10.0			

Характеристики регулятора No 2

0	Входной аргумент: 0 - сумма первого и второго аргумента, 1 - разность первого и второго аргумента, 2 - произведение первого и второго аргумента, 3 - частное от деления первого аргумента на второй	
0	Выходной аргумент вычисляется: 0 - явно, 1 - через производную	
0.0	Ширина диапазона нечувствительности (по входному аргументу)	
1.0+12	Постоянная стабилизации (1/с) (по входному аргументу)	
0.0	Минимальное значение выходного аргумента	
130.0	Максимальное значение выходного аргумента	
2	Число узлов зависимости выходного аргумента от входного	
60.0	Исходное значение выходного аргумента	
I-ый арг.	II-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
4	0	Номер массива (0-нет;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor;10-Active;11-Generator;12-Output,13-XX2)
9	0	Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных)
1	0	Порядковый номер (для GQ и EL - номер канала)
0	0	Только для GQ и EL - номер элемента канала

Зависимость выходного аргумента или его производной от входного аргумента для регулятора No 2

J	Вх. арг.	Вых. арг.	J	Вх. арг.	Вых. арг.	J	Вх. арг.	Вых. арг.
1	-200.0	-200.0	2	200.0	200.0			

i1	Список параметров		
0	Расчетное время программы i2=0 i3=0 i4=0 i5=1- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру		
1	Внешние входные параметры i2=0 i3- порядковый номер входного параметра i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру		
2	Параметры элементов участков (каналов) i2=1- энтальпия 2- плотность 3- температура 4- температура поверхности стенки первого слоя 5- температура в центре стенки первого слоя 6- коэффициент теплоотдачи первого слоя 7- удельный тепловой поток 8- давление 9- сопротивление трения участка (суммарное) 10- гидравлический диаметр 11- толщина стенки первого слоя 12- площадь проходного сечения 13- длина участка 14- поверхность теплообмена первого слоя 15- местное гидравлическое сопротивление прямого тока 16- X - координата точки входа 17- Y - координата точки входа 18- высотная отметка точки входа 19- коэффициент теплоотдачи к воде КО первого слоя 20- тепловой поток к воде КО первого слоя 21- концентрация бора в элементе 22- коэффициент теплоотдачи к пару КО первого слоя 23- тепловой поток к пару КО первого слоя 24- температура стенки при теплообмене с паром КО первого слоя 25- коэффициент теплопередачи к центру стенки 26- средняя температура в центре стенки 27- температура на входе в участок 28- средняя плотность теплоносителя в узле 29- местное гидравлическое сопротивление противотока 30- полное сопротивление участка 31- тепловой поток за счет прямого подвода тепла 32- средняя энтальпия в элементе для расчета коэффициента теплоотдачи 33- расход в элементе (для расчета коэффициента теплоотдачи) 34- тепловой поток за счет теплообмена с первой тепловой структурой 35- толщина стенки второго слоя 36- поверхность теплообмена второго слоя 37- температура поверхности стенки второго слоя 38- температура в центре стенки второго слоя 39- коэффициент теплоотдачи второго слоя 40- коэффициент теплоотдачи к воде КО второго слоя 41- тепловой поток к воде КО второго слоя 42- коэффициент теплоотдачи к пару КО второго слоя 43- тепловой поток к пару КО второго слоя 44- температура стенки при теплообмене с паром КО второго слоя 45- тепловой поток за счет теплообмена со второй тепловой структурой 46- толщина стенки третьего слоя 47- поверхность теплообмена третьего слоя 48- температура поверхности стенки третьего слоя 49- температура в центре стенки третьего слоя 50- коэффициент теплоотдачи третьего слоя 51- коэффициент теплоотдачи к воде КО третьего слоя 52- тепловой поток к воде КО третьего слоя 53- коэффициент теплоотдачи к пару КО третьего слоя 54- тепловой поток к пару КО третьего слоя 55- температура стенки при теплообмене с паром КО третьего слоя 56- тепловой поток за счет теплообмена с третьей тепловой структурой 57- толщина стенки четвертого слоя 58- поверхность теплообмена четвертого слоя 59- температура поверхности стенки четвертого слоя 60- температура в центре стенки четвертого слоя 61- коэффициент теплоотдачи четвертого слоя 62- коэффициент теплоотдачи к воде КО четвертого слоя		

	<p>63- тепловой поток к воде КО четвертого слоя 64- коэффициент теплоотдачи к пару КО четвертого слоя 65- тепловой поток к пару КО четвертого слоя 66- температура стенки при теплообмене с паром КО четвертого слоя 67- тепловой поток за счет теплообмена с четвертой тепловой структур пятого слоя 68- толщина стенки пятого слоя 69- поверхность теплообмена пятого слоя 70- температура поверхности стенки пятого слоя 71- температура в центре стенки пятого слоя 72- коэффициент теплоотдачи пятого слоя 73- коэффициент теплоотдачи к воде КО пятого слоя 74- тепловой поток к воде КО пятого слоя 75- коэффициент теплоотдачи к пару КО пятого слоя 76- тепловой поток к пару КО пятого слоя 77- температура стенки при теплообмене с паром КО пятого слоя 78- тепловой поток за счет теплообмена с пятой тепловой структурой пятого слоя 79- толщина стенки шестого слоя 80- поверхность теплообмена шестого слоя 81- температура поверхности стенки шестого слоя 82- температура в центре стенки шестого слоя 83- коэффициент теплоотдачи шестого слоя 84- коэффициент теплоотдачи к воде КО шестого слоя 85- тепловой поток к воде КО шестого слоя 86- коэффициент теплоотдачи к пару КО шестого слоя 87- тепловой поток к пару КО шестого слоя 88- температура стенки при теплообмене с паром КО шестого слоя 89- тепловой поток за счет теплообмена с шестой тепловой структурой шестого слоя 90- толщина стенки седьмого слоя 91- поверхность теплообмена седьмого слоя 92- температура поверхности стенки седьмого слоя 93- температура в центре стенки седьмого слоя 94- коэффициент теплоотдачи седьмого слоя 95- коэффициент теплоотдачи к воде КО седьмого слоя 96- тепловой поток к воде КО седьмого слоя 97- коэффициент теплоотдачи к пару КО седьмого слоя 98- тепловой поток к пару КО седьмого слоя 99- температура стенки при теплообмене с паром КО седьмого слоя 100- тепловой поток за счет теплообмена с седьмой тепловой структурой седьмого слоя i3- номер участка (канала) i4- номер элемента участка (канала) i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
3	<p>Параметры узлов i2=1- энтальпия 2- плотность 3- температура 4- температура поверхности стенки 5- температура в центре стенки 6- коэффициент теплоотдачи 7- удельный тепловой поток 8- давление 9- !! свободно !! 10- гидравлический диаметр (только для расчета теплообмена) 11- толщина стенки (только для расчета теплообмена) 12- площадь проходного сечения (только для расчета теплообмена) 13- длина участка (только для расчета теплообмена) 14- поверхность теплообмена (только для расчета теплообмена) 15- местное гидравлическое сопротивление (не используется) 16- X - координата 17- Y - координата 18- высотная отметка 19- расход подпитки в узел 20- энтальпия подпитки в узел 21- концентрация бора в узле 22- концентрация бора подпитки в узел i3- номер узла i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
4	<p>Параметры компенсационных объемов (КО) i2=1- масса 1-ого объема 2- масса 2-ого объема 3- масса 3-ого объема 4- масса гелия 5- энтальпия 1-ого объема 6- энтальпия 2-ого объема 7- энтальпия 3-ого объема 8- энтальпия гелия</p>

	<p>9- давление в КО 10- дифференциал давления dP 11- расход пара через предохранительный клапан 12- расход гелия через предохранительный клапан 13- текущая площадь проходного сечения клапана 14- состояние клапана (0- закрыт/открыт, 1- открывается, -1-закрыта) 15- количество тепла, подводимое к первому объему 16- количество тепла, подводимое ко второму объему 17- энтальпия теплоносителя, забираемая из водяных объемов КО 18- эффективный коэффициент теплообмена между 2 и 3 объемами 19- коэффициент перемешивания 20- диаметр компенсатора 21- объем КО 22- давление открытия предохранительного клапана 23- давление закрытия клапана 24- площадь проходного сечения первого клапана 25- скорость открытия/закрытия клапана 26- концентрация бора в 1-ом объеме КО 27- концентрация бора во 2-ом объеме КО 28- концентрация бора в 3-ем объеме КО 29- гидростатический напор первого объема КО 35- температура пара в КО 36- температура воды в первом объеме КО 37- температура воды во втором объеме КО 40- гидростатический напор второго объема КО i3- номер компенсационного объема i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
5	<p>Массовый расход через канал i2=0 i3- номер канала i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
6	<p>Параметры активных элементов i2=1- КПД активного элемента 2- перепад давления на элементах 3- механическая мощность элемента i3- номер активного элемента i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
7	<p>Уровень теплоносителя в компенсационном объеме (КО) i2=0 i3- номер компенсационного объема i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
8	<p>Объемный расход по элементам участка (канала) i2=0 i3- номер участка i4- номер элемента участка i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
9	<p>Параметры ротора i2=1- частота вращения 2- момент внешних сил 3- момент трения 4- момент инерции 5- номинальная частота вращения 6- начальная частота вращения 7- min частота вращения ротора i3- номер ротора i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
10	<p>Параметры активного элемента i2=1 - механическая мощность активного элемента 2 - механический момент, передаваемый на ротор 3 - частота вращения ротора, ниже которой движущий момент определяется по отдельной таблице i3- номер активного элемента i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
11	<p>Параметры электрогенератора i2- мощность электрогенератора</p>

	<p>i3- номер электрогенератора i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
12	<p>Параметры парогенератора i2=1- давление в парогенераторе (по пару) 2- энтальпия пара 3- расход пара 4- весовой уровень в парогенераторе 5- !! свободно !! 6- !! свободно !! 7 - давление в парогенераторе (по питательной воде) 8 - энтальпия воды (при обратном токе по тракту питательной воды) 9 - расход питательной воды 10 - весовой уровень в парогенераторе 11- !! свободно !! 11- !! свободно !! i3- номер парогенератора i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
13	<p>Параметры обратных связей i2=1- текущее значение аргумента с учетом гистерезиса 2- выходное текущее значение аргумента с учетом стабилизации 3- выходной параметр 4- !! свободно !! 5- !! свободно !! i3- номер обратной связи i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>
14	<p>Параметры каналов, передаваемые в качестве граничных условий i2=1- Гидростатический напор канала (ROGH) 2- Гидравлический комплекс трения (ZROF) 3- Гидравлический комплекс L/F (SLF) 4- Напор насоса (Pnas) 5- Энтальпия на выходе из канала (Hvyh) 6- Концентрация пассивной примеси (бора) на выходе из канала (Cvyh) 7- Тепловой поток от стенки канала (Qto) 8- Температура на выходе из канала (Tvyh) 9- Давление на входе в канал (Pvh) 10- Давление на выходе из канала (Pvyh) 11- Энтальпия на входе в канал (Hvh) 12- Температура на входе в канал (Tvh) 13- Концентрация бора на входе в канал (Cvh) i3- номер канала i4=0 i5- адрес записи в выходной файл, соответствует порядковому номеру</p>

Версия TRP-6.0

Основные отличия от предыдущих версий:

7 тепловых структур, модель тепловыделяющих элементов, дополнительные теплонос.

3.4. Описание файлов программы и пакет для запуска программы

В данном руководстве опишем запуск на исполнение применительно к версии программы для 32 разрядного компилятора фирмы INTEL.

Для запуска программы используется batch - файл `##go.bat`.

Вот его текст:

e:\tpp\exe\writebuf 0 0

e:\tpp\exe\#tpp

Для счета программы в обязательном порядке в текущей директории должен находиться файл `###GO`.

В этом наборе описаны все внешние файлы программы TPP. Вот его структура:

Формат ввода			
1	2	Имя файла	
I5	I3	A60	Комментарий
	60	#listing.out	Выходная печать
	50	#d.dat	Исходные данные
	7	#data.rez	Контрольный листинг исходных данных
	-1	RESTART.DAT	Файл для продолжения счета
700	2	aaa.bbb	Файл для графического просмотра результатов
1000	17	to#tpp	Данные, принимаемые из Integr
1000	18	from#tpp	Данные, передаваемые в Integr
50	19	out.dat	Список данных, передаваемых в Integr
50	20	in.dat	Список данных, принимаемых из Integr

Колонка “1” - длина логической записи для файла прямого доступа (используется также в качестве признака типа файла), колонка “2” - номер логического устройства. Знак “-” в номере логического устройства означает, что файл бесформатный.

Пользователь по своему усмотрению может именовать файлы.

Длина файла графического просмотра результатов (в нашем примере “aaa.bbb”) переменная, зависящая от объема решаемой задачи. Если длина файла не достаточна, на экран дисплея на каждом шаге печати будет выводиться минимальная требуемая длина.

Аналогичную структуру имеет файл программы просмотра результатов GRAF#FF. Для графического просмотра результатов длина файла “aaa.bbb” должна быть задана одинаковой.

Файлы с 17 по 20 используются для работы TPP в составе мультипрограммного моделирующего комплекса. Файлы 17 и 18 содержат данные, передаваемые с “шагом обмена с МВТУ” соответственно в TPP из внешней программы и из TPP во внешнюю программу. Для обеспечения синхронизации вычислительного процесса первым передаваемым из TPP параметром должно быть физическое (модельное) время.

Файлы 19 и 20 содержат соответственно имена передаваемых параметров. Эти файлы используются программой Integr для организации потоков передачи данных между программами, входящими в мультипрограммный моделирующий комплекс.

Название файла должно соответствовать стандарту DOS (максимум 8 символов имени файла и 3 символа расширения, например “aaaaaaa.bbb”)

Длины пути любых файлов не должны превышать 60 символов.

Программа writebuf записывает в буфер ввода последовательно два нуля. Это избавляет пользователя от необходимости каждый раз при запуске на исполнение отвечать на запросы программы:

Введите режим работы: 0 - счет, 1 - обработка исходных данных

Ответ: 0

Введите режим работы: 0 - выполнение программы в автономном режиме счета 1 - выполнение программы под управлением программы МВТУ
--

Ответ: 0

При работе TRP в составе моделирующего комплекса ответ должен быть 1.

4. РАСЧЕТ КОНТРОЛЬНОГО ПРИМЕРА

Для расчета контрольного примера использованы приведенные выше исходные данные по расчету отдельного парогенератора ВВЭР-1000 в соответствии с расчетной схемой на рисунке 1.

Возмущающим фактором является неточность задания исходного давления и уровня воды в парогенераторе. Расход пара на турбину пропорционален давлению в парогенераторе, расход питательной воды – обратно пропорционален уровню воды в парогенераторе. Расчет проводился до установления параметров в парогенераторе (давления в ПГ, снимаемой и отводимой мощности, расхода пара из ПГ и расхода питательной воды).

Приведем без комментариев выходной листинг для последнего момента времени.

Время Тау= 500.0
 Параметры в узлах

No	Давление	Энтальпия	Плотность	Температ.	Темп.стен.	Расх.подп.	Конц. бора	Fi	X
1	161.6257	347.4997	680.2697	320.2231	308.7158	4000.0	0.0	0.0	-0.2043147
2	160.0	303.3359	751.7537	287.1769	280.8544	-3999.998	0.0	0.0	-0.3893343
3	65.4626	224.9986	844.7736	219.3667	219.3673	-402.2137	0.0	0.0	-0.1911381
4	65.70967	225.0	844.7939	219.366	219.3658	402.2167	0.0	0.0	-0.1921617
5	65.4626	663.5988	33.21719	279.9283	279.9323	402.8449	0.0	1.0	1.000001
6	65.1134	663.5944	33.00479	279.5534	279.557	-402.8468	0.0	0.9999841	0.9996386

Параметры в компенсационных узлах

No	Давление	Уровень	Масса V1	Масса V2	Масса пара	Масса He	Энтальпия1	Энтальпия2	Энт.пара	Энт. He	G клап.	G ух.воды	G ух.пара
1	65.46217	1.988901	766.0489	43419.91	2171.057	0.0	285.0153	297.0875	663.5984	346.9379	0.0	0.0	402.8449
	G подп.1	G подп.2	G подп.3	C бора 1	C бора 2	C бора 3	T пара °C	K эфф воды	K эфф пара	Параметры в участках (каналах)			
	0.0	402.2137	0.0	0.0	0.0	0.0	279.9279	17950.54	0.0				

Параметры в 1 канале, узел входа 1, узел выхода 2; Рвхода= 161.6257 Рвых= 160.0

No	Расход Q	Энтальпия	Плотность	Температ.	Tf ст.1сл	T ст.1сл.	Альфа 1сл	Тепл.пот.1	Давление	Сопр.трэн.	Конц.бора	Fi	X
1	5.880552	347.4971	680.1463	320.2021	320.0642	308.9608	6.820163	1.01094	160.9522	1.030735	0.0	0.0	-0.2005367
2	5.811615	337.919	696.4067	313.4373	307.0063	296.1555	7.080975	69.15549	160.86	1.692415	0.0	0.0	-0.2423766
3	5.689073	330.1435	709.7969	307.8772	302.5958	293.7872	6.99825	56.14015	160.7695	1.696648	0.0	0.0	-0.2762056
4	5.59548	323.8526	719.9277	303.161	298.9209	291.7941	6.919509	45.42113	160.6803	1.700346	0.0	0.0	-0.3034421
5	5.523787	318.77	728.3533	299.3637	295.8892	290.1313	6.86503	36.69673	160.5921	1.703387	0.0	0.0	-0.3253172
6	5.468706	314.6697	734.515	296.1399	293.386	288.7409	6.817954	29.60437	160.5046	1.705959	0.0	0.0	-0.342837
7	5.42708	311.3692	739.5737	293.5511	291.311	287.572	6.778957	23.82985	160.4177	1.708103	0.0	0.0	-0.3568135
8	5.393117	308.6988	743.7979	291.4771	289.6429	286.6177	6.751689	19.28086	160.3312	1.709836	0.0	0.0	-0.3679996
9	5.365479	306.5284	747.2145	289.7809	288.2886	285.8299	6.731864	15.66994	160.245	1.711245	0.0	0.0	-0.3769726
10	5.344249	304.7658	749.7209	288.3438	287.156	285.1593	6.713407	12.72555	160.1591	1.712431	0.0	0.0	-0.384142
11	5.327896	303.3344	751.8092	287.1798	286.2098	284.5883	6.697284	10.33488	160.3685	1.713434	0.0	0.0	-0.3918905
12	5.320693	303.3361	751.7535	287.1771	287.2816	294.5294	6.393641	-0.6599023	160.0004	1.031149	0.0	0.0	-0.389336

No	Расход	Энт.входа	Энт.выхода	T входа	T выхода	P насоса	G*H	Q теплооб
1	4000.001	347.4997	303.3361	320.2231	287.1771	0.0	-176654.5	-176651.6

Параметры в 2 канале, узел входа 4, узел выхода 3; Рвхода= 65.70967 Рвых= 65.4626

No	Расход Q	Энтальпия	Плотность	Температ.	Tf ст.1сл	T ст.1сл.	Альфа 1сл	Тепл.пот.1	Давление	Сопр.трэн.	Конц.бора	Fi	X
1	0.4761143	224.9986	844.7736	219.3667	219.3568	219.2401	5.812211	0.0557455	65.46249	1.264366	0.0	0.0	-0.1911376

No	Расход	Энт.входа	Энт.выхода	T входа	T выхода	P насоса	G*H	Q теплооб
2	402.2168	225.0	224.9986	219.366	219.3667	0.0	-0.558498	-0.557455

Параметры в 3 канале, узел входа 5, узел выхода 6; Рвхода= 65.4626 Рвых= 65.1134

No	Расход Q	Энтальпия	Плотность	Температ.	Tf ст.1сл	T ст.1сл.	Альфа 1сл	Тепл.пот.1	Давление	Сопр.трэн.	Конц.бора	Fi	X
1	12.16858	663.5944	33.00492	279.5536	279.7114	279.5397	3.0	0.08203231	65.11328	1.141031	0.0	0.9999841	0.9996383

No	Расход	Энт.входа	Энт.выхода	T входа	T выхода	P насоса	G*H	Q теплооб
3	402.8465	663.5984	663.5944	279.928	279.5536	0.0	-1.647382	-1.640646

Приведем также некоторые результаты расчета переходного процесса, а именно:

- расход пара и питательной воды (рисунок 2), кривая 1 - расход пара, кривая 2 - расход питательной воды;

- тепловая мощность, подводимая к парогенератору (рисунок 3);

- давление в парогенераторе (рисунок 4);

- уровень воды в парогенераторе (рисунок 5).

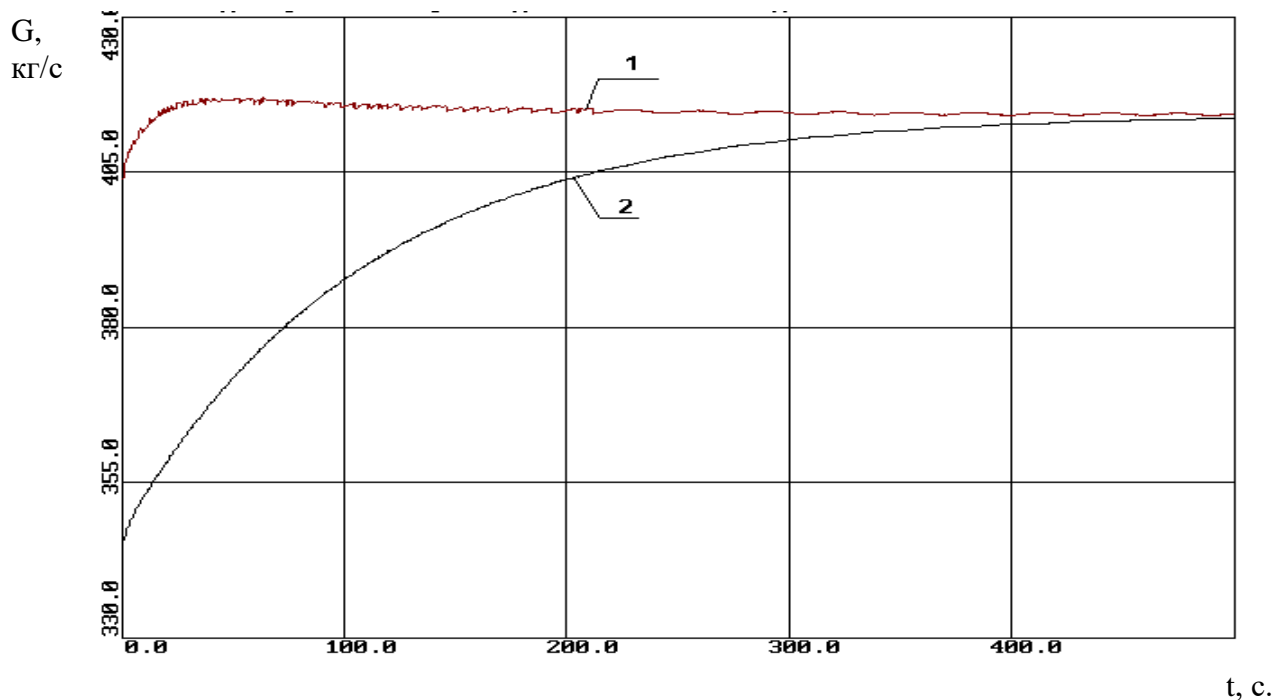


Рисунок 2 – Расход пара (1) и расход питательной воды (2)

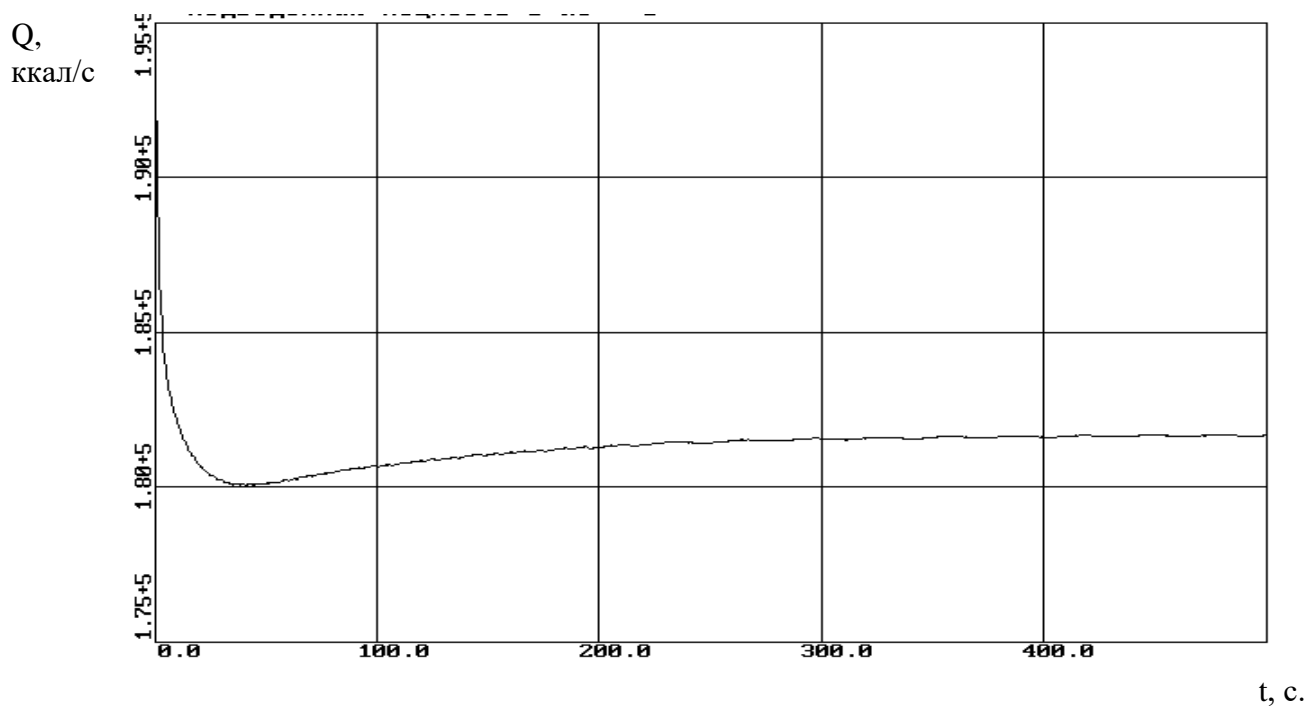
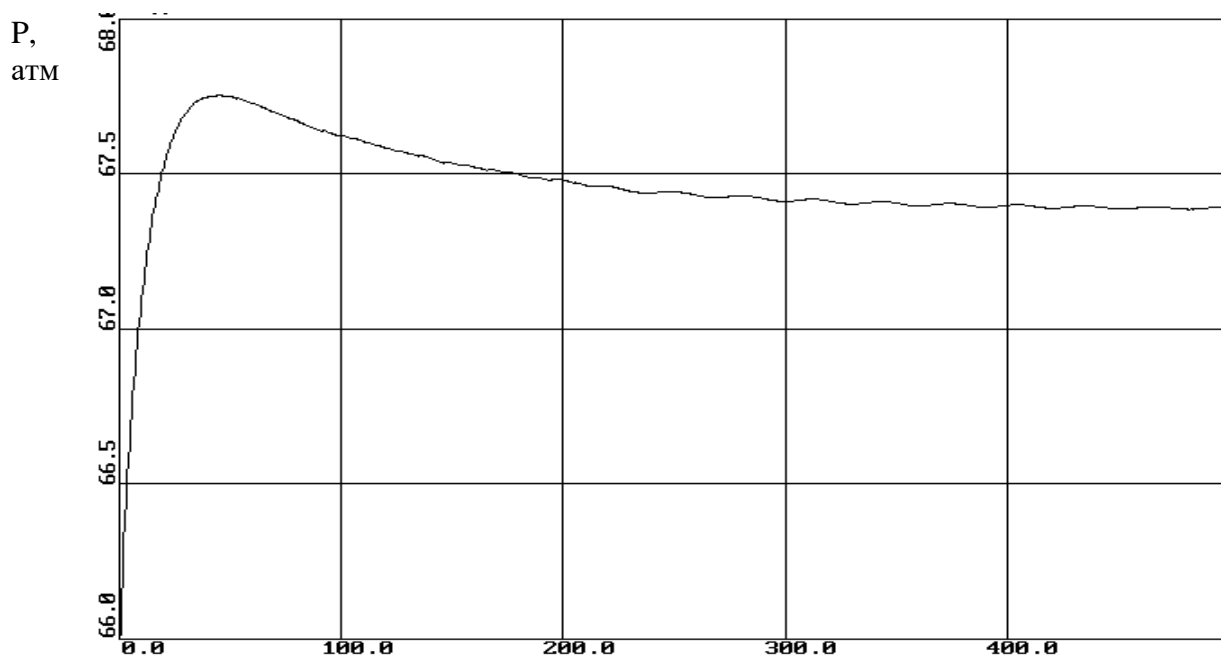
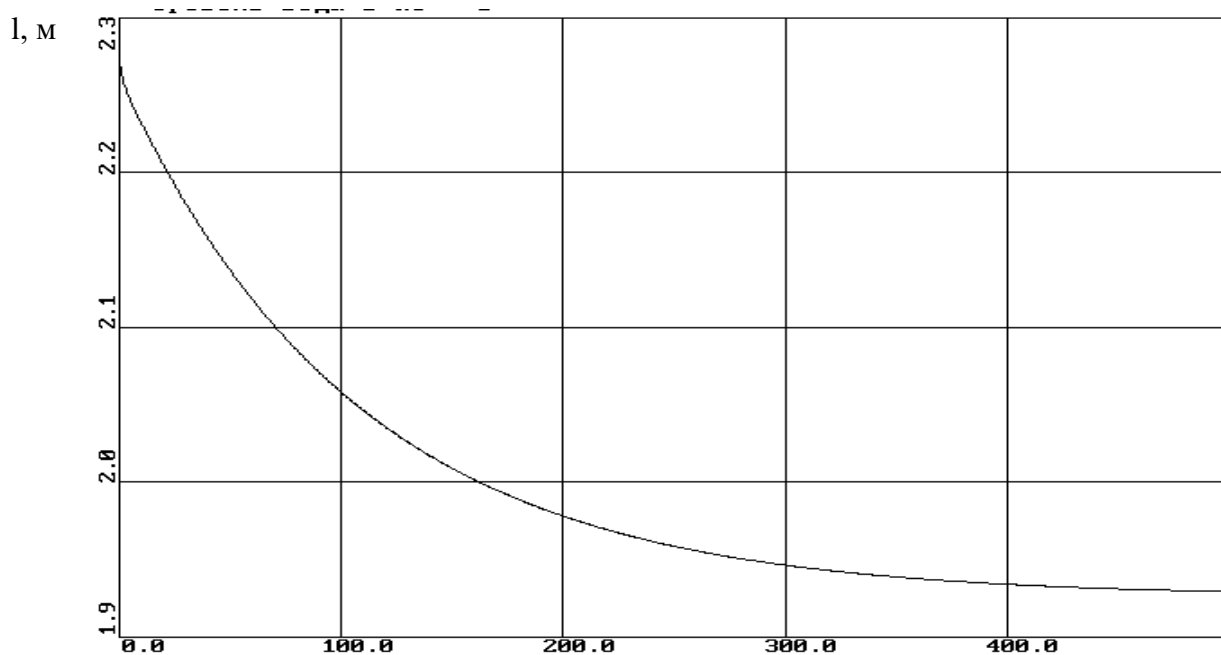


Рисунок 3 – Мощность, подведенная к парогенератору



t, с.

Рисунок 4 – Давление в парогенераторе



t, с.

Рисунок 5 – Уровень воды в парогенераторе

Следует подчеркнуть, что мощность теплосъема установилась на уровне 1.817.105 ккал/с, что приблизительно на 1.5% отличается от проектного значения 1.79.105 ккал/с. Расход пара соответствует подводимой к парогенератору мощности.

Тем самым продемонстрирована работоспособность программы.

5. ПОДРОБНАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАДАНИЮ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТРР

5.1. Исходные данные для описания свойств теплоносителей

В ТРР, по умолчанию, теплоносителем в любом канале, узле и КО считается вода, водяной пар, либо пароводяная смесь. При этом теплофизические свойства воды и водяного пара рассчитываются по программе ВОДА, встроенной в ТРР.

Для моделирования оборудования и систем с неводяными теплоносителями необходимо дополнительно задать свойства используемых теплоносителей в требуемом диапазоне изменения параметров оборудования.

В этом случае в первичном шаблоне ТРР указывается количество дополнительных теплоносителей. Если пользователя не устраивает программа ВОДА, он должен задать свойства воды, водяного пара, либо пароводяной смеси, как свойства дополнительных теплоносителей.

Во вторичном шаблоне исходных данных ТРР заполняется дополнительная таблица с номерами теплоносителей (по порядку, начиная с 1) и полными именами файлов, в которых задаются температура, плотность, вязкость, теплопроводность и теплоемкость соответствующих теплоносителей в реперных точках по давлению и энтальпии.

Недопустимо вставлять пробелы перед именем файла, т.к. программа воспринимает их как часть имени.

Далее при задании исходных данных по узлам, элементам каналов, а также КО вместо 0 (вода, пар, пароводяная смесь) указывается номер теплоносителя.

Недопустима гидравлическая связь между узлами и элементами, а также КО с различными теплоносителями. В этом случае при запуске программа выдаст сообщение об ошибке.

5.2. Исходные данные для узлов

5.2.1. Геометрические характеристики узлов

К геометрическим характеристикам узлов относятся их геометрические размеры и пространственное расположение.

Геометрические размеры узлов - это соответствующие им геометрические размеры тройников или штуцеров. В программе геометрические размеры используются, во-первых, для расчета теплообмена с металлом узла, и, во-вторых, для расчета массы теплоносителя в узле для решения уравнений энергии и концентрации пассивной примеси (бора) в теплоносителе.

Наиболее важным параметром является произведение длины узла на проходное сечение, т.к. этот параметр (объем узла) используется в уравнениях сохранения энергии и массы пассивной примеси.

Поверхность теплообмена в узле, во-первых, позволяет учесть теплообмен с металлом тройника (штуцера) и, во-вторых, теплообмен с внешней средой, если это важно для соответствующей расчетной схемы. Для задания теплообмена с внешней средой нужно указать соответствующий номер граничного условия теплообмена.

Если Вы хотите теплообменом в узле пренебречь, задайте нулевую поверхность теплообмена.

Пространственные координаты узлов ИМЕЮТ БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ ПРИОРИТЕТ по сравнению с пространственными координатами участков. Для первого и последнего участка канала

пространственными координатами входа и выхода ВСЕГДА являются пространственные координаты узлов, к которым они подсоединены.

5.2.2. Граничные условия узлов

В программе предусмотрены три типа узлов:

- внутренний узел;
- узел подключения к внешней среде;
- узел подключения к компенсационному объему.

5.2.2.1. Внутренний узел

Внутренний узел - это тройник (с произвольным числом ветвления, минимум с одним) (Тип ГУ - 0, Nv КО - 0). Параметры в узле рассчитываются из уравнений движения (давление), энергии (энтальпия) и массы пассивной примеси (концентрации пассивной примеси). Если к узлу подключен только один канал, то параметры (за исключением давления) в таком узле меняться не будут, а расход через такой канал будет нулевым (сжимаемостью теплоносителя в программе пренебрегается). В нашем примере внутренних узлов не было.

5.2.2.2. Узел подключения к внешней среде

Узел подключения к внешней среде задается типом граничного условия равным 1 (Тип Гу = 1), другие типы граничных условий больше 0 программой не предусмотрены. В этом случае задается граничное условие с табличным заданием параметров на границе в зависимости от аргумента. Граничным условием может быть либо давление, либо расход теплоносителя. Соответственно расход теплоносителя из узла (в узел) и давление в узле вычисляются в программе из решения уравнения движения.

Ниже приведен фрагмент исходных данных для граничного условия узла из приведенного в предыдущей главе 2.

Узел No Число узловых точек	1 2	Тип ГУ 1-давление 2-расход	2 1-давление 2-расход
Аргумент	0.0		9990.0
Давление	160.0		160.0
Расход	4000.0		4000.0
Энтальпия	347.5		347.5
Коц. бора	0.0		0.0

0-номер регулятора

Аргументом в данном примере является время, т.к. признак регулятора задан нулевым. Граничным условием является расход, так как тип ГУ=2. Регулятор не используется, т.к. задан нулевой соответствующий признак. При работе ТРП в составе моделирующего комплекса граничное условие также может вычисляться в других программах вычислительного комплекса и передаваться из управляющей программы через массив REGOUT. В этом случае признак граничного условия следует задать отрицательным.

Ниже приведен комментарий из исходных данных по заданию внешнего управления граничным условием:

0-номер регулятора для положительного типа ГУ, если $N = 0$ то аргумент - время, если $N > 0$, то аргумент опред. с помощью регулятора N. Если тип ГУ отрицателен, то N - номер элемента массива REGOUT При этом P (ГУ=-1) или G(ГУ=-2) REGOUT(N), E=REGOUT(N+1), концентрация пассивной примеси C= REGOUT(N+2).

5.2.2.3. Узел подключения к компенсационному объему

Признаком подключения узла к компенсационному объему является задание отрицательного типа граничного условия в интервале от -3 до -1 (Тип $G_u = -1, -2$ или -3). При этом число по модулю указывает номер объема КО, к которому подключается узел: -1 - нижний водяной, -2 - верхний водяной, -3 - паро-газовый. Номер КО задается в параметре N_v КО.

Подключение узла к КО с точки зрения гидродинамики эквивалентно заданию в узле граничного условия по давлению, которое принимается равным давлению в соответствующем КО, если номер объема КО 2 или 3. Если узел подключен к первому объему КО, то в этом случае к давлению в КО добавляется давление гидростатического столба жидкой фазы в КО.

Получаемый в результате из уравнений гидродинамики расход направляется в КО или из КО. В модели полагается, что забор жидкого теплоносителя всегда выполняется (если он там есть) из нижнего объема КО (признак -1 или -2), даже если узел подключен к верхнему водяному объему (-2). Подача теплоносителя осуществляется в тот объем, к которому подключен узел.

5.3. Исходные данные для каналов (элементов каналов)

Под каналом в программе подразумевается набор элементарных теплогидравлических объектов, характеризующихся одинаковым массовым расходом на каждом временном шаге. Это может быть как отдельная труба, разбитая на отдельные элементы, так и комбинация сложных теплогидравлических элементов.

Под теплогидравлическим элементом в программе понимается участок (кусочек) отдельной трубы, пучка труб, пучка тепловыделяющих элементов, межтрубного канала и т.д.

5.3.1. Исходные данные, общие для всех элементов канала

В шапке для канала задаются номера узлов входа и выхода, число элементов в канале, предполагаемый расход, энтальпия и давление для первоначального задания параметров.

Наличие номера элемента, в котором расположен насос и задвижка, является признаком для задания соответствующих таблиц, характеризующих напор насоса и сопротивление задвижки.

Если номер элемента, в котором расположен насос, задан положительным, то в соответствующей таблице задается напор насоса в барах (технических атмосферах), если номер элемента отрицательный, то номер элемента, в котором расположен насос, берется по модулю, а напор насоса в соответствующей таблице задается в метрах гидростатического столба перекачиваемой жидкости. Плотность жидкости вычисляется по средней в элементе энтальпии (энтальпия входа плюс энтальпия выхода пополам) и давлении на выходе из элемента.

Также в шапке канала задается количество дополнительных тепловых структур (по умолчанию 0).

5.3.2. Исходные данные для отдельных элементов

5.3.2.1. Геометрические характеристики элементов канала

Для каждого элемента канала задаются:

- гидравлический диаметр, вычисляется по формуле $4*F/\Pi$, где F - проходное сечение, Π - смоченный периметр (в сложных случаях, например в коридорном пучке с оребрением – $4V/S$, где V – объем теплоносителя в элементе, S- смоченная поверхность);

- проходное сечение (для пучков труб с поперечным обтеканием задается, как объем теплоносителя в межтрубном пространстве, деленный на длину элемента канала);

- длина участка;

- поверхности теплообмена (теплообменная поверхность может быть оребренной, в этом случае задается эффективная поверхность теплообмена. Неучтенная таким образом масса ребер может быть учтена при задании объемной теплоемкости материала);

- толщина стенки для каждой поверхности теплообмена;

- местное гидравлическое сопротивление. Если в данном элементе расположена задвижка (регулируемое сопротивление), то сопротивление задвижки добавляется к местному сопротивлению. Гидравлическое сопротивление трения автоматически вычисляется и добавляется к местному сопротивлению элемента канала;

- X и Y координаты. Предназначены для графического отображения заданной расчетной схемы. Можно не задавать;

- высотная отметка входа в i-ый элемент канала. Соответственно для i-1 канала является высотной отметкой выхода. Для первого элемента канала высотной отметкой входа является высотная отметка узла входа. Для последнего элемента канала отметкой выхода является высотная отметка узла выхода.

5.3.2.2. Граничные условия теплообмена для элементов канала

Каждый элемент канала может одновременно содержать до 7 теплообменных поверхностей (тепловых структур), причем каждая из тепловых структур может обладать индивидуальными характеристиками. Тепловые структуры 2 – 7 считаются дополнительными и задаются в дополнительных таблицах.

В программе предусмотрено пять типов граничных условий теплообмена для тепловой структуры элемента канала:

- тепловая структура теплоизолирована (аналогично теплообмену в узлах);

- задан теплообмен с внешним граничным условием (аналогично теплообмену в узлах);

- задан теплообмен с тепловой структурой другого или данного элемента другого или данного канала (в этом случае необходимо задать в соответствующей структуре соответствующего элемента теплообмен с данным каналом. Программа проверяет правильность задания взаимного теплообмена);

- задан теплообмен с компенсационным объемом;

- задан теплообмен с тепловыделяющим элементом.

5.3.2.2.1. Тепловая структура элемента канала теплоизолирован

По умолчанию признак теплообмена задан равным 0, т.е. тепловая структура элемента канала - теплоизолирована. Тем не менее, всегда рассчитывается теплообмен со стенкой (трубопроводом). Если необходимо теплообмен со стенкой не рассчитывать, следует указать нулевую площадь теплообмена.

5.3.2.2.2. Теплообмен с внешней средой

Для задания теплообмена с внешней средой нужно указать соответствующий номер граничного условия теплообмена. Возможно два способа задания теплообмена с внешней средой:

- граничное условие третьего рода, в этом случае в соответствующей таблице задаются коэффициент теплоотдачи и температура внешней среды;

- граничное условие второго рода, в этом случае граничным условием является тепловой поток. Подводимая к элементу канала мощность равна произведению поверхности теплообмена на тепловой поток. Расчет температуры теплообменной поверхности в этом случае не выполняется.

5.3.2.2.3. Теплообмен с другой тепловой структурой

Признаком теплообмена с тепловой структурой другого элемента другого канала является задание типа граничного условия равным “-1” (Тип ГУ= -1). В соответствующей графе указывается номер канала, номер элемента канала и номер тепловой структуры, с которыми осуществляется теплообмен. Для тепловой структуры, с которой осуществляется теплообмен, необходимо взаимно описать теплообмен с данной тепловой структурой. Программа проверяет правильность описания взаимного теплообмена и выдаст соответствующее предупреждение. При использовании модели оребренного воздушного теплообменника задается тип граничного условия, равный “-4” (Тип ГУ= -4).

При задании теплообмена между элементами каналов следует иметь в виду:

- теплопередающие стенки у каждой структуры элемента канала свои, могут отличаться не только толщиной и теплофизическими свойствами, но и поверхностью теплообмена. Если Вы моделируете теплообмен в обычном теплообменнике, Вы обязаны теплообменную стенку поделить между участвующими в теплообмене тепловыми структурами. Например, если толщина трубки 1.5 мм, то Вы должны для каждой из двух тепловых структур задать толщину стенки 0.75 мм или, если это обосновано, задать толщину стенок, сумма которых равна 1.5 мм;

- поверхность теплообмена можно для каждой из двух тепловых структур задавать отличную друг от друга. Это может соответствовать как теплообмену через круглую трубу (при большой толщине стенки поверхность теплообмена для наружной и внутренней половины стенки может существенно отличаться), так и теплообменнику с оребренной поверхностью.

5.3.2.2.4. Теплообмен с компенсационным объемом

Теплообмен с компенсационным объемом соответствует либо теплообменнику-конденсатору либо испарителю (парогенератору) либо комбинированному теплообменнику, например сепаратору-пароперегревателю.

Признаком теплообмена с КО является задание типа граничного условия равным “-2” (Тип ГУ= -2). В этом случае вместо номера канала задается номер КО, а вместо элемента канала - номер объема КО (1 - нижний водяной, 2 - верхний водяной, 3 - паровое пространство КО).

На количество тепловых структур, обменивающихся с конкретным КО никаких ограничений не накладывается.

5.3.2.2.5. Теплообмен с тепловыделяющим элементом

Признаком теплообмена с тепловыделяющим элементом является задание типа граничного условия равным “-3” (Тип ГУ= -3). В этом случае вместо номера канала задается номер твэла, а вместо элемента канала - номер точки по длине твэла.

С одной и той же точкой по длине одного и того же твэла могут быть связаны не больше 2 тепловых структур расчетной модели.

5.3.2.3. Признак «Активный элемент»

Данный признак используется, если элемент канала является ступенью турбины или насоса. В этом случае учитывается преобразование механической энергии в тепловую или тепловой в механическую. Признак указывает на номер «активного элемента», с которым связаны определенные характеристики закона преобразования механической энергии в тепловую или наоборот (см. описание активных элементов).

Если имеется несколько ступеней турбин или насосов, имеющих одинаковые или очень близкие характеристики, то допускается ссылаться из разных элементов как одного так и разных каналов на один и тот же активный элемент. Это может быть оправдано, если в расчетной схеме слишком много ступеней турбин или насосов. Но, во-первых, это должны быть однотипные устройства, во-вторых, они должны быть размещены на одном общем роторе.

Если проблем с количеством активных элементов не возникает, целесообразно для каждой ступени (как насоса, так и турбины) выделять отдельный активный элемент.

По опыту эксплуатации программы не рекомендуется размещать в одном канале более одной ступени (насоса, точнее компрессора, или турбины), работающих на паре. Это может привести к потере численной устойчивости программы. При описании ступеней турбины целесообразно каждой ступени приписывать отдельный канал с одним расчетным элементом.

5.4. Исходные данные для компенсационных объемов (КО)

Для КО задаются следующие исходные данные:

- объем нижнего водяного объема (1);
- объем верхнего (контактирующего с паром) объема (2);
- объем парового пространства в КО (3);
- мольная доля гелия в паровом пространстве КО;
- давление (для начального распределения параметров);
- энтальпия первого объема (для начального распределения параметров);
- произведение коэффициента теплопередачи между паровым и верхним водяным объемами, умноженный на поверхность теплообмена;
- доля расхода подпитки в нижний объем, направляемая в верхний водяной объем (без особой нужды лучше задаваемый по умолчанию “0.0” не изменять);
- площадь поперечного сечения КО (если не задан уровень воды в КО в зависимости от объема воды, то уровень в КО рассчитывается путем деления объема воды в КО на площадь поперечного сечения КО);
- площадь поперечного сечения предохранительного клапана [м²];
- скорость открытия-закрытия предохранительного клапана [м²/с];
- уставки открытия и закрытия предохранительного клапана;
- начальная концентрация пассивной примеси в воде (одинаковая во всех объемах; по пассивной примеси полагается идеальное перемешивание в КО);
- число узлов интерполяции уровня воды в КО, а также относительных поверхностей теплообменников, расположенных в паровом и водяном объемах в зависимости от объема воды в КО. Если число узлов меньше 2, то КО полагается идеальным вертикальным цилиндром (призмой), а

изменение уровня воды не влияет на долю поверхности теплообменников, которые расположены в паре и в воде.

При использовании двухобъемной модели КО с несмешивающимися теплоносителями задаются также:

- энтальпия верхнего (газового) объема;
- номера теплоносителей в каждом объеме.

Если хотя бы один из номеров теплоносителей не указан (номер 0), то используется трехобъемная модель пароводяного КО.

Недопустимо подсоединение к КО узла с другим теплоносителем.

5.5. Исходные данные для турбин и насосов

Турбина и насос - это устройства, требующие в ТРР наиболее тщательного задания исходных данных.

С точки зрения моделирования термодинамических процессов в теплоносителе, турбина и насос это одно и то же устройство, преобразующее энергию либо из механической в тепловую либо наоборот. В зависимости от режима течения теплоносителя и направления вращения ротора одно и то же устройство может выполнять как функции турбины, так и функции насоса. В ТРР это устройство описано одними и теми же уравнениями и, с точки зрения программы, турбина и насос отличаются только наличием признака создания напора (для насоса). Поэтому турбина, если она может работать в насосном режиме, должна описываться как насос.

В текущей версии программы не предусмотрено вращение ротора в обратном направлении, поэтому работа турбин и насосов может моделироваться только в двухквadrантной области.

5.5.1. Интерполяционные таблицы

Для описания турбины и насоса необходимо задать двумерные таблицы, описывающие следующие физические параметры:

1) Зависимость относительного гидравлического сопротивления устройства (относительно местного сопротивления, заданного для элемента канала, описывающего данное устройство) от режима работы;

2) Зависимость коэффициента полезного действия устройства от режима работы;

3) Зависимость момента сопротивления (для насоса) или движущего момента (для турбины) при малых оборотах ротора или малых расхода рабочего тела от режима работы. Этот параметр необходимо задавать, т.к. модели преобразования механической мощности в напор насоса и внутренней энергии теплоносителя в механическую работу не обеспечивают корректный расчет этих параметров вблизи нулевых расходов теплоносителя и нулевой частоты вращения ротора;

4) Напор-расходную характеристику насоса (для турбины, если не предусмотрена ее работа в насосном режиме, можно не задавать);

5) Момент электродвигателя в зависимости от частоты вращения ротора и от частоты электросети (или напряжения сети);

6) Момент механического трения от режима работы устройства.

Все указанные выше зависимости задаются в виде таблиц двумерной интерполяции, поэтому для каждой ступени турбины (без насосного режима) необходимо предусмотреть четыре таблицы двумерной интерполяции, для насоса - пять таблиц и, при наличии электродвигателя, двумерную таблицу интерполяции момента электродвигателя.

Таким образом, необходимо предусмотреть следующее количество двумерных таблиц интерполяции:

- для каждой ступени турбины - три таблицы;
- для каждой ступени насоса - четыре таблицы;
- для каждого ротора - одну таблицу;
- для каждого электродвигателя - одну таблицу.

На одном роторе может одновременно размещаться произвольное число турбин, насосов, электродвигателей и один электрогенератор.

При использовании ПК ТРР в автономном режиме на одном роторе может размещаться только один электрогенератор. При моделировании электрогенератора во внешних программах (в этом случае частота вращения ротора определяется в этих программах) количество электрогенераторов, размещенных на одном валу, определяется возможностями внешних программ.

5.5.2. Активные элементы и электродвигатели

Под активным элементом подразумевается модуль преобразования механической энергии в тепловую или наоборот.

Подключение к ротору ступеней турбин, насосов, а также электродвигателей, выполняется только через активные элементы. Поэтому, для каждой ступени турбины или насоса необходимо предусмотреть (желательно отдельный) активный элемент. Желательно и для электродвигателя предусмотреть отдельный активный элемент.

В каждом активном элементе задается ссылка на массивы двумерной интерполяции КПД, сопротивления трения (относительного) и момента на валу при малых частотах вращения или расхода теплоносителя.

Приведем пример исходных данных активных элементов и электродвигателей.

Характеристики активных элементов

Где: I1 - номер ротора, к которому подсоединен; I2 - номер таблицы относительного сопротивления участка; I3 - номер таблицы КПД, I4 - номер таблицы статического момента при малых оборотах ротора

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I2	7	8	9	29	30	31	32	33	53	54
I3	10	11	12	34	35	36	37	38	55	56
I4	13	14	15	39	40	41	42	43	57	58

Массив минимальных расходов через активный элемент Actives
 Если расход через активный элемент (i) (по модулю) ниже Actives(i), то расчет момента активного элемента производится по таблице I4. Если Actives(i)>0, то аргумент - объемный расход, если Actives(i)<0, то аргумент - массовый расход

No	1	2	3	4	5	6	7
Qmin	-0.4	-0.401	-0.401	-0.400	-0.400	-0.400	-0.400

No	8	9	10
Qmin	-0.400	-0.400	-0.400

Как правило, в том числе и в приведенном ниже примере, электродвигатель подключается к тому же активному элементу, что и одна из ступеней насоса. В этом случае Вы лишаетесь возможности просмотреть на графике и в выходном файле отдельно момент электродвигателя и момент, создаваемый на валу крыльчаткой насоса, т.к. в массиве активного элемента векторно суммируются моменты подключенных к нему устройств.

Характеристики электродвигателей

Где: I1 - номер активного элемента, к которому подсоединен;
I2 - номер таблицы зависимости момента двигателя от оборотов ротора и времени (либо какого-либо другого параметра)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I2	16	17	18	44	45	46	47	48	59	60

5.5.3. Роторы

Каждый ротор характеризуется моментом инерции и номинальной частотой вращения. Остальные характеристики понятны из приведенного ниже фрагмента исходных данных.

Характеристики роторов

Где: Int - номер двумерного массива интерполяции момента трения
I - момент инерции ротора, Nном - номинальная частота вращения
No - исходная частота вращения ротора (Гц), Nmin - min частота вращения ротора, ниже которой моменты рассчитываются по таблице

No	1	2	3	4	5	6	7
Int	4	5	6	24	25	26	27
I	20.0	20.0	20.0	10	10.0	10.0	10.0
Nном	89.000	89.000	89.000	48.333	48.333	48.333	48.333
No	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nmin	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

No	8	9	10
Int	28	51	52
I	10.0	10.0	10.0
Nном	48.333	48.333	48.333
No	0.000	0.000	0.000
Nmin	5.000	5.000	5.000

5.5.4. Пример задания двумерных таблиц исходных данных насоса

Таблица напор-расходной характеристики:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 1

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	P-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
9	8	Номер массива (0-Tau; 1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10-Active; 11-Generator; 12-exchange)
1	0	

1	87	- ный (см. описание массивов в конце исходн. данных) - Порядковый номер (для GQ и EL - номер канала) - Только для GQ и EL - номер элемента канала
0	2	
6	9	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Arg1\Arg2	-0.0194	0.0000	0.0028	0.0056	0.0083	0.0111	0.0139	0.0167	0.0194
0.0000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
22.2500	12.6875	12.6875	9.5625	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
44.5000	50.7500	50.7500	47.7500	38.2500	23.7500	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
66.7500	114.1875	114.1875	110.8125	101.8125	86.0625	65.0625	17.8125	0.0100	0.0100
89.0000	203.0000	203.0000	200.0000	191.0000	176.0000	153.0000	126.0000	95.0000	0.0100
0.1E+08	203.0000	203.0000	200.0000	191.0000	176.0000	153.0000	126.0000	95.0000	0.0100

Таблица КПД:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 10

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
9	8	- Номер массива (0-Tau;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10 - Active).Tau -текущее время процесса
1	0	- Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных)
1	87	- Порядковый номер (для массива EL - номер канала)
0	2	- Только для массива EL - номер элемента канала
6	8	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Arg1\Arg2	-0.0172	0.0000	0.0026	0.0053	0.0079	0.0106	0.0132	0.0159
0.0000	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100
22.2500	0.1100	0.1100	0.4400	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100
44.5000	0.1100	0.1100	0.2850	0.4400	0.3300	0.1100	0.1100	0.1100
66.7500	0.1100	0.1100	0.1700	0.3750	0.4400	0.3967	0.1100	0.1100
89.0000	0.1100	0.1100	0.1100	0.2850	0.4050	0.4400	0.4100	0.3300
0.1E+08	0.1100	0.1100	0.1100	0.2850	0.4050	0.4400	0.4100	0.3300

Таблица относительного гидравлического сопротивления элемента канала:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 7

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
5	9	- Номер массива (0-Tau;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10-Active; 11-Generator; 12-exchange)
0	1	- Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных)
87	1	- Порядковый номер (для GQ и EL - номер канала)
0	0	- Только для GQ и EL - номер элемента канала
2	2	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Arg1\Arg2	0.000	100.000
0.000	1.000	1.000
1.0e9	1.000	1.000

Таблица момента при малых оборотах ротора или малых расходах:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 13

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
9	5	- Номер массива (0-Tau;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZE1; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10 - Active).Tau -текущее время процесса - Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных) - Порядковый номер (для массива EL - номер канала) - Только для массива EL - номер элемента канала
1	0	
1	87	
0	2	
2	2	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Арг1\Арг2	0.000	58.333
0.000	0.000	0.0
30.000	2500.000	2500.0

Таблица механического сопротивления трения ротора:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 4

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
9	0	- Номер массива (0-Tau;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZE1; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10 - Active).Tau -текущее время процесса - Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных) - Порядковый номер (для массива EL - номер канала) - Только для массива EL - номер элемента канала
1	0	
1	0	
0	0	
2	2	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Арг1\Арг2	0.000	1.0e9
0.000	250.000	250.000
250.000	250.000	250.000

Таблица момента электродвигателя:

Характеристики двумерного массива интерполяции No 16

Входными аргументами являются либо элементы массивов либо время		
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
9	1	- Номер массива (0-Tau;1-массив REGOUT управления из вне; 2-EL; 3-UZE1; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor; 10 - Active).Tau -текущее время процесса - Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных) - Порядковый номер (для массива EL - номер канала) - Только для массива EL - номер элемента канала
1	0	
1	196	
0	0	
15	4	- Число интерполяционных узлов каждого аргумента

Арг1\Арг2	0.000	0.100	0.900	100.0e9
0.0000	0.	0.	680.	680.
78.0000	0.	0.	3073.	3073.
79.0000	0.	0.	3112.	3112.
80.0000	0.	0.	3130.	3130.
81.0000	0.	0.	3116.	3116.
82.0000	0.	0.	3060.	3060.
83.0000	0.	0.	2951.	2951.
84.0000	0.	0.	2775.	2775.
85.0000	0.	0.	2519.	2519.
86.0000	0.	0.	2174.	2174.
87.0000	0.	0.	1737.	1737.
88.0000	0.	0.	1215.	1215.
89.0000	0.	0.	626.	626.
90.0000	0.	0.	0.	0.
91.0000	0.	0.	-626.	-626.

5.6. Исходные данные для регуляторов

Встроенная в ТРР модель регуляторов позволяет моделировать относительно простые системы автоматики и регуляторы прямого действия типа предохранительных или обратных клапанов.

В качестве управляющего сигнала может рассматриваться сумма, разность, произведение или частное от деления двух вычисляемых или передаваемых извне в ТРР параметров, в том числе и результат вычисления в двумерных таблицах интерполяции.

Полученный таким образом сигнал используется для выработки управляющего воздействия путем линейной интерполяции таблицы зависимости управляющего воздействия от величины управляющего сигнала. При этом на управляющий сигнал накладываются заданные в исходных данных диапазон нечувствительности и постоянная запаздывания (инерционное звено).

Выходным параметром может быть либо прямое управляющее воздействие (например, положение органа регулирования), либо его производная (т.е. скорость изменения управляющего параметра). В последнем случае управляющее воздействие находится путем интегрирования скорости изменения параметра с ограничением по максимальному и минимальному значению регулируемого параметра.

При использовании скорости изменения регулируемого параметра необходимо задать начальное положение регулирующего органа.

Ниже приведем фрагмент исходных данных обратного клапана.

Характеристики регулятора No 147

1	Входной аргумент: 0 - сумма первого и второго аргумента, 1 - разность первого и второго аргумента, 2 - произведение первого и второго аргумента, 3 - частное от деления первого аргумента на второй	
0	Выходной аргумент вычисляется: 0 - явно, 1 - через производную	
0.000	Ширина диапазона нечувствительности (по входному аргументу)	
1.000E+00	Постоянная стабилизации (1/с) (по входному аргументу)	
0.000E+00	Минимальное значение выходного аргумента	
1.000E+00	Максимальное значение выходного аргумента	
9	Число узлов зависимости выходного аргумента от входного	
0.000E+00	Исходное значение выходного аргумента	
I-ый арг.	П-ой арг.	адреса расположения входных аргументов
2	3	Номер массива (0-нет;1-массив REGOUT управления извне; 2-EL; 3-UZEL; 4-VKO; 5-G; 6-ETA; 7-НКО; 8-Gq, 9-Rotor;10-Active;11-Generator;12-Exchange) Номер параметра в массиве, если массив не одномерный (см. описание массивов в конце исходн. данных) Порядковый номер (для GQ и EL - номер канала) Только для GQ и EL - номер элемента канала
8	8	
184	158	
1	0	

Зависимость выходного аргумента или его производной от входного аргумента для регулятора No 147

J	Аргумент	Сопротивл	J	Аргумент	Сопротивл	J	Аргумент	Сопротивл
1	-1.0e+08	1.00E+00	4	0.30E+00	0.0	7	0.0	0.0
2	0.00E+00	1.00E+00	5	1.00e+08	0.0	8	0.0	0.0
3	0.20E+00	0.50E+00	6	0.00E+00	0.0	9	0.0	0.0

Через регулятор можно управлять: граничными условиями в узлах; граничными условиями теплообмена и положением задвижек (если расчет положения задвижки выполняется в управляющей программе, использовать регулятор в качестве передающего звена не целесообразно). В качестве регулятора прямого действия можно использовать и массив двумерной интерполяции (например, для управления частотой ротора насоса).

5.7. Исходные данные для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ)

5.7.1. Исходные данные для типов ТВЭЛОВ

При задании типов ТВЭЛОВ необходимо указать реализуемую модель ТВЭЛА, а также индивидуальные геометрические данные и материалы типов.

В ТРР реализуются следующие модели ТВЭЛОВ, представляющие собой трехслойный цилиндр:

- 0 – сеточная модель ТВЭЛА без центрального отверстия, охлаждаемая снаружи;
- 1 – сеточная модель ТВЭЛА с центральным отверстием, охлаждаемая снаружи;
- 2 – сеточная модель ТВЭЛА, охлаждаемая изнутри и теплоизолированная снаружи;
- 3 – сеточная модель ТВЭЛА, охлаждаемая изнутри и снаружи;
- 4 – балансная модель ТВЭЛА без центрального отверстия, охлаждаемая снаружи;
- 5 – балансная модель ТВЭЛА с центральным отверстием, охлаждаемая снаружи;
- 6 – балансная модель ТВЭЛА, охлаждаемая изнутри и теплоизолированная снаружи;
- 7 – балансная модель ТВЭЛА, охлаждаемая изнутри и снаружи.

Для каждого типа ТВЭЛА задается свои, индивидуальные радиусы границ трех цилиндрических слоев, а также теплофизические свойства материалов этих слоев.

5.7.2. Распределение энерговыделения по длине ТВЭЛОВ

Для ТВЭЛА указывается его тип и заполняется таблица распределения относительной мощности объемного энерговыделения по длине. В этой же таблице указывается признак вывода информации по данному ТВЭЛУ в текстовый файл результатов моделирования, а также признак зависимости мощности ТВЭЛА от времени.

В том случае, если в элементах каналов нет ни одной ссылки на теплообмен с какой-либо точкой по длине ТВЭЛА, расчет этой точки не производится.

5.7.3. Зависимость мощности ТВЭЛОВ от времени

По всем ТВЭЛАМ, для которых указан соответствующий признак, заполняются таблицы зависимости относительной мощности объемного энерговыделения от времени.

5.8. Исходные данные для оребренных теплообменников

Для оребренных теплообменников задаются следующие исходные данные:

- внешний радиус трубы теплообменника;
- радиус ребра;
- толщина ребра у основания ребра;
- толщина ребра у вершины;
- шаг размещения ребер;
- поперечный шаг между трубками;
- продольный шаг между трубками;
- число рядов труб;
- теплопроводность ребра.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Результаты расчета программы выводятся в виде файла-листинга и в виде файла прямого доступа.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Приведена инструкция пользователя с контрольным примером подготовки данных для проведения тестового расчета динамического переходного процесса.

Несмотря на достаточно подробное описание правил подготовки исходных данных, впервые знакомящиеся с ТРР специалисты должны пройти специальный курс обучения у разработчиков ТРР.