**Задание 1. Техническая термодинамика. Идеальный газ**

Газовая смесь, состоящая из М1кг азота и М2кг водорода с начальными параметрами: давление *p1* = 6 МПа и температура *t1* = 27оС, расширяется при постоянной температуре (процесс 1-2) до удельного объема *v2* = *ε1 v1.*

Затем газовая смесь расширяется по политропе (процесс 2-3) до удельного объема *v3 = ε2v2.*

**Данные:**

|  |  |
| --- | --- |
| М1 ,кг | 2 |
| М2 ,кг | 18 |
| ε1 = *v2/v1* | 1,5 |
| *n* | 1,35 |
| ε2 = *v3/v2* | 6 |

**Определить:**

Газовую постоянную смеси *Rсм*, удельный объем в начале изотермического процесса *v*1 , плотность газовой смеси при нормальных физических условиях *ρ* см ;

Основные параметры в точке 2 ( *v2,p2*) и в точке 3 (*v3,T3,p3*);

отдельно **в изотермическом и политропном процессах** найти:

 - изменение внутренней энергии *∆u*,

 - изменение энтальпии *∆h*,

 - изменение энтропии *∆S* ,

 - теплоту *q*  и работу *ℓ.*

**Изобразить:**

заданные процессы (изотермический и политропный) в *pv-*  и  *TS-* координатах.

 **Указание:**

молекулярная масса азота 

молекулярная масса водорода  .

**Методические указания по расчету задания 1.**

* 1. Расчет **массовых долей** (*m1* и *m2*) заданной газовой смеси:

   (1.1)

Здесь в числителе и знаменателе массы азота и водорода (в килограммах), выбранные из таблицы данных.

1.2 Расчет **газовых постоянных для азота и водорода**

    (1.2)

Здесь универсальная газовая постоянная ***μR***=8314 Дж/кг.К ; молекулярные массы азота и водорода взяты из указания к заданию 1.

1.3 Расчет **газовой постоянной заданной смеси** ***Rсм*** , Дж/кг.К

 *Rсм = m1R1+m2R2* (1.3)

В это уравнение подставляют значения массовых долей и газовых постоянных, найденные по уравнениям (1.1) и (1.2).

1.4 Расчет **удельного объема в точке 1** (***v*1**, м3/кг) – начало

изотермического процесса

  (1.4)

В это уравнение подставить значение газовой постоянной, найденное по уравнению (1.3); температуру ( в градусах Кельвина) и давление ( в Паскалях) в точке 1 взять из условия задания 1.

1.5 Расчет **плотности заданной газовой смеси (*ρ***, кг/м3) при нормальных физических условиях (*pн* = 101300 Па и *Tн* =273, К):

 

**(1-2) – *изотермический процесс***

1.6 Расчет **удельного объема** в **точке 2** (конец изотермического процесса, эта же точка – начало следующего - политропного процесса)

 *v*2 = *v*1ε1 (1.5)

Здесь *v*1 рассчитано по уравнению (1.4), ε1 – выбрать из таблицы данных.

1.7 Расчет **давления в точке 2** проводится с использованием уравнения изотермы: ***pv* = const**:

 *p*2 = *p*1 *v2/v*1*=p*1ε1 (1.6)

Здесь *p*1 – давление в точке 1 взять из условия задания 1.

* 1. Расчет **изменения энтропии** **∆*S***, кДж/(кг.К) в процессе (1-2) проводят по формуле:

 

или ***∆S* = *Rсм ln ε*1** (1.7)

где ***R*см** - рассчитано по уравнению (1.3), ***ε1*** – выбрать из таблицы данных.

**Изменение внутренней энергии (∆*u*) и изменение энтальпии (∆*h*) в *изотермическом процессе* (1-2) равны нулю.**

* 1. В изотермическом процессе (1-2) работа (*l*, Дж/кг) равна теплоте *q*. Расчет **работы и теплоты** в процессе (1-2) проводят по формуле:

  (1.8)

Здесь *T* =*T*1,K взять из условия задания 1 (температура в градусах Кельвина).

**(2-3) – *политропный процесс***

1.10 Расчет **удельного объема** в **точке 3** (конец политропного процесса):

 *v*3 = *v*2ε2 (1.9)

 Здесь *v*2 - рассчитана по уравнению (1.5), ε2 следует взять из таблицы данных.

1.11 Расчет **давления в точке 3** (*p*3, Па). Используем уравнение политропного процесса ***pvn* = const**:

  (1.10)

Показатель политропы ***n*** следует взять из таблицы данных.

1.12 Расчет **температуры в точке 3** (*T*3,K) проведем с использованием уравнения Менделеева-Клапейрона:

  (1.11)

Здесь ***p*3** - рассчитано по уравнению (1.10), ***v*3** - по уравнению (1.9) и ***R*см** - по уравнению (1.3).

1.13 Расчет **изменения внутренней энергии** ( **∆*u***, кДж/кг)в политропном процессе (2-3):

 ∆*u = cv* (*T3* – *T2*) (1.12)

Массовую теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси *c*v ,кДж/(кг.К)можно найти, используя соотношение:



Здесь *μcv* – следует взять из приложения таблицы П.1 по атомности газовой смеси(в конце документа); *μ* см – следует рассчитать из отношения:

  (1.13)

Здесь в числителе - универсальная газовая постоянная *μR* =8314 Дж/кг.К, в знаменателе – газовая постоянная смеси, вычисленная по уравнению (1.3).

1.14 Расчет **изменения энтальпии ∆*h***,кДж/кг в процессе (2-3):

 ∆*h* = *cp*(*T3* – *T2*)

Здесь *T3 ,*К – найдено по уравнению (1.11);  *T2=T1=* 27 + 273 = 300, K ; массовая теплоемкость при постоянном давлении *cp,*кДж/(кг.К) вычисляется по соотношению:  ,

здесь числитель взят из приложения таблицы П.1 по атомности газовой смеси (в конце документа); знаменатель рассчитан по уравнению (1.13).

* 1. Расчет **изменения энтропии** в процессе (2-3):

 

Здесь **показатель адиабаты *k* =1,4** (для двухатомной смеси), показатель политропы ***n*** - взять из таблицы данных; остальные величины рассчитаны выше.

* 1. Расчет **теплоты** в политропном процессе (2-3):

 

* 1. Расчет **работы** в политропном процессе (2-3):

 

* 1. Завершается задание построением графиков:

в ***pv*** - координатах график строится по значениям **давления и удельного объема** в точках 1,2 и 3;

 в ***TS*** –координатах график строится по значениям **температуры** вточках 1,2 и 3 и **знаку** (плюс или минус) **изменения энтропии** в процессах (1-2) и (2-3).

Знак указывает **направление** процесса:

 **плюс** – увеличение энтропии, *например*  **∆*S***1-2 >0, тогда точка 2 должна быть справа относительно точки 1.

**минус** – уменьшение энтропии, *например* **∆*S***2-3<0, тогда точка 3 должна быть слева относительно точки 2.

**Задание 2. Техническая термодинамика. Водяной пар**

Водяной пар с начальными параметрами: давление в начале процесса *p1* = 3 МПа и степень сухости пара *х1* = 0,9 нагревается при постоянном давлении (процесс 1–2) до температуры *t2* . Затем пар дросселирует (процесс 2–3) до давления *p3* . После этого следует адиабатное расширение (процесс 3–4), в результате которого давление снижается до *p4* = 0,01 МПа.

**Данные:**

|  |  |
| --- | --- |
| *t2 ,o*C | 300 |
| *p3 ,* МПа | 1,2 |

**Определить:**

Состояние пара и параметры (давление *p*, удельный объем *v*, температуру *t*, энтропию *S* и энтальпию *h*) в точках 1, 2, 3 и 4.

**Изобразить:**

Заданные процессы (изобарный, дросселирование и адиабатный) в *pv-, TS-, hS* - координатах.

**Указание:**

При решении задания использовать приложения П2 [10] (в конце документа).

**Методические указания по расчету задания 2**

2.1 Решение по **точке 1** (начало изобарного процесса)

2.1.1 Определение **состояния пара** в точке 1.

Водяной пар может иметь следующие состояния:

 - **влажный насыщенный пар**, если степень сухости пара ***х*** больше нуля, но меньше единицы: 0< ***x*** <1

- **сухой насыщенный пар**, если степень сухости пара равна единице ***х***=1

- **перегретый пар**, где степень сухости отсутствует.

Из названных трех состояний пара следует выбрать то, которое соответствует данным в точке 1.

2.1.2 Определение **параметров пара** в точке 1:

- **температура** пара определяется по заданному давлению *p*1, МПа из приложения таблицы П.2( в конце документа). Это - температура насыщении *t*ноС (температура насыщения или температура кипения зависит от давления);

- **удельный объем** влажного насыщенного пара в точке 1

рассчитывается по формуле:

 ***v1=v1’+* *x1*(*v1”-v1’*)** (2.1)

где ***v1’*** - удельный объем кипящей воды (х=0) и ***v1”*** -удельный объем сухого насыщенного пара (х=1) находят из приложения таблицы П.2 ( в конце документа) по давлению ***p1*** в первой точке; это давление и степень сухости пара ***х*1**даны в условиизадания 1;

- **энтропия** в точке 1 рассчитывается по аналогичному уравнению:

 ***S1=S1’ + x1 (S1”-S1’*)** (2.2)

Здесь энтропию кипящей воды *S1’* и энтропию *S1”* сухого насыщенного пара находят из приложения таблицы П.2 по давлению *p1*, а степень сухости ***х*1**дана в условии задания 1;

**- энтальпия** в точке 1 рассчитывается аналогично:

 ***h1=h1’ +x1 (h1”- h1’)*** (2.3)

Здесь энтальпию кипящей воды *h1’* и энтальпию сухого насыщенного пара *h1”* находят из приложения П.2 по давлению *p1*, а ***х*1**дана в условии задания 1.

**(1-2) – *изобарный процесс***

2.2 Решение по **точке 2** (конец изобарного процесса, эта же точка является началом следующего процесса - дросселирования)

2.2.1 Определение **состояния пара** в точке 2

Состояние пара в этой точке определяется сравнением температуры *t2*, заданной в таблице данных с температурой насыщения *tн*, которая определена в точке 1.

Если заданная температура *t2* выше температуры насыщения *tн*, то состояние пара в точке 2 соответствует перегретому пару.

* + 1. Определение **параметров пара** в точке 2

**Удельный объем, энтропию и энтальпию** выписываем из приложения таблицы П.2 по давлению *p2=p1* и заданной температуре *t2.*  Параметры (удельный объем, энтропия и энтальпия) выписывают в той строке, где стоит температура.

**(2-3) – *дросселирование***

2.3 Решение по **точке 3** (конец процесса дросселирования, эта же точка является началом следующего - адиабатного процесса).

2.3.1 Определение **состояния пара** в точке 3

Дросселирование является необратимым процессом, то есть имеет одно направление – в сторону перегретого пара. Поскольку в точке 2 пар был перегретым, то и в точке 3 состояние пара остается перегретым.

* + 1. Определение **параметров пара** в точке 3

В процессе дросселирования не изменяется энтальпия***h3=h2*** .

**Температуру, удельный объем и энтропию** выписываем из приложения таблицы П.2 по давлению *p3*, заданному в таблице данных и энтальпии *h3=h2*. *Параметры* (температура, удельный объем и энтропия) выписываются в *строке*, где стоит цифра энтальпии.

**(3-4) – *адиабатный процесс***

2.4 Решение по **точке 4** (конец адиабатного процесса)

2.4.1 Определение **состояния пара** в точке 4

В адиабатном процессе не изменяется энтропия ***S4=S3***.

По давлению *p4=*0,01 МПа (дано в условии задания 2) находят в приложении П.2 энтропию сухого насыщенного пара ***S4”****=*8,15 кДж/(кг.К).

При сравнении энтропии в точке 4( ***S4*** ) и энтропии сухого насыщенного пара ***S4”****=*8,15 кДж/кг.К могут быть **три варианта**:

1. энтропия в точке 4 **меньше** энтропии сухого насыщенного пара

( ***S4< S4”***), тогда пар является **влажный насыщенный;**

1. энтропия в точке 4 **равна** энтропии сухого насыщенного пара,

 ( ***S4 = S4”***), тогда пар является **сухим насыщенным**;

1. энтропия в точке 4 **больше** энтропии сухого насыщенного пара,

 ( ***S4 >S4”***), тогда пар является **перегретым**.

 2.4.2 Определение **параметров пара** в точке 4

1) Определение параметров влажного насыщенного пара –

 для **первого варианта**, где ***S4< S4”***

Находим **степень сухости пара** в точке 4 ( ***х*4**), используя уравнение (2.2), записав данные по точке 4:

***S4 = S4’ + x4* (*S4” - S4’* )**,

откуда

 

Здесь энтропию закипевшей воды ***S4’*** , также как и энтропию сухого насыщенного пара ***S4”*** находят в приложении П.2 по давлению***p4*** =0,01 МПа.

**Температура** в точке 4 – температура насыщения ( *t4=tн* ), соответствующая давлению *p4*.

**Удельный объем** в точке 4 рассчитывают, используя уравнение (2.1), записав данные по точке 4:

 ***v4 = v4’ + x4* (*v4” – v4’*)**

**Энтальпия** в точке 4 рассчитывается с использованием уравнения (2.3), записав данные по точке 4:

 ***h4 = h4’ + x4* (*h4” – h4’*)**

В последних двух уравнениях - удельный объем  ***v4’*** и энтальпии ***h4’*** закипевшей воды, где *х*=0,а также удельный объем ***v4”***и энтальпия ***h4”*** сухого насыщенного пара, где *х*=1 следует найти в приложении таблицы П.2 по давлению ***p4***.

2) Определение параметров сухого насыщенного пара –

для **второго варианта**, где ***S4 = S4”***.

**Температуру** (***tн*** -температура насыщения), **удельный объем** (***v*4”**) **и энтальпию** ( ***h*4”**)находят в приложении таблицы П.2 по давлению ***p4***.

3) Определение параметров перегретого пара – для **третьего варианта**, где ***S4 > S4”***.

**Температуру *t4***, **удельный объем *v4* и энтальпию *h4*** находят в приложении таблицы П.2 по давлению ***p4*** и энтропии ***S4*** . Эти данные выписывают в *строке*, где стоит значение энтропии в точке 4 ***S4***.

* 1. Изображение заданных процессов в *pv-*, *TS-*, *hS-* координатах.

Во всех **четырех** точках определены: давление, удельный объем, температура, энтропия и энтальпия.

Следует отметить положение этих точек на трех графиках, при этом можно не соблюдать масштаб, а только направление.

Затем нужно провести на каждом графике *линию конца парообразования, где степень сухости х* = 1*.*

Точки, в которых пар – ***влажный насыщенный*** должны быть **слева** или **под** **линией** конца парообразования, где *х* = 1;

точки, в которых пар ***сухой насыщенный*** должны находиться **на этой** **линии** конца парообразования;

точки, в которых пар ***перегретый***, должны быть **справа или выше линии** конца парообразования.

Между точками 1и 2 проводят **линию изобарного процесса**.

Между точками 2 и 3 проводят **пунктирную линию дросселирования**.

Между точками 3 и 4 проводят **линию адиабатного процесса.**

**Задание 3. Теплообмен. Теплообменные аппараты**

Требуется охладить напиток от температуры *t*1’ = 95оС до температуры *t*1”= 30оС. Массовый расход напитка *М*1 = 0,05 кг/с.

Для охлаждения имеется холодная вода с температурой *t*2’; массовый расход воды *М*2. Коэффициент теплопередачи *k* .

**Данные:**

|  |  |
| --- | --- |
| *М*2, кг/с | 0,3 |
| *t*2’ ,oC | 9 |
| *k,* Вт/(м2K) | 550 |

**Определить:**

Площадь поверхности двух теплообменников – прямоточного и противоточного.

На графиках **изобразить** схемы движения жидкостей в прямоточном и противоточном теплообменниках.

**Указание:** массовую теплоемкость напитка принять равной массовой теплоемкости воды *с* = 4,19 кДж/(кг.К)

**Методические указания по расчету задания 3**

* 1. Расчет мощности теплового потока ***Q*, кВт**

Записываем **уравнение теплового баланса**:

***Q = M1c1*(*t1’ – t1”*) = *M2c2*(*t2” – t2’*)**

Здесь

*M1* - массовый расход горячей жидкости (напитка), кг/с

*M2* - массовый расход холодной жидкости (воды), кг/с

*c1=c2* - массовая теплоемкость жидкостей, кДж/(кг.К)

*t1’* - температура горячей жидкости на входе в теплообменник,оС

*t1”* - температура горячей жидкости на выходе из теплообменника,оС

*t2’* - температура холодной жидкости на входе в теплообменник,оС

*t2”* - температура холодной жидкости на выходе из теплообменника,оС

Рассчитываем мощность теплового потока по первой части уравнения теплового баланса:

  ***Q = M1c1* (*t1’ – t1”*)** (3.1) Здесь все величины ( массовый расход напитка (***М1***), теплоемкость напитка (***с1 = с***), температуры напитка (горячая жидкость) на входе (***t1’*** ) и выходе (***t1”*** ) из теплообменника) даны в условии задания 3.

* 1. Находим температуру холодной жидкости (воды) на выходе из теплообменного аппарата, используя вторую часть уравнения теплового баланса:

   (3.2)

Здесь массовый расход воды (***М2***) и температуру воды на входе в теплообменник (***t2’*** ) нужно выбрать из таблицы данных. Мощность теплового потока (***Q***) рассчитана по уравнению (3.1), массовая теплоемкость (***c2 = c***) дана в указании задания 3.

* 1. Расчет для ***прямоточного теплообменника***

Изобразим схему движения жидкостей в прямоточном теплообменнике:



Рис.3.1 Схема движения жидкостей прямоточного теплообменника

На схеме замените буквы с температурой **на цифры**.

Находим большую разность температур на левом конце теплообменника:

 **∆*tб = t1’ – t2’***  (3.3)

Меньшую разность находим на правом конце

 ***∆tм = t1” – t2”*** (3.4)

Вычисляем средний температурный напор по логарифмической формуле в градусах Цельсия:

  (3.5)

Записываем **уравнение теплопередачи**:

 ***Q = k F ∆t*** (3.6)

Здесь мощность теплового потока ***Q*** вычислена по уравнению (3.1) в киловаттах, которые следует перевести в Ватты; средний температурный напор ***∆t*** вычислен по уравнению (3.5); коэффициент теплопередачи ***k*** следует выбрать из таблицы данных.

Используя уравнение (3.6), рассчитываем площадь прямоточного теплообменника ***F***, м2:

 ***F = Q/ k∆t***  (3.7)

3.4 Расчет для ***противоточного теплообменника***

Изобразим схему движения жидкостей в противоточном теплообменнике



Рис.3.2 Схема движения жидкостей противоточного теплообменника

На схеме замените буквы с температурой **на цифры**.

Находим большую разность температур на левом конце теплообменника:

 **∆*tб = t1’ – t2”***  (3.8)

Меньшую разность находим на правом конце

 ***∆tм = t1’ – t2’*** (3.9)

Вычисляем средний температурный напор по формуле (3.5) в градусах Цельсия:

  (3.10) Используем уравнение теплопередачи (3.6):

 ***Q = k F ∆t***

Здесь мощность теплового потока вычислена по уравнению (3.1), коэффициент теплопередачи выбран из таблицы данных, средний температурный напор вычислен по уравнению (3.10).

Рассчитываем площадь противоточного теплообменника  ***F*** ,м2 по уравнению (3.7).

Площади этих двух теплообменников имеют разные значения.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

 *Таблица П.1*

**Мольные теплоемкости газов
по данным молекулярно-кинетической теории**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Газы** | ***µСv*,** | ***µСр*,**  |
| ОдноатомныеДвухатомныеТрех- и многоатомные | 12,620,929,2 | 20,929,237,5 |

 *Таблица П.2*

**Термодинамические свойства водяного пара по давлению**

|  |  |
| --- | --- |
| **0,01** *МПа**tн*= 46оС | **3,0** *МПа**tн*= 233оС |
| *v*'=0,001 | *h'=*192 | *s'=*0,65 | *v'=*0,001 | *h'=*1008 | *s'=*2,65 |
| *v*''=14,68 | *h*''=2584 | *s*''=8,15 | *v*''=0,066 | *h*''=2802 | *s*''=6,18 |
| *t* | *v* | *h* | *s* | *t* | *v* | *h* | *s* |
| 50 | 14,87 | 2592 | 8,18 | 300 | 0,081 | 2994 | 6,54 |
| 60 | 15,34 | 2611 | 8,23 | 350 | 0,091 | 3116 | 6,74 |
| 70 | 15,80 | 2630 | 8,29 | 400 | 0,099 | 3232 | 6,92 |
| 80 | 16,27 | 2649 | 8,34 | 450 | 0,108 | 3344 | 7,08 |
| 90 | 16,73 | 2668 | 8,40 | 500 | 0,116 | 3456 | 7,24 |
| 100 | 17,20 | 2687 | 8,45 | 550 | 0,124 | 3569 | 7,38 |
| 110 | 17,66 | 2706 | 8,50 | 600 | 0,132 | 3682 | 7,51 |
| 120 | 18,12 | 2725 | 8,55 | 650 | 0,140 | 3795 | 7,64 |
| 130 | 18,59 | 2745 | 8,60 | 700 | 0,148 | 3910 | 7,76 |
| 140 | 19,05 | 2764 | 8,64 | 750 | 0,156 | 4027 | 7,87 |

  *Продолжение таблицы П. 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | 0,5 *МПа* *tн* = 152оС | 0,6 *МПа**tн =*159оС | 0,7 *МПа**tн* =165оС | 0,8 *МПа**tн =* 170оС |
| *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* |
| 270 | 0,49 | 3002 | 7,35 | 0,41 | 2999 | 7,26 | 0,35 | 2996 | 7,19 | 0,31 | 2993 | 7,12 |
| 330 | 0,55 | 3126 | 7,57 | 0,46 | 3124 | 7,48 | 0,39 | 3122 | 7,41 | 0,34 | 3120 | 7,34 |
| 380 | 0,60 | 3230 | 7,73 | 0,50 | 3228 | 7,65 | 0,43 | 3227 | 7,57 | 0,37 | 3225 | 7,51 |
| 435 | 0,65 | 3341 | 7,91 | 0,55 | 3339 | 7,82 | 0,46 | 3343 | 7,74 | 0,41 | 3341 | 7,68 |
| 490 | 0,70 | 3462 | 8,06 | 0,58 | 3461 | 7,98 | 0,50 | 3460 | 7,90 | 0.44 | 3460 | 7,84 |
| 540 | 0,75 | 3570 | 8,20 | 0,62 | 3569 | 8,11 | 0,53 | 3568 | 8,04 | 0,47 | 3567 | 7,98 |
| 590 | 0,79 | 3679 | 8,33 | 0,66 | 3678 | 8,24 | 0,57 | 3678 | 8,17 | 0,50 | 3677 | 8,11 |
| 640 | 0,84 | 3790 | 8,45 | 0,70 | 3790 | 8,37 | 0,60 | 3789 | 8,30 | 0.53 | 3788 | 8,23 |
| 690 | 0,89 | 3902 | 8,57 | 0,74 | 3902 | 8,49 | 0,63 | 3902 | 8,42 | 0,55 | 3901 | 8,35 |
| 740 | 0,93 | 4017 | 8,69 | 0,78 | 4016 | 8,60 | 0,67 | 4016 | 8,53 | 0,58 | 4015 | 8,47 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *t*, ºС | 0,9 *МПа**tн* = 175оС | 1,0 *МПа**tн* = 180оС | 1,2 *МПа**tн* = 188оС |
|  | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* |
| 270 | 0,27 | 2990 | 7,06 | 0,24 | 2987 | 7,01 | 0,20 | 2985 | 6,92 |
| 290 | 0,28 | 3033 | 7,14 | 0,25 | 3030 | 7,09 | 0,21 | 3024 | 6,99 |
| 330 | 0,30 | 3117 | 7,28 | 0,27 | 3115 | 7,23 | 0,23 | 3111 | 7,14 |
| 385 | 0,33 | 3234 | 7,47 | 0,30 | 3232 | 7,42 | 0,25 | 3229 | 7,33 |
| 435 | 0,36 | 3340 | 7,62 | 0,32 | 3339 | 7,57 | 0,27 | 3336 | 7,49 |
| 490 | 0,39 | 3458 | 7,78 | 0,35 | 3457 | 7,73 | 0,29 | 3454 | 7,65 |
| 540 | 0,41 | 3566 | 7,92 | 0,37 | 3565 | 7,87 | 0,31 | 3563 | 7,79 |
| 590 | 0,44 | 3676 | 8,05 | 0,40 | 3675 | 8,00 | 0,33 | 3674 | 7,92 |
| 640 | 0,47 | 3787 | 8,18 | 0,42 | 3787 | 8,13 | 0,35 | 3785 | 8,04 |
| 690 | 0,49 | 3900 | 8,30 | 0,44 | 3900 | 8,25 | 0,37 | 3898 | 8,16 |
| 745 | 0,52 | 4026 | 8,43 | 0,47 | 4026 | 8,37 | 0,39 | 4025 | 8,30 |

 *Окончание таблицы П.2*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *t*, ºС | 1,4 *МПа**tн* = 195оС | 1,6 *МПа**tн* = 201оС | 1,8 *МПа**tн* = 207оС |
|  | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* | *v* | *h* | *s* |
| 280 | 0,17 | 2996 | 6,88 | 0,15 | 2990 | 6,81 | 0,14 | 2990 | 6,80 |
| 300 | 0,18 | 3041 | 6,95 | 0,16 | 3035 | 6,89 | 0,14 | 3030 | 6,82 |
| 335 | 0,19 | 3117 | 7,08 | 0,17 | 3114 | 7,01 | 0,15 | 3110 | 6,95 |
| 390 | 0,21 | 3236 | 7,27 | 0,19 | 3233 | 7,21 | 0,17 | 3230 | 7,15 |
| 440 | 0,23 | 3344 | 7,43 | 0,20 | 3341 | 7,36 | 0,18 | 3339 | 7,31 |
| 490 | 0,25 | 3452 | 7,57 | 0,22 | 3450 | 7,51 | 0,19 | 3450 | 7,47 |
| 545 | 0,27 | 3572 | 7,72 | 0,23 | 3570 | 7,66 | 0,21 | 3569 | 7,61 |
| 595 | 0,28 | 3683 | 7,85 | 0,25 | 3681 | 7,80 | 0,22 | 3680 | 7,74 |
| 645 | 0,30 | 3795 | 7,98 | 0,26 | 3793 | 7,92 | 0,23 | 3793 | 7,86 |
| 695 | 0,32 | 3909 | 8,10 | 0,28 | 3908 | 8,04 | 0,24 | 3907 | 7,98 |
| 745 | 0,33 | 4024 | 8,22 | 0,29 | 4024 | 8,15 | 0,26 | 4024 | 8,10 |