**Основные обозначения**

Если не оговорено иное все переменные измерены в СИ.

**Переменные.**

*p*, *t*, *T*, ρ – соответственно, давление, температура в градусах Цельсия, абсолютная термодинамическая температура в Кельвина, плотность;

*h*, *s*, *x*, *r*, *v´*, *v´´, h´*, *h´´, s´*, *s´´* – удельная энтальпия (Дж/кг), удельная энтропия (Дж/(кг∙К)) и степень сухости (б/р), удельная теплота парообразования (Дж/кг), удельный объем кипящей воды (м3/кг), удельный объем сухого насыщенного пара (м3/кг) удельная энтальпия кипящей воды (Дж/кг), удельная энтальпия сухого насыщенного пара (Дж/кг), удельная энтропия кипящей воды (Дж/кг/К), удельная энтропия сухого насыщенного пара (Дж/кг/К);

*G* - массовый расход (кг/с);

*g*, *w* – ускорение свободного падения (м/с2) и скорость потока (м/с);

*S, F –* площадь поверхности для прохода потока и площадь поверхности теплообмена (м2);

*n*Σ*, n*, *nx*, *ny*, *N* – соответственно, количество трубок в ходу, расчетная количество рядов по высоте трубного пучка для учета стекания конденсата, количество рядов в трубном пучке по высоте, количество трубок в ряду трубного пучка, количество трубных «псевдо-пучков»;

*D*, δ*D*, *Lz*, *d1*, *d2*, δ – соответственно, внутренний диаметр и толщина стенки конденсатора, длина хода трубного пучка, внутренний и внешний диаметр трубок пучка, толщина стенки трубок пучка;

ε – точность (максимальная погрешность) итерационного цикла или степень черноты;

 - соответственно, удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициенты динамической и кинематической вязкости, число (критерий) Прандтля;

 - тепловой поток, плотность и линейная плотность теплового потока;

 - соответственно, коэффициент теплоотдачи, линейный коэффициент теплопередачи;

*fZ*(*X*1, … , *XM*), - функция определения параметра *Z* для воды – водяного пара программным продуктом «H2O» […] по параметрам *X*1, … , *X*M. *M* – количество используемых для определения *Z* параметров;

(*А*)*к* – *к* -ая итерация параметра А.

**Индексы.**

Нижние:

П, ХВ - соответственно, пар, охлаждающая вода, в том числе, для точности итерационных цикло, соответственно, по массовому расходу конденсата пара и температуре охлаждающей воды на выходе из конденсатора;

СТ1, СТ2 – соответственно, внутренняя и внешняя поверхность трубок пучка, в том числе для точности итерационного цикла по температуре;

s – параметры насыщения;

air – параметры воздуха в помещении;

*D*, *d* – соответственно, диаметры корпуса и стенок трубок;

*i* – номер трубного «пакета»;

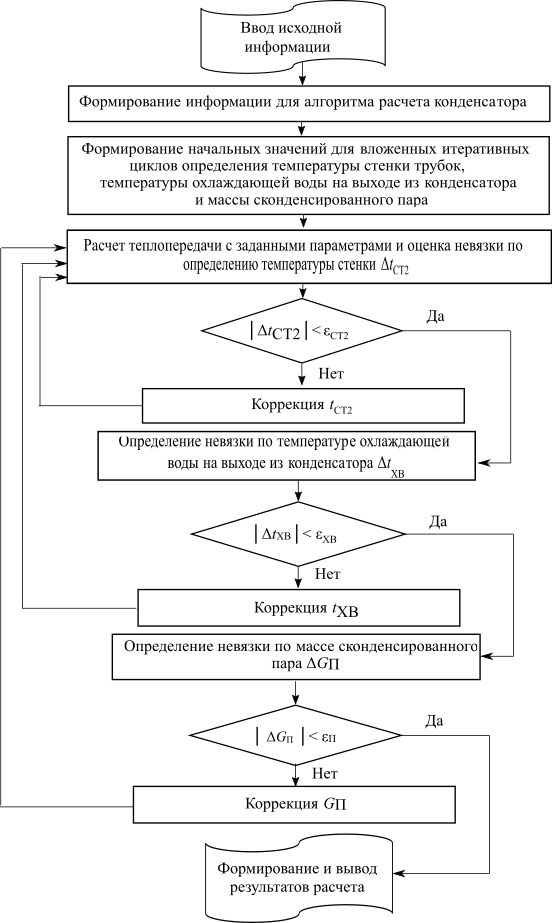
Σ – суммарные по трубному пучку или «пакету»;

КОН – конденсат.

Верхние:

Н, К – соответственно, вход и выход пара и холодной воды в область конденсатора;

**Блок – схема**



**Блок «Ввод исходной информации»**

Вводимую информацию можно разделить на насколько блоков.

Конструктивные параметры

1. Геометрия корпуса конденсатора - *D*, δ*D*;
2. В предположении о двух- ходовом исполнении конденсатора определяются общие характеристики хода - *nΣ, Lz*, *d1*, *d2*, δ;
3. Особенности строения ходов – *N* вместе с *nx* и *ny* для каждого геометрически отличного трубного «пакета».

Теплофизические параметры материалов конденсаторов

1. . Где  - степень черноты внешней поверхности корпуса.

Параметры пара на входе в конденсатор

1. Предполагаемый *GП*;
2. В предположении равенство пара на входе в конденсатор задается *pП* = *ps*;
3. В случае прихода в конденсатор перегретого пара вводится *tП*, иначе вводится данные по удельной энтальпии или удельной энтропии.

Параметры охлаждающей воды на входе в конденсатор

1. ;
2. , и данные по гидравлическим сопротивлением ходов для расчета расхода охлаждающей воды. Либо ввод *GХВ*, либо данные по измерениям температуры и показания трубки Пито на выходе из конденсатора.

Особенности варианта работы конденсатора

1. Температура помещения *t*пом;
2. Температура и расход воды в дополнительные пучки для летнего периода.

Проводится перевод значений вводимых параметров в значения, соответствующие СИ.

**Блок «Формирования информации по расчету конденсатора»**

Перед началом расчета параметров в итерационных циклах определяются основные параметры, используемые в расчетах. Прежде всего это общие геометрические переменные.

, .

Определяются среднее количество труб в ряду по всему диаметру конденсатора *nx* Σ и по его значению:

.

Определяется состояние поступающего в конденсатор пара:

Необходимо помнить, что используются значения параметров в СИ кроме **температуры (расчет ведется в ОС)** и **давления (расчет ведется в бар)**.

1. По абсолютному давлению (*PP*, бар) и температуре (*tP*,˚С) перегретого пара перед турбиной определяются удельная энтальпия *hP* = h2\_pT (*PP*, *tP*) (Приложение В VI) и удельная энтропия *sP* = s2\_pT (*PP*, *tP*) (Приложение В VII);
2. По заданному «опорному» давлению в конденсаторе (принимаемому за давление насыщения (*ps*, бар) определяются:
   1. Температура в области насыщения *ts* = T4\_p (*ps*) (Приложение В IV);
   2. Параметры для кипящей воды:

*h´* = h4L\_p (*ps*), (Приложение В V);

*s´* = s1\_pT (*ps*, *ts*), (Приложение В II);

*v´* = v1\_pT(*ps*, *ts*), (Приложение В III);

* 1. Определяется параметры сухого насыщенного пара:

*h´´* = h4V\_p (*ps*), (Приложение В IX);

*s´´* = s2\_pT (*ps*, *ts*), (Приложение В VII);

*v´´* = v2\_pT (*ps*, *ts*), (Приложение В VIII);

1. Определяются параметры идеального обратимого расширения в турбине:

/

1. Определяем параметры расширения с учетом внутреннего относительного КПД турбины (ηoi):



/

Используя введенные параметры определяется *GХВ*:

1. В соответствии с Приложением С определяется значение объемного расхода . Используется перепад давления , бар.
2. По температуре на входе в конденсатор в соответствии с Приложением С определяется поправка β3. В дальнейшем эта поправка корректируется по средней температуре охлаждающей воды температуре.
3. В соответствии с Приложением А определяется плотность охлаждающей воды на входе в конденсатор ().
4. Определяется начальное приближение массового расхода охлаждающей воды:

.

Определяется подход к оценке тепловых потерь конденсатора через корпус конденсатора в окружающую среду:

1. Заданием КПД конденсатора η*D*. Чаще всего принимается η*D* = 0,98. […];
2. Определением теплового потока от конденсатора в окружающую среду.

Делается предположение о равенстве температуры поверхности корпуса *tD* = *ts* + 1˚С.

Определяется лучистая составляющая плотности теплового потока:

.

Определяется конвективная составляющая плотности теплового потока:

,

где. По определенным параметрам определяется тепловые потери конденсатора в окружающую среду: .

Определяется средняя скорость движения пара по конденсатору:

.

**Блок «Расчет начальных значений для итерационных циклов определения температуры стенки трубок, температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора и массы сконденсированного пара**

По значению  с помощью аппроксимации (Приложение А) определяется .

Определяется 0 - ое приближение для температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора:

 или .

Определяется 0 - ые приближения для температур стенок труб пучков по средней температура охлаждающей воды:

.

, .

Определяется 0 - ое приближение для сконденсированного в теплообменники пара, исходя из того, что сконденсировать надо сухой насыщенный пар:

.

**Блок «Расчета теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки ΔtСТ2»**

Сначала рассчитывается характеристика конвективного теплообмена между внутренней стенкой трубок и охлаждающей водой. Определяется средняя температура охлаждающей воды:

.

Корректируется расход охлаждающей воды по скорректированному значению  (Приложение С), определенному по значению охлаждающей воды ():

.

По данной температуре в соответствии с Приложением А определяются: коэффициент теплопроводности, коэффициент динамической вязкости, плотность и число (критерий) Прандтля, а по температуре  только число (критерий) Прандтля.

Определяется средняя скорость движения охлаждающей воды по трубам:

.

Определяется средне- логарифмический температурный напор:

.

Определяется значение числа Рейнольдса:

, где .

Так как предполагается, что  и , расчет ведется по зависимости для турбулентного режима и длинных труб:

,

.

Далее ведется определение параметров теплообмена при конденсации пара на поверхностях труб.

По температуре  в соответствии с Приложением А определяются: коэффициент теплопроводности, коэффициент динамической вязкости, плотность и число (критерий) Прандтля.

Определяется коэффициент теплоотдачи при конденсации неподвижного пара по соотношению, в соответствии с предложениями В. Нуссельта (Ernst Kraft Wilhelm Nußelt) с дополнениями Кружилина Г.Н. и Лабунцова Д.А. […]:

.

Определяется поправка на движение пара […]:

.

Определяется поправка на стекание конденсата на нижние ряды трубок […]:

.

В данном соотношении используются доля сконденсированного пара  и количество рядов по высоте текущего пакета  (в предлагаемой компоновке рассматривается шахматный пучок, для коридорного принимается . Данная поправка определяется для каждого из *N* пакетов. Средний по всему трубному пучку коэффициент теплоотдачи при конденсации определяется по следующему соотношению:

.

Определяется текущее значение линейной плотности теплового потока:

.

Определяем соответствующие данному значению линейной плотности теплового потока величин температур поверхности трубок:

.

Определяем невязку определения температура внешней поверхности трубок пучка:

.

Далее идет анализ сходимости итерации.

**Анализ сходимости итерации**

Сравнивается невязка температура внешней поверхности трубок пучка с ее максимальным значением, определенным для предполагаемой точности расчета параметров конденсатора. При удовлетворении условий  выполнение алгоритма следует к блоку «Определение невязки по температуре охлаждающей воды на выходе из конденсатора ». В противном случае алгоритм перед возвращению к блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2» следует выполнения блока «Коррекция *t*СТ2».

**Блок «Коррекция *t*СТ2»**

Нулевому приближению температуры внешней поверхности трубы присваивается значение среднеарифметическому значению двух последних приближений:

.

Далее управление передается блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2».

**Блок «Определение невязки по температуре охлаждающей воды на выходе из конденсатора»**

Предварительно по текущему значению средней температуры охлаждающей воды () в соответствии с Приложением А определяется значение удельной теплоемкости охлаждающей воды ().

По текущему значению линейной плотности с учетом двух- ходовой компоновки теплового потока определяется текущее приближение температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора:

.

Определяем невязку определения температура внешней поверхности трубок пучка:

.

Далее идет анализ сходимости итерации.

**Анализ сходимости итерации**

Сравнивается невязка температура охлаждающей воды с ее максимальным значением, определенным для предполагаемой точности расчета параметров конденсатора. При удовлетворении условий  выполнение алгоритма следует к блоку «Определение невязки по массе сконденсированного пара ». В противном случае алгоритм перед возвращению к блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2» следует выполнения блока «Коррекция *t*ХВ».

**Блок «Коррекция *tХВ*»**

Нулевому приближению температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора значение среднеарифметическому значению двух последних приближений:

.

Далее управление передается блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2».

**Блок «Определение невязки по массе сконденсированного пара Δ*GКОН*»**

По текущему значению линейной плотности теплового потока определяется текущее приближение массы сконденсированного пара:

.

Определяем невязку определения массы сконденсированного пара:

.

Далее идет анализ сходимости итерации.

**Анализ сходимости итерации**

Сравнивается невязка температура охлаждающей воды с ее максимальным значением, определенным для предполагаемой точности расчета параметров конденсатора. При удовлетворении условий  выполнение алгоритма следует к блоку «Формирование и вывод результатов расчета». В противном случае алгоритм перед возвращению к блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2» следует выполнения блока «Коррекция *GКОН*».

**Блок «Коррекция *GКОН*»**

Нулевому приближению температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора значение среднеарифметическому значению двух последних приближений:

.

Далее управление передается блоку «Расчет теплопередачи с заданными параметрами и оценка невязки по определению температуры стенки Δ*t*СТ2».

**Блок «Формирование и вывод результатов расчета»**

**Приложения**

Приложение А.

Зависимости теплофизических параметров для воды в жидком состоянии от температуры











Приложение В

Алгоритмы расчета, в виде текста функций MATLAB R2021a.

В функциях используются значения параметров в СИ кроме **температуры (расчет ведется в ОС)** и **давления (расчет ведется в бар)**.

В соответствии с нумерацией областей, принятой в […], область недогретой воды нумеруется 1, область перегретого пара – 2, а область насыщения – 4. Далее следует алгоритмы определения параметров в областях в вышеописанном порядке. При этом параметры на линии кипящей воды определяются вслед за определением алгоритмов для в области 1, а параметры на линии сухого насыщенного пара после определения алгоритмов для определения в области 2.



I

Определение удельной энтальпии недогретой воды по значениям абсолютных давления и температуры:

function h1\_pT = h1\_pT(p, T)

I1 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 8, 8, 21, 23, 29, 30, 31, 32];

J1 = [-2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, -9, -7, -1, 0, 1, 3, -3, 0, 1, 3, 17, -4, 0, 6, -5, -2, 10, -8, -11, -6, -29, -31, -38, -39, -40, -41];

n1 = [0.14632971213167, -0.84548187169114, -3.756360367204, 3.3855169168385, -0.95791963387872, 0.15772038513228, -0.016616417199501, 8.1214629983568E-04, 2.8319080123804E-04, -6.0706301565874E-04, -0.018990068218419, -0.032529748770505, -0.021841717175414, -5.283835796993E-05, -4.7184321073267E-04, -3.0001780793026E-04, 4.7661393906987E-05, -4.4141845330846E-06, -7.2694996297594E-16, -3.1679644845054E-05, -2.8270797985312E-06, -8.5205128120103E-10, -2.2425281908E-06, -6.5171222895601E-07, -1.4341729937924E-13, -4.0516996860117E-07, -1.2734301741641E-09, -1.7424871230634E-10, -6.8762131295531E-19, 1.4478307828521E-20, 2.6335781662795E-23, -1.1947622640071E-23, 1.8228094581404E-24, -9.3537087292458E-26];

R = 0.461526;

Pi = p / 16.53;

tau = 1386 / T;

gamma\_der\_tau = 0;

for i = 1 : 34

gamma\_der\_tau = gamma\_der\_tau + (n1(i) \* (7.1 - Pi) ^ I1(i) \* J1(i) \* (tau - 1.222) ^ (J1(i) - 1));

end

h1\_pT = R \* T \* tau \* gamma\_der\_tau;

II

Определение удельной энттропии недогретой воды по значениям абсолютных давления и температуры:

function s1\_pT = s1\_pT(p, T)

I1 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 8, 8, 21, 23, 29, 30, 31, 32];

J1 = [-2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, -9, -7, -1, 0, 1, 3, -3, 0, 1, 3, 17, -4, 0, 6, -5, -2, 10, -8, -11, -6, -29, -31, -38, -39, -40, -41];

n1 = [0.14632971213167, -0.84548187169114, -3.756360367204, 3.3855169168385, -0.95791963387872, 0.15772038513228, -0.016616417199501, 8.1214629983568E-04, 2.8319080123804E-04, -6.0706301565874E-04, -0.018990068218419, -0.032529748770505, -0.021841717175414, -5.283835796993E-05, -4.7184321073267E-04, -3.0001780793026E-04, 4.7661393906987E-05, -4.4141845330846E-06, -7.2694996297594E-16, -3.1679644845054E-05, -2.8270797985312E-06, -8.5205128120103E-10, -2.2425281908E-06, -6.5171222895601E-07, -1.4341729937924E-13, -4.0516996860117E-07, -1.2734301741641E-09, -1.7424871230634E-10, -6.8762131295531E-19, 1.4478307828521E-20, 2.6335781662795E-23, -1.1947622640071E-23, 1.8228094581404E-24, -9.3537087292458E-26];

R = 0.461526;)

Pi = p / 16.53;

tau = 1386 / T;

gamma = 0;

gamma\_der\_tau = 0;

for i = 1 : 34

gamma\_der\_tau = gamma\_der\_tau + (n1(i) \* (7.1 - Pi) ^ I1(i) \* J1(i) \* (tau - 1.222) ^ (J1(i) - 1));

gamma = gamma + n1(i) \* (7.1 - Pi) ^ I1(i) \* (tau - 1.222) ^ J1(i);

end

s1\_pT = R \* tau \* gamma\_der\_tau - R \* gamma;

В алгоритме реализации функций (I, II) используется удельная газовая постоянная водяного пара (R = 0.461526, Дж/(кг K)), относительное давление (Pi = p / 16.53), обратная относительная температура (tau = 1386 / T), три одномерных массива (вектора) экспериментальных параметров аппроксимации (I1, J1, n1) из 34 элемента каждый, определенные для области перегретого пара.

III

Определение удельного объема недогретой жидкости:

function v1\_pT = v1\_pT(p, T)

I1 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 8, 8, 21, 23, 29, 30, 31, 32];

J1 = [-2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, -9, -7, -1, 0, 1, 3, -3, 0, 1, 3, 17, -4, 0, 6, -5, -2, 10, -8, -11, -6, -29, -31, -38, -39, -40, -41];

n1 = [0.14632971213167, -0.84548187169114, -3.756360367204, 3.3855169168385, -0.95791963387872, 0.15772038513228, -0.016616417199501, 8.1214629983568E-04, 2.8319080123804E-04, -6.0706301565874E-04, -0.018990068218419, -0.032529748770505, -0.021841717175414, -5.283835796993E-05, -4.7184321073267E-04, -3.0001780793026E-04, 4.7661393906987E-05, -4.4141845330846E-06, -7.2694996297594E-16, -3.1679644845054E-05, -2.8270797985312E-06, -8.5205128120103E-10, -2.2425281908E-06, -6.5171222895601E-07, -1.4341729937924E-13, -4.0516996860117E-07, -1.2734301741641E-09, -1.7424871230634E-10, -6.8762131295531E-19, 1.4478307828521E-20, 2.6335781662795E-23, -1.1947622640071E-23, 1.8228094581404E-24, -9.3537087292458E-26];

R = 0.461526;

Pi = p / 16.53;

tau = 1386 / T;

gamma\_der\_pi = 0;

for i = 1 : 34

gamma\_der\_pi = gamma\_der\_pi - n1(i) \* I1(i) \* (7.1 - Pi) ^ (I1(i) - 1) \* (tau - 1.222) ^ J1(i);

end

v1\_pT = R \* T / p \* Pi \* gamma\_der\_pi / 1000;

В алгоритме реализации функций (I, II, III) используется удельная газовая постоянная водяного пара (R = 0.461526, Дж/(кг K)), относительное давление (Pi = p / 16.53), обратная относительная температура (tau = 1386 / T), три одномерных массива (вектора) экспериментальных параметров аппроксимации (I1, J1, n1) из 34 элемента каждый, определенные для области перегретого пара.

Для выбранного алгоритма функции (I, II, III) используются для определения параметров кипящей воды.

IV

Определение температуры насыщения по давлению насыщения:

function T4\_p = T4\_p(p)

beta = p ^ 0.25;

E = beta ^ 2 - 17.073846940092 \* beta + 14.91510861353;

f = 1167.0521452767 \* beta ^ 2 + 12020.82470247 \* beta - 4823.2657361591;

G = -724213.16703206 \* beta ^ 2 - 3232555.0322333 \* beta + 405113.40542057;

D = 2 \* G / (-f - (f ^ 2 - 4 \* E \* G) ^ 0.5);

T4\_p = (650.17534844798 + D - ((650.17534844798 + D) ^ 2 - 4 \* (-0.23855557567849 + 650.17534844798 \* D)) ^ 0.5) / 2;

V

Определение удельной энтальпии кипящей воды:

function h4L\_p = h4L\_p(p)

if (p > 0.000611657 & p < 22.06395)==1

Ts = T4\_p(p); % используется функция Приложения В IV

if p < 16.529

h4L\_p = h1\_pT(p, Ts); % используется функция Приложения В I

else

Low\_Bound = 1670.858218;

High\_Bound = 2087.23500164864;

ps=-1000;

while abs(p - ps) > 0.00001

hs = (Low\_Bound + High\_Bound) / 2;

ps = p3sat\_h(hs); % используется функция Приложения В X

if ps > p

High\_Bound = hs;

else

Low\_Bound = hs;

end

end

h4L\_p = hs;

end

else

h4L\_p = -99999;

end

В алгоритме идет обращение к трем функциям, ранее описанным в Приложении В I , Приложении В IV и Приложении В X.

Далее идут описания функций для определения параметров области перегретого пара (область 2), которые используются в том числе для определения параметров сухого насыщенного пара. В алгоритме реализации функций (VI, VII, IIII) используется удельная газовая постоянная водяного пара (R = 0.461526, Дж/(кг K)), относительное давление (Pi = p / 16.53), обратная относительная температура (tau = 1386 / T), пять одномерных массива (вектора) экспериментальных параметров аппроксимации (n0, J0) по 9 для определения идеально- газовой составляющей параметра по 9 элемента в каждом и (Ir, Jr, nr) из 43 элементов каждый для поправки на реальные свойства газа, определенные для области перегретого пара.

VI

Определение удельной энтальпии перегретого пара:

function h2\_pT = h2\_pT(p, T)

J0 = [0, 1, -5, -4, -3, -2, -1, 2, 3];

n0 = [-9.6927686500217, 10.086655968018, -0.005608791128302, 0.071452738081455, -0.40710498223928, 1.4240819171444, -4.383951131945, -0.28408632460772, 0.021268463753307];

Ir = [1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 8, 9, 10, 10, 10, 16, 16, 18, 20, 20, 20, 21, 22, 23, 24, 24, 24];

Jr = [0, 1, 2, 3, 6, 1, 2, 4, 7, 36, 0, 1, 3, 6, 35, 1, 2, 3, 7, 3, 16, 35, 0, 11, 25, 8, 36, 13, 4, 10, 14, 29, 50, 57, 20, 35, 48, 21, 53, 39, 26, 40, 58];

nr = [-1.7731742473213E-03, -0.017834862292358, -0.045996013696365, -0.057581259083432, -0.05032527872793, -3.3032641670203E-05, -1.8948987516315E-04, -3.9392777243355E-03, -0.043797295650573, -2.6674547914087E-05, 2.0481737692309E-08, 4.3870667284435E-07, -3.227767723857E-05, -1.5033924542148E-03, -0.040668253562649, -7.8847309559367E-10, 1.2790717852285E-08, 4.8225372718507E-07, 2.2922076337661E-06, -1.6714766451061E-11, -2.1171472321355E-03, -23.895741934104, -5.905956432427E-18, -1.2621808899101E-06, -0.038946842435739, 1.1256211360459E-11, -8.2311340897998, 1.9809712802088E-08, 1.0406965210174E-19, -1.0234747095929E-13, -1.0018179379511E-09, -8.0882908646985E-11, 0.10693031879409, -0.33662250574171, 8.9185845355421E-25, 3.0629316876232E-13, -4.2002467698208E-06, -5.9056029685639E-26, 3.7826947613457E-06, -1.2768608934681E-15, 7.3087610595061E-29, 5.5414715350778E-17, -9.436970724121E-07];

R = 0.461526;

Pi = p;

tau = 540 / T;

g0\_tau = 0;

for i = 1 : 9

g0\_tau = g0\_tau + n0(i) \* J0(i) \* tau ^ (J0(i) - 1);

end

gr\_tau = 0;

for i = 1 : 43

gr\_tau = gr\_tau + nr(i) \* Pi ^ Ir(i) \* Jr(i) \* (tau - 0.5) ^ (Jr(i) - 1);

end

h2\_pT = R \* T \* tau \* (g0\_tau + gr\_tau);

VII

Определение удельной энтропии перегретого пара:

function s2\_pT = s2\_pT(p, T)

J0 = [0, 1, -5, -4, -3, -2, -1, 2, 3];

n0 = [-9.6927686500217, 10.086655968018, -0.005608791128302, 0.071452738081455, -0.40710498223928, 1.4240819171444, -4.383951131945, -0.28408632460772, 0.021268463753307];

Ir = [1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 8, 9, 10, 10, 10, 16, 16, 18, 20, 20, 20, 21, 22, 23, 24, 24, 24];

Jr = [0, 1, 2, 3, 6, 1, 2, 4, 7, 36, 0, 1, 3, 6, 35, 1, 2, 3, 7, 3, 16, 35, 0, 11, 25, 8, 36, 13, 4, 10, 14, 29, 50, 57, 20, 35, 48, 21, 53, 39, 26, 40, 58];

nr = [-1.7731742473213E-03, -0.017834862292358, -0.045996013696365, -0.057581259083432, -0.05032527872793, -3.3032641670203E-05, -1.8948987516315E-04, -3.9392777243355E-03, -0.043797295650573, -2.6674547914087E-05, 2.0481737692309E-08, 4.3870667284435E-07, -3.227767723857E-05, -1.5033924542148E-03, -0.040668253562649, -7.8847309559367E-10, 1.2790717852285E-08, 4.8225372718507E-07, 2.2922076337661E-06, -1.6714766451061E-11, -2.1171472321355E-03, -23.895741934104, -5.905956432427E-18, -1.2621808899101E-06, -0.038946842435739, 1.1256211360459E-11, -8.2311340897998, 1.9809712802088E-08, 1.0406965210174E-19, -1.0234747095929E-13, -1.0018179379511E-09, -8.0882908646985E-11, 0.10693031879409, -0.33662250574171, 8.9185845355421E-25, 3.0629316876232E-13, -4.2002467698208E-06, -5.9056029685639E-26, 3.7826947613457E-06, -1.2768608934681E-15, 7.3087610595061E-29, 5.5414715350778E-17, -9.436970724121E-07];

R = 0.461526;

Pi = p;

tau = 540 / T;

g0 = log(Pi);

g0\_tau = 0;

for i = 1 : 9

g0 = g0 + n0(i) \* tau ^ J0(i);

g0\_tau = g0\_tau + n0(i) \* J0(i) \* tau ^ (J0(i) - 1);

end

gr = 0;

gr\_tau = 0;

for i = 1 : 43

gr = gr + nr(i) \* Pi ^ Ir(i) \* (tau - 0.5) ^ Jr(i);

gr\_tau = gr\_tau + nr(i) \* Pi ^ Ir(i) \* Jr(i) \* (tau - 0.5) ^ (Jr(i) - 1);

end

s2\_pT = R \* (tau \* (g0\_tau + gr\_tau) - (g0 + gr));

VIII

Определение удельного объема перегретого пара:

function v2\_pT = v2\_pT(p, T)

J0 = [0, 1, -5, -4, -3, -2, -1, 2, 3];

n0 = [-9.6927686500217, 10.086655968018, -0.005608791128302, 0.071452738081455, -0.40710498223928, 1.4240819171444, -4.383951131945, -0.28408632460772, 0.021268463753307];

Ir = [1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 8, 9, 10, 10, 10, 16, 16, 18, 20, 20, 20, 21, 22, 23, 24, 24, 24];

Jr = [0, 1, 2, 3, 6, 1, 2, 4, 7, 36, 0, 1, 3, 6, 35, 1, 2, 3, 7, 3, 16, 35, 0, 11, 25, 8, 36, 13, 4, 10, 14, 29, 50, 57, 20, 35, 48, 21, 53, 39, 26, 40, 58];

nr = [-1.7731742473213E-03, -0.017834862292358, -0.045996013696365, -0.057581259083432, -0.05032527872793, -3.3032641670203E-05, -1.8948987516315E-04, -3.9392777243355E-03, -0.043797295650573, -2.6674547914087E-05, 2.0481737692309E-08, 4.3870667284435E-07, -3.227767723857E-05, -1.5033924542148E-03, -0.040668253562649, -7.8847309559367E-10, 1.2790717852285E-08, 4.8225372718507E-07, 2.2922076337661E-06, -1.6714766451061E-11, -2.1171472321355E-03, -23.895741934104, -5.905956432427E-18, -1.2621808899101E-06, -0.038946842435739, 1.1256211360459E-11, -8.2311340897998, 1.9809712802088E-08, 1.0406965210174E-19, -1.0234747095929E-13, -1.0018179379511E-09, -8.0882908646985E-11, 0.10693031879409, -0.33662250574171, 8.9185845355421E-25, 3.0629316876232E-13, -4.2002467698208E-06, -5.9056029685639E-26, 3.7826947613457E-06, -1.2768608934681E-15, 7.3087610595061E-29, 5.5414715350778E-17, -9.436970724121E-07];

R = 0.461526;

Pi = p;

tau = 540 / T;

g0\_pi = 1 / Pi;

gr\_pi = 0;

for i = 1 : 43

gr\_pi = gr\_pi + nr(i) \* Ir(i) \* Pi ^ (Ir(i) - 1) \* (tau - 0.5) ^ Jr(i);

end

v2\_pT = R \* T / p \* Pi \* (g0\_pi + gr\_pi) / 1000;

IX

Определение удельной энтальпии кипящей воды сухого насыщенного пара:

function h4V\_p = h4V\_p(p)

if (p > 0.000611657 & p < 22.06395)==1

Ts = T4\_p(p); % используется функция Приложения В IV

if p < 16.529

h4V\_p = h2\_pT(p, Ts); % используется функция Приложения В VI

else

Low\_Bound = 2087.23500164864;

High\_Bound = 2563.592004+5;

ps=-1000;

while abs(p - ps) > 0.000001

hs = (Low\_Bound + High\_Bound) / 2;

ps = p3sat\_h(hs); % используется функция Приложения В X

if ps < p

High\_Bound = hs;

else

Low\_Bound = hs;

end

end

h4V\_p = hs;

end

else

h4V\_p = -99999;

end

В алгоритме идет обращение к трем функциям, ранее описанным в Приложении В IV, Приложении В VI и Приложении В X.

X

Определение давления насыщения по удельной энтальпии насыщенного пара:

function p3sat\_h = p3sat\_h(h)

Ii = [0, 1, 1, 1, 1, 5, 7, 8, 14, 20, 22, 24, 28, 36];

Ji = [0, 1, 3, 4, 36, 3, 0, 24, 16, 16, 3, 18, 8, 24];

ni = [0.600073641753024, -9.36203654849857, 24.6590798594147, -107.014222858224, -91582131580576.8, -8623.32011700662, -23.5837344740032, 2.52304969384128E+17, -3.89718771997719E+18, -3.33775713645296E+22, 35649946963.6328, -1.48547544720641E+26, 3.30611514838798E+18, 8.13641294467829E+37];

hs = h / 2600;

ps = 0;

for i = 1:14

ps = ps + ni(i) \* (hs - 1.02) ^ Ii(i) \* (hs - 0.608) ^ Ji(i);

end

p3sat\_h = ps \* 22;

Приложение С.

Зависимости объемного расхода от перепада давления

Основной пучок (полностью открытый):

*y = -*5,75∙*x*2 *+* 9,5453∙*x +* 0,7541.

Основной и дополнительный пучки (полностью открытые):

*y = -*6,2532∙*x*2 *+* 11,014∙*x* + 0,9291.

Здесь – объемный расход, (, м3/с), *х* – перепад давления (Δ*p,* бар).

Поправка на среднюю температуру охлаждающей воды:

*y* = 7∙10-05∙*x*2 - 0,0107∙*x* + 1,2209,

где – *y* – поправка β3, (б/р), *x* - средняя температура охлаждающей воды, ˚С.