

Содержание:

Введение.....	3
1. Исходные данные для расчета.....	4
2. Методика расчета.....	4
2.1 Определение параметров рабочего агента. Построение t-s диаграммы.....	4
2.2 Определение потерь эксергии парожидкостной компрессионной холодильной установки с переохладителем.....	8
2.3 Эксергетический баланс установки.....	11
3. Заключение.....	13

Введение:

Данная работа направлена на исследование в области Теплоэнергетики, расчета и проектирование выпарной установки. Теплоэнергетика — отрасль теплотехники, занимающаяся преобразованием теплоты в другие виды энергии, главным образом в механическую и через неё в электрическую. Первооснову современной энергетики составляют тепловые электростанции (ТЭС), применяющие для этого химическую энергию органического сырья. Для приобретения повышенной концентрации вещества, располагающегося в растворе, применяют вакуумно-выпарные аппараты. Вакуумно-выпарные аппараты входят в состав многих технологических линий разных отраслей промышленности. Выпаривание – процесс концентрирования растворов нелетучих веществ путем устранения жидкого летучего растворителя в облике паров. Сущность выпаривания заключается в переводе растворителя в парообразное положение и отводе приобретённого пара от оставшегося сконцентрированного раствора. Выпаривание часто проводится при кипении, т.е. в обстоятельствах, когда давление пара над раствором равно давлению в рабочем объеме аппарата.

Данная тема актуальна, потому что паровые установки характеризуются высокой энергетической результативностью, повышенной компактностью, отличными эксплуатационными показателями, возможностью практической разработки огромных мощностей в одной установке.

Цель работы: расчет и проектирование выпарной установки с представлением данных.

В ходе выполнения проекта необходима решить следующие задачи:

- рассмотреть правила для расчета данных
- изучить основные требования расчетов
- выбрать исходные данные для расчета
- Определение параметров рабочего агента. Построение диаграммы
- Определение потерь эксергии парожидкостной компрессионной холодильной установки с переохладителем
- произвести эксергетический баланс установки
- выполнить расчет правильно

1. ЗАДАНИЕ:

Согласно приложению 1 выбрать исходные данные для расчета:

Холодопроизводительность (Q_0), кВт = -200

Температура хладоносителя на входе в испаритель (t_{H1}), °C = -10

Температура хладоносителя на выходе из испарителя (t_{H2}), °C = -19

Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор (t_{B2}), °C = 19

Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора (t_{B1}), °C = 24

Конечная минимальная разность температур в конденсаторе (Δt_k), °C = 5

Конечная минимальная разность температур в испарителе (Δt_u), °C = 3

Количество артезианской воды (G_B), кг/с = 0,15

Температура артезианской воды (t_{no2}), °C = 5,6

Минимальная разность температур в охладителе (Δt_{no}), °C = 3,6

Энтальпия рабочего агента на выходе из компрессора при внутреннем адиабатном КПД (η_i), % = 0,8

По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

2.1 Определение параметров рабочего агента. Построение t-s диаграммы

1. Расчетная температура испарения аммиака, °C

$$t_0 = t_{H2} - \Delta t_{II} = -19 - 3 = -22 \text{ °C}$$

2. Расчетная температура конденсации, °C

$$t_K = t_{B1} + \Delta t_K = 24 + 5 = 29 \text{ °C}$$

Согласно рисунку 3.1 необходимо определить параметры в характерных точках 1, 2, 3:

точка 1: $t_1 = t_0 = -22 \text{ °C}$; $p_1 = 0,18 \text{ МПа}$; $v_1 = 0,2 \text{ м}^3/\text{кг}$; $h_1 = 1607 \text{ кДж/кг}$;

точка 2: $t_2' = 20 \text{ °C}$; $p_2 = 1 \text{ МПа}$; $h_2' = 1898 \text{ кДж/кг}$;

точка 3: $t_3 = -29 \text{ °C}$; $p_3 = 1 \text{ МПа}$; $h_3 = 553 \text{ кДж/кг}$.

3. Теплота парообразования аммиака при t_0 (°C), кДж/кг

$$r = h_1 - h_3' = 1607 - 555 = 1052$$

4. Предварительное определение расхода хладагента, кг/с

$$G = \frac{Q_0}{(\phi \cdot r)} = \frac{200}{((0,8/0,9) \cdot 1052)} = 0,214$$

где $\phi = 0,8 \div 0,9$ - коэффициент фазности хладагента, учитывающий долю жидкого хладагента после дросселирования.

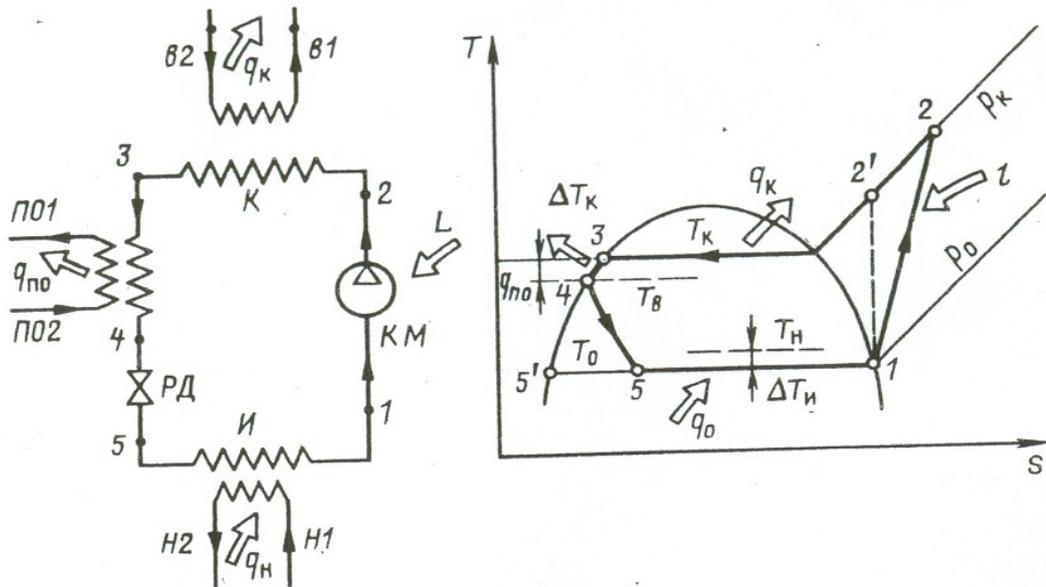
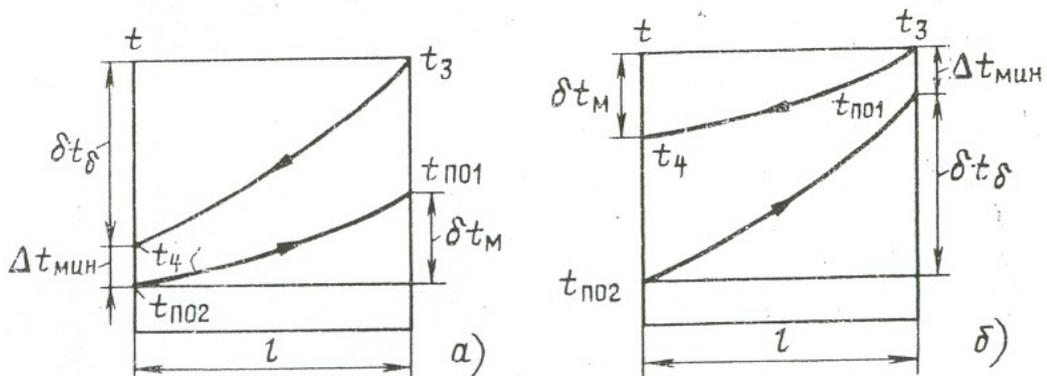


Рисунок 3.1 – Схема парожидкостной компрессионной холодильной установки с переохладителем и процесс в T-S диаграмме.

5. Определить характер теплообмена в охладителе.

При $W_B = G_B \cdot c_P^B > G \cdot c_P^{NH_3} = W_{NH_3}$ характер теплообмена соответствует графику изменения температур, представленному на рисунке 3.1а, а при $W_B = G_B \cdot c_P^B < G \cdot c_P^{NH_3}$ графику на рисунке 3.1б.



6. Тепловой эквивалент по воде, кДж/(с · К)

$$W_B = G_B \cdot c_P^B = 0,15 \cdot 4,19 = 0,63$$

7. Тепловой эквивалент по хладагенту, кДж/(с · К)

$$W_{NH_3} = G \cdot c_p^{NH_3} = 0,214 \cdot 4,82 = 1,03$$

где $c_p^{NH_3} = \frac{\Delta h}{\Delta t_{20-10}} = 4,82 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

После определения характера теплообмена соответствующему рисунку 3.1а или 3.1б, необходимо определить значение температуры в точке 4, °С

$$t_4 = t_{PO2} - \Delta t_{PO} = 5,6 + 3,6 = 9,4$$

Параметры в остальных характерных точках схемы:

точка 4: $t_4 = 9,4 \text{ °С}$; $p_4 = 0,6 \text{ МПа}$; $h_4 = 458 \text{ кДж}/\text{кг}$;

точка 5: $t_5 = t_0 = -22 \text{ °С}$; $p_5 = 0,18 \text{ МПа}$; $h_5 = 317 \text{ кДж}/\text{кг}$.

8. Удельная нагрузка испарителя, кДж/кг

$$q_0 = h_1 - h_5 = 1607 - 317 = 1290$$

9. Массовый расход хладагента, кг/с

$$G = \frac{Q_0}{q_0} = 200/1290 = 0,155$$

10. Энтальпия рабочего агента на выходе из компрессора при внутреннем адиабатном КПД η_i , кДж/кг

$$h_2 = h_1 - \frac{l_a}{\eta_i} = h_1 + \frac{(h_2' - h_1)}{\eta_i} = 1607 + \frac{1898 - 1607}{0,8} = 1970,75$$

11. Удельная внутренняя работа компрессора, кДж/кг

$$l_B = h_2 - h_1 = 1970,75 - 1607 = 363,75$$

12. Удельная тепловая нагрузка конденсатора, кДж/кг

$$q_K = h_2 - h_3 = 1970,75 - 553 = 1417,75$$

13. Удельная тепловая нагрузка охладителя, кДж/кг

$$q_{PO} = h_3 - h_4 = 553 - 461 = 92$$

14. Полная нагрузка охладителя, кДж/с

$$Q_{ПО} = q_{ПО} \cdot G = 92 \cdot 0,214 = 19,7$$

15. Проверка решения по 1 закону термодинамики, кДж/кг

$$q = l_B + q_0 = q_K + q_{ПО} = 1653,75$$

16. Объемная производительность компрессора, м³/с

$$V_0 = G \cdot v_1 = 0,155 \cdot 0,2 = 0,031$$

17. Тепловая нагрузка конденсатора, кДж/с

$$Q_K = G \cdot q_K = 0,155 \cdot 1417 = 219,6$$

18. Удельная работа, затраченная на компрессор с учетом электро-механического КПД ($\eta_{ЭМ} = 0,9$), кДж/кг

$$l_{KM} = \frac{l_B}{\eta_{ЭМ}} = \frac{363,75}{0,9} = 404,2$$

19. Электрическая мощность компрессора, кВт

$$N_{Э} = l_{KM} \cdot G = 404,2 \cdot 0,155 = 62,65$$

20. Холодильный коэффициент $\epsilon = \frac{q_0}{l_{KM}} = \frac{1290}{404,2} = 3,2$

21. Средняя температура рассола, °К

$$T_{H.CP} = \frac{t_{H1} + t_{H2}}{2} + 273 = \frac{-10 + (-19)}{2} + 273 = 258,5$$

22. При температуре окружающей среды, равной температуре воды на входе в конденсатор, коэффициент работоспособности по $T_{H.CP}$:

$$(\tau_q)_H = 1 - \left(\frac{T_{B2}}{T_{H.CP}} \right) = \frac{292}{258,5} - 1 = -0,13 = 0,13$$

* Здесь и далее знак «минус» при τ_q не учитывается.

23. Коэффициент полезного действия установки по затратам электроэнергии на компрессор

$$\eta_e = \frac{q_0 \cdot (\tau_q)_H}{l_{KM}} = \frac{1290 \cdot 0,13}{404,2} = 0,415$$

24. Значение удельных эксергий аммиака в характерных точках процесса могут быть определены по e-i – диаграмме [1] или по формуле

$$e = h - T_{o.c} \cdot s - (h_{o.c} - T_{o.c} \cdot s_{o.c})$$

где $h_{o.c}, s_{o.c}$ - энтальпия и энтропия аммиака при параметрах окружающей среды
 $T_{o.c} = 293$ К и $p_{o.c} = 0,1$ МПа; $h_{o.c} = 1760$ кДж/кг; $s_{o.c} = 9,8$ кДж/(кг · К).

Значение основных параметров рабочего агента в характерных точках процесса должны быть сведены в таблицу 1.

Таблица 1- Параметры рабочего агента

Точка	Давление P , МПа	Температура, °С	Энтальпия h , кДж/кг	Энтропия s , кДж/(кг · К)	Эксергия e , кДж/кг
1	0,18	0,18	1607	9,03	72,6
2	1	128	1970,75	9,24	375
3	2	-29	553	4,7	287,3
4	0,6	9,4	458	4,3	309,5
5	0,18	-22	460	4,35	297

2.2 Определение потерь эксергии парожидкостной компрессионной холодильной установки с переохладителем

1. Удельное количество эксергии, подведенной к установке, по измерениям на зажимах электродвигателя компрессора, кДж/кг

$$e_{ex} = \frac{N_э}{G} = 62,65 / 0,155 = 404,2$$

где G – массовый расход хладагента, кг/с;
 $N_э$ – электрическая мощность компрессора, кВт.

2. Электромеханические потери эксергии, кДж/кг

$$d_{эм} = e_{ex} - e_{ex} \eta_{эм} = e_{ex} (1 - \eta_{эм}) = 404,2$$

3. Удельная эксергия, подводимая к компрессору, кДж/кг

$$e_e = e_{ex} - d_{эм} = 404,2 - 40,42 = 363,78$$

4. Внутренние потери эксергии в компрессоре (рисунок 3.2 а), кДж/кг

$$d_{км} = e_8 - (e_2 - e_1) = \eta_{эм} e_{8x} + e_1 - e_2 = 61,38$$

$$\eta_k = \frac{e_B - d_{км}}{e_B} = \frac{363,78 - 61,38}{363,78} = 0,8313$$

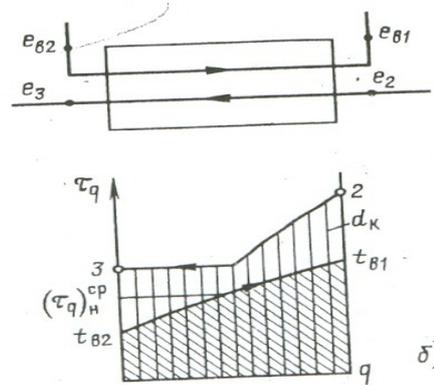
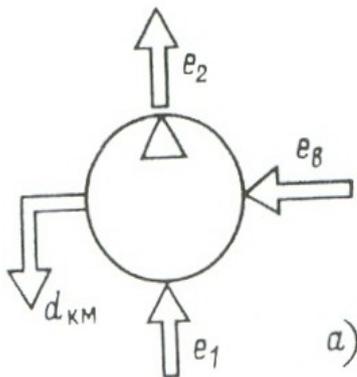


Рисунок 3.2 – Потери эксергии в компрессоре и конденсаторе:
а – в компрессоре; б – в конденсаторе.

5. Потери эксергии в конденсаторе (рисунок 3.2 б):

- эксергия, отданная хладагентом, кДж/кг

$$\nabla e_{2-3} = e_2 - e_3 = 375 * 287,3 = 87,7$$

- эксергия, полученная охлаждающей водой, кДж/кг

$$\Delta e_{B3-B2} = q_k (\tau_q)_{cp} = 1970,75 * 0,01 = 19,71$$

где q_k – удельная тепловая нагрузка конденсатора, кДж/кг;

$$(\tau_q)_{cp} = 1 - \left(\frac{t_{B2} + 273}{t_{B1} + 273} \right) = 0,01$$

6. Потери эксергии вследствие необратимого теплообмена, кДж/кг

$$d_{к.м} = \nabla e_{2-3} - \Delta e_{B3-B2} = 87,7 - 19,71 = 67,99$$

$$\eta_k = \frac{\Delta e_{B3-B2}}{\nabla e_{2-3}} = \frac{19,71}{87,7} = 0,225$$

7. КПД конденсатора

Так как эксергия охлаждающей воды после конденсаторов компрессионных установок обычно не используется, то суммарные потери эксергии в конденсаторе составляет, кДж/кг ($\eta_k = 0$)

$$d_k = d_{km} + \Delta e_{B3-B2} = 67,99 + 19,71 = 87,7$$

8. Потери эксергии в охладителе (рисунок 3.2 в):
- эксергия, отданная хладагентом, кДж/кг

$$\nabla e_{3-4} = e_3 - e_4 = 287,3 - 309,5 = -22,2$$

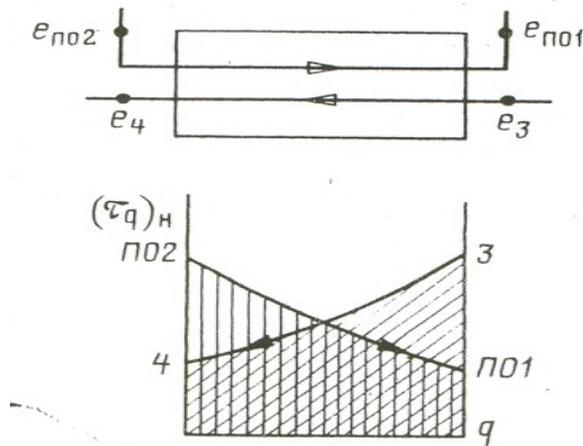


Рисунок 3.2 в – Потери эксергии в охладителе

- эксергия, полученная артезианской водой, кДж/кг

$$\nabla e_{no2-1} = q_{no} * (\tau_q)_H^{cp} = 92 * 0,01 = 0,92$$

где q_{no} – удельная тепловая нагрузка охладителя;

$$(\tau_q)_H^{cp} = 1 - \left(\frac{T_{o.c}}{T_{no1-2}^{cp}} \right) \frac{293}{280,4} = -0,045$$

= 1 -

$$T_{no1-2}^{cp} = \frac{t_{no1} + t_{no2}}{2} + 273, \text{ } ^\circ\text{K} = \frac{9,2 + 5,6}{2} + 273 = 280,4$$

где $t_{no1} = t_{no2} + \Delta t_{no}$, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t_{no} = 3,6$

9. Баланс эксергии в охладителе

$$e_3 + e_{no2} = e_4 + e_{no1} + d_{no}$$

10. Потери эксергии в охладителе, кДж/кг

$$d_{no} = e_3 - e_4 + e_{no2} - e_{no1} = \nabla e_{3-4} + \nabla e_{no2-1} \eta_{no} = -22,2 + 0,92 = -21,28$$

11. Потери эксергии в регулирующем клапане (дресселе, рисунок 3.2.11 а), кДж/кг

$$d_{dp} = e_4 - e_5 = 309,5 - 297 = 12,5$$

КПД дросселя:

$$\text{а) } \eta_{dp} = \frac{e_5}{e_4} \text{ (на основе абсолютных значений);}$$

$$\text{б) } \eta_{dp} = \frac{\Delta e_m}{\Delta e_p} = \frac{(e_5 - e_1)}{(e_4 - e_1)} \text{ (по разности эксэргий).}$$

12. Потери эксэргии в испарителе (рисунок 3.2.11 б):

- эксэргия, отданная хладагентом (аммиаком), кДж/кг

$$\nabla e_{5-1} = e_5 - e_1 = 297 - 72,6 = 224,4$$

- эксэргия, полученная хладоносителем, кДж/кг

$$\Delta e_{H2-1} = e_{H2} - e_{H1} = q_0 (\tau_q)_n^{cp} = 1290 * 0,01 = 12,9$$

где q_0 – удельная нагрузка испарителя, кДж/кг;

$$(\tau_q)_n^{cp} = 1 - \left(\frac{T_{o.c.}}{T_{H.CP}} \right), \text{ здесь } T_{o.c.} \text{ – температура окружающей среды, } ^\circ\text{K}$$

$$T_{H.CP} \text{ – средняя температура рассола, } ^\circ\text{K}$$

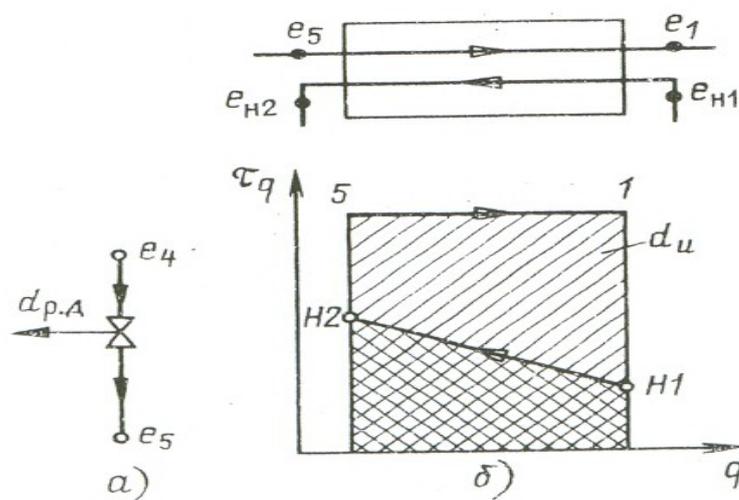


Рисунок 3.2.11 – Потери эксэргии в дросселе и испарителе:

а – в дросселе; б – в испарителе.

13. Потери эксэргии вследствие необратимого теплообмена, кДж/кг

$$d_u = \nabla e_{5-1} - \nabla e_{H2-1} = 224,4 - 12,9 = 211,5$$

$$\eta_u = \frac{\Delta e_{H2-1}}{\nabla e_{5-1}} = 12,9 / 224,4 = 0,06$$

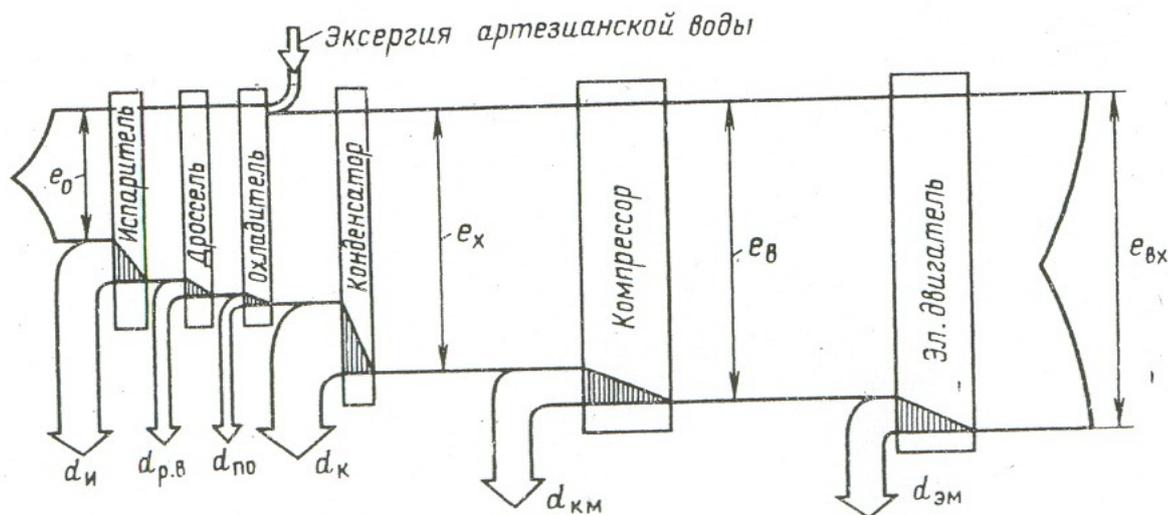
2.3 Эксергетический баланс установки

Эксергетический баланс установки приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Эксергетический баланс установки

Подвод эксергии			Отвод эксергии			
Параметр	кДж/кг	%	Параметр	кДж/кг	%	% по отношению к электрической энергии
Электроэнергия на компрессор $e_{вх}$	404,2	99,87	Электромеханические потери в компрессоре $d_{эм}$		10	10
Артезианская вода $e_{п.о}$	0,92	0,23	Внутренние потери в компрессоре $d_{км}$		15,2	15,18
			Потери эксергии в конденсаторе $d_{к}$		21,7	21,7
			Потери эксергии в охладителе $d_{по}$		-5,3	-5,265
			Потери эксергии в дросселе $d_{д.р}$		3,1	3,09
			Потери в испарителе $d_{и}$		52,35	52,32
			Эксергетическая холодопроизводительность $e_0 = \Delta e_{H2-1}$		3,2	3,19
Всего	405,12			405,12	100	100

Графическое изображение эксергетического баланса парожидкостной установки приведено на рисунке 3.3



1. Коэффициент полезного действия компрессора

$$\eta_{км} = \frac{\Delta e_{2-1}}{e_в} = \eta_K = 302,4/363,78 = 0,8$$

где η_K – внутренние потери эксергии в компрессоре (п. 3.2 – 4.)

2. Коэффициент полезного действия теплообменно-дрессельной части установки

$$\eta_{m.d} = \frac{e_0}{((e_B - d_{KM}) + e_{no})} = \frac{12,9}{((363,78 - 67,99) + 0,92)} = 0,0435$$

(«холодного» блока)

3. Полный КПД установки (с учетом эксергии артезианской воды), %

$$\eta' = \frac{e_0}{(e_{ex} + e_{no})} = \frac{12,9}{404,2 + 0,92} = 0,032$$

4. Коэффициент полезного действия установки (без учета эксергии артезианской воды), %

$$\eta'' = \frac{12,9}{404,2} = 0,032$$

Примечание: расчет считается выполненным правильно, если $\eta' \approx \eta''$

Заключение:

В данном проекте было сделан расчет и проектирование выпарной установки. Для данной цели были проведены расчеты температур и определение параметров рабочего агента, построение t-s диаграммы, определение потерь эксергии парожидкостной компрессионной холодильной установки с переохладителем. В процессе вычисления эксергетического баланса установки были найдены: коэффициент полезного действия компрессора, коэффициент полезного действия теплообменно-дрессельной части установки («холодного» блока), Полный КПД установки и коэффициент полезного действия установки (без учета эксергии артезианской воды). После расчета были сравнены η' и η'' , оказавшиеся равными, расчет был закончен правильно. Цель поставленная в начале работы достигнута, все задачи выполнены.