Задача №1

Газовая смесь массой *М*, заданная по объемному составу, нагревается при постоянном объеме V1 от температуры *t1* до температуры *t2*, а затем охлаждается при постоянном давлении до начальной температуры *t1*.

Определите конечные давления и объем смеси, величину работы и теплоты, участвующих в процессах, изменение внутренней энергии и энтропии смеси в каждом процессе. Расчет иллюстрировать изображением процессов в *pv*- и *Тs*- координатах.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *М*, кг | V1,м3 | *t1*,  °С | *t2*,  °С | Объемный состав смеси,% | | | | | |
| N2 | O2 | CO2 | H2O | CO | H2 |
| 38 | 38 | 95 | 525 | 50 | - | - | - | - | 50 |

П р и м е ч а н и е: Задачу решить с учетом зависимости теплоемкости газов от температуры.

Задача №2

Газ массой *М* имеет начальные параметры – давление *р1* и температуру *t1*. После политропного изменения состояния объем газа стал *V2*, а адавление *р2пол*. Определите характер процесса (расширение или сжатие газа), показатель политропы *n*, конечную температуру *t2*, теплоемкость политропного процесса с, работу и теплоту в процессе, а также изменение внутренней энергии и энтропии газа. Определите эти же величины и конечное давление р2, если изменение состояния газа до того же объема *V2* происходит: а) по изотерме и б) по адиабате. Составьте сводную таблицу результатов расчета. изобразите совмещено все процессы в *pv*- и *Тs*- диаграммах.

Данные для решения задачи выберите из таблицы 2.

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Род газа | *t1*,  °С | *р1*, МПа | *М*, кг | *р2пол*, МПа | V2,м3 |
| Воздух | 320 | 0,63 | 11,0 | 0,50 | 3,5 |

П р и м е ч а н и е: Расчеты вести при постоянном значении теплоемкости, независимо от температуры.

Задача №3

Плоская стальная стенка толщиной *δс* омывается с одной стороны горячими газами с температурой *t1*, а с другой стороны – водой с температурой *t2*. Определите коэффициент теплопередачи от газов к воде *К*, удельный тепловой поток *q* и температуры обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке *α1* и от стенки к воде *α2*; коэффициент теплопроводности стали *λс* = 50 Вт/(м∙°С). Определите так же все указанные величины, если стенка со стороны воды покроется слоем накипи толщиной *δн*; коэффициент теплопроводности накипи *λн* = 2 Вт/(м∙°С).

Для указанных вариантов задачи постройте эпюры температур от *t1* до *t2*. Объясните, в чем состоит вред отложения накипи на стальных поверхностях теплообмена.

Данные для решения задачи выберите из таблицы 3.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *δс*,  мм | *δн*,  мм | *α1*, Вт/(м∙°С) | *α2*, Вт/(м∙°С) | *t1*,  °С | *t2*,  °С |
| 30 | 1,8 | 38 | 3400 | 720 | 145 |

Задача №4

Стальной трубопровод длиной *l* , наружный диаметр которого *d*, охлаждается свободным потоком воздуха. Средняя температура наружной стенки трубопровода *tc*, а температура воздуха вдали от трубопровода *tв*. Определите коэффициент конвективной теплоотдачи от поверхности трубопровода к воздуху и суммарный тепловой поток от трубопровода к воздуху за сет конвективной теплоотдачи и лучистого теплообмена.

Данные для решения задачи выберите из таблицы 4.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расположение трубопровода | *l* ,  м | *d*,  мм | *tc*,  °С | *tв*,  °С |
| Горизонтальное | 2,2 | 40 | 65 | 18 |

Задача №5

Определите поверхность нагрева рекуперативного теплообменного аппарата с противоточным движением теплоносителей. Греющий теплоноситель – дымовые газы с начальной температурой *t*/г и конечной *t*//г; нагреваемый теплоноситель – вода с начальной температурой *t*/в, конечной - *t*//в, расход воды *G*в. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке *α*г, от стенки трубы к воде - *α*в. Теплообменник выполнен из стальных труб (коэффициент теплопроводности *λ* = 50 Вт/(м∙°С)) с наружным диаметром *d* = 50мм и толщиной стенки *δ* = 4 мм (стенку считать чистой с обеих сторон). Определите также поверхность теплообмена аппарата для прямоточной схемы движения теплоносителей при сохранении остальных параметров неизменными.

Для обеих схем движения теплоносителей (противоточной и прямоточной) покажите графики изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена. Укажите преимущества противоточной схемы.

Данные для решения задачи выберите из таблицы 5.

Таблица 5.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *G*в, кг/с | *t*/в, °С | *t*//в, °С | *t*/г, °С | *t*//г;°С | *α*г, Вт/(м2∙°С) | *α*в, Вт/(м2∙°С) |
| 3,4 | 10 | 180 | 480 | 225 | 35 | 3800 |

Задача №6

Пар фреона-12 при температуре *t1* поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной *t2*, а степень сухости *х* = 1. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении превращается в жидкость (*х3* = 0), после чего расширяется в редукционном вентиле (дросселируется до температуры) *t4* = *t1*. Определите холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодильная мощность установки *Q0*.

Изобразите принципиальную схему паровой компрессионной холодильной установки и ее цикл в *Тs*- и *is* – диаграммах. Данные для решения задачи выберите из таблицы 6.

Таблица 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Q0,  кВт | *t1*, °С | *t2*, °С |
| 280 | -10 | 25 |

П р и м е ч а н и е: Задачу решите при помощи таблицы параметров насыщенного пара фреона-12 (см. приложение)

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные таблицы

Мольные изохорные теплоемкости газов, *μсvm* кДж/(кмоль∙К)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | Воздух | Кислород, О2 | Азот,  N2 | Водород, Н2 | Водяной пар,  Н2О | Оксид углерода, СО | Диоксид углерода, СО2 |
| 0 | 20,758 | 20,959 | 20,800 | 20,302 | 25,184 | 20,808 | 27,545 |
| 100 | 20,838 | 21,223 | 20,829 | 20,620 | 25,426 | 20,863 | 29,797 |
| 200 | 20,984 | 21,616 | 20,913 | 20,758 | 25,803 | 20,988 | 31,744 |
| 300 | 21,206 | 22,085 | 21,068 | 20,808 | 26,260 | 21,202 | 33,440 |
| 400 | 21,474 | 22,563 | 21,286 | 20,871 | 26,775 | 21,474 | 34,935 |
| 500 | 21,780 | 23,019 | 21,549 | 20,934 | 27,315 | 21,784 | 36,258 |
| 600 | 22,090 | 23,446 | 21,834 | 21,001 | 27,880 | 22,110 | 37,438 |
| 700 | 22,408 | 23,835 | 22,136 | 21,093 | 28,474 | 22,437 | 38,498 |
| 800 | 22,713 | 24,187 | 22,433 | 21,202 | 29,077 | 22,755 | 39,448 |
| 900 | 23,006 | 24,510 | 22,722 | 21,332 | 29,693 | 23,061 | 40,302 |
| 1000 | 23,283 | 24,803 | 22,998 | 21,474 | 30,304 | 23,350 | 41,784 |

Значение постоянных мольных теплоемкостей газов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Газы | Мольные теплоемкости газов, кДж/(кмоль∙К) | |
| *μсv* | *μср* |
| Одноатомные | 12,56 | 20,93 |
| Двухатомные | 20,93 | 29,31 |
| Многоатомные | 29,31 | 37,68 |

Молекулярные массы и газовые постоянные важнейших газов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Химическое  обозначение | Молекулярная масса, µ | Газовая постоянная в Дж/(кг∙К) |
| Воздух | - | 28,96 | 287,0 |
| Кислород | О2 | 32 | 259,8 |
| Азот | N2 | 28,026 | 296,8 |
| Окись углерода | CO | 28,01 | 296,8 |
| Двуокись углерода | CO2 | 44,01 | 188,9 |
| Водород | H2 | 2,016 | 4124,0 |
| Аммиак | NH3 | 17,032 | 488,3 |
| Метан | CH4 | 16,032 | 518,8 |
| Этилен | C2H4 | 28,052 | 296,6 |
| Водяной пар | Н2О | 18,016 | 461 |

Физические параметры сухого воздуха при В = 760 мм рт.ст.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | *λ*∙102, Вт/(м∙град) | *ν*∙106, м2/с | *Pr* |
| 0 | 2,44 | 13,28 | 0,707 |
| 10 | 2,51 | 14,16 | 0,705 |
| 20 | 2,59 | 15,06 | 0,703 |
| 30 | 2,67 | 16,00 | 0,701 |
| 40 | 2,76 | 16,96 | 0,699 |
| 50 | 2,83 | 17,95 | 0,698 |
| 60 | 2,90 | 18,97 | 0,696 |
| 70 | 2,96 | 20,02 | 0,694 |
| 80 | 3,05 | 21,09 | 0,692 |
| 90 | 3,13 | 22,10 | 0,690 |
| 10 | 3,21 | 23,13 | 0,688 |

Насыщенный пар фреона-12

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | р, МПа | *υ/* | *υ //* | *i/* | *i//* | *r* | *S/* | *S//* |
| м3/кг | | кДж/кг | | | кДж/(кг∙К) | |
| -20 | 0,1510 | 0,6868 | 0,11070 | 400,5 | 564,0 | 163,5 | 4,1183 | 4,7645 |
| -15 | 0,1826 | 0,6940 | 0,09268 | 405,0 | 566,4 | 161,4 | 4,1356 | 4,7613 |
| -10 | 0,2191 | 0,7018 | 0,07813 | 409,5 | 568,9 | 159,4 | 4,1528 | 4,7586 |
| -5 | 0,2609 | 0,7092 | 0,06636 | 414,0 | 571,2 | 157,2 | 4,1698 | 4,7561 |
| 0 | 0,3086 | 0,7173 | 0,05667 | 418,7 | 573,6 | 154,9 | 4,1868 | 4,7539 |
| 5 | 0,3624 | 0,7257 | 0,04863 | 423,4 | 575,9 | 152,5 | 4,2036 | 4,7519 |
| 10 | 0,4230 | 0,7342 | 0,04204 | 428,1 | 578,1 | 150,0 | 4,2204 | 4,7501 |
| 15 | 0,49,11 | 0,7435 | 0,03648 | 433,0 | 580,3 | 147,3 | 4,2371 | 4,7484 |
| 20 | 0,5667 | 0,7524 | 0,03175 | 437,9 | 582,5 | 144,6 | 4,2537 | 4,7468 |
| 25 | 0,6508 | 0,7628 | 0,02773 | 442,8 | 584,5 | 141,7 | 4,2702 | 4,7455 |
| 30 | 0,7434 | 0,7734 | 0,02433 | 447,9 | 586,5 | 138,6 | 4,2867 | 4,7441 |
| 35 | 0,8460 | 0,7849 | 0,02136 | 452,9 | 588,3 | 135,4 | 4,3031 | 4,7425 |
| 40 | 0,9582 | 0,7968 | 0,01882 | 451,1 | 590,1 | 132,0 | 4,3194 | 4,7410 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

Баскаков А.П. Теплотехника. М.,1991.

Щукин А.А., Сушкин И.Н., Зах Р.Г. и др. Теплотехника. М., 1986

Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. М., 1980.

Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М., 1977.

Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М., 1972

Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. М., 1973.

Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М., 1975

Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике. М., 1986

Дополнительный

Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика и теплотехника. М., 1979.

Исаченко В.И., Осипова В.А., Сукомел И.А. и др. Теплотехника. М., 1986

Архаров А.М., Исаев С.И., Кожинов И.А. и др. Теплотехника. М., 1986.