



Тепловые процессы (нагрев и охлаждение) во влажном воздухе сопровождаются сложной системой фазовых переходов, происходящих с водяными парами. Прямой расчет этих процессов затруднен, и большинство источников предлагает использовать в этом случае понятие энтальпии влажного воздуха $I = f(t, d)$. Для решения задач предлагается графоаналитический метод с использованием $I-d$ диаграммы, что крайне неудобно для численных расчетов.

Расчет тепловых процессов существенно облегчается, если представить энтальпию в виде произведения двух функций:

$$I = c_{рф}(t_m, P, d) t,$$

где $c_{рф}$ – теплоемкость влажного воздуха с учетом фазовых переходов, а t – равновесная (адиабатная) температура. В этом случае температура теплоносителя присутствует в явном виде, а вся неопределенность, связанная с фазовыми переходами, включается в $c_{рф}$, зависящую от температуры, давления, влагосодержания и особенностей массообмена на границах фаз.

Главное преимущество описанного приема состоит в том, что он позволяет воспользоваться данными, полученными при расчете тепловых процессов для сухого воздуха. В частности, для этого достаточно знать начальную и конечную температуры по "сухому" расчету. Конкретное применение данного приема изложено в следующих ниже работах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА (ЧАСТЬ 1)

Цель работы – рассчитать процесс нагрева влажного воздуха при заданных параметрах: температуре, давлении и влагосодержании; исследовать влияние параметров влажного воздуха на процесс нагрева.

- Задание к работе:** 1) набрать текст программы (файл R5U.FOR);
2) отредактировать программу и создать исполняемый файл R5U.EXE;
3) просчитать программу согласно исходным данным (файл R5U.REZ);
4) оформить отчет.

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Ниже предложена программа для расчета процесса нагрева влажного воздуха в холодном тракте конденсатора СКВ. Специфические условия состояния взвешенной влаги: мелкодисперсные капли с диаметрами 1...15 мкм, их переохлаждение в области отрицательных температур – приводят к существ-



венному отклонению температуры влажного воздуха в сравнении с расчетом по сухому воздуху.

С целью повышения наглядности в программе рассчитываются текущие значения температур как по "сухому", так и по "мокрому" расчету. Для этого весь интервал от начальной T_0 до конечной T_0 температур по "сухому" расчету разбивается на N участков, на каждом из которых определяется соответствующее значение температуры по "мокрому" расчету. В заключение работы производится сравнение процессов нагрева сухого и влажного воздуха.

5.1.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящей работе производится расчет температуры сухого T_1 и влажного T_K воздуха в процессе их одинакового нагрева в заданном интервале изменения текущей температуры t при некоторых значениях абсолютного давления P и влагосодержания d . В заключение работы строятся графики зависимости $T_1, T_K = f(t)$.

5.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

5.2.1. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа расчета процесса нагрева влажного воздуха состоит из головной (управляющей) программы и блока подпрограмм, предназначенных для ввода исходных данных и собственно расчета процесса нагрева.

Головная программа. Предназначена для управления процессами ввода и вывода данных, а также для запуска программы на счет.

Блок ввода и вывода данных. Состоит из двух подпрограмм (UID, PR), организующих ввод исходных данных в программу и вывод конечных результатов. Текст программ UID и PR см. в прил. 2.

Блок расчетных подпрограмм. Состоит из одной управляющей подпрограммы OX1, задающей последовательность расчета процесса нагрева и выдающей на дисплей информацию о ходе вычислений, а также блока подпрограмм теплофизических свойств влажного воздуха - TSV (текст блока TSV см. в прил. 1). В процессе работы управляющая подпрограмма OX1 выдает на экран информацию о ходе своей работы в виде: GO R5U: 100 %, где значения цифр быстро изменяются от нуля до N .

В связи с тем, что лабораторная работа № 6 аналогична настоящей, ниже приведен текст универсальной программы, по которой можно просчитать обе работы. В целях равномерного распределения времени при выполнении работы № 5 можно не набирать текст программы, выделенный жирным шрифтом. В этом случае в начале работы № 6 к набранному тексту добавляется опущенный кусок программы и подпрограмма УТК (см. след. работу).



5.2.2. ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В работе для ввода исходных данных используется подпрограмма UID, описанная в работе № 3 (текст UID см. в прил. 2).

5.2.3. ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Вывод результатов расчета производится подпрограммой PR, текст которой приведен в п. 2 и используется во всех последующих работах. В процессе ее работы непосредственно на экран выводится справочная информация, сообщающая о проценте заполнения файла результатов R5U.REZ в виде: FILE R5U.REZ: 100 %, где значения цифр быстро изменяются от нуля до N.

Результаты расчета помещаются в специальный файл результатов R5U.REZ, который создается автоматически. После окончания работы с программой в этом файле можно будет просмотреть все просчитанные варианты в хронологическом порядке. Выходные данные представлены в удобной для чтения табличной форме, формат которой задается в подпрограмме SUBROUTINE PR.

5.3. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ (ФАЙЛ R5U.FOR)

```
C НАГРЕВ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА R5U.FOR
BLOCK DATA
COMMON/DAN/T0,TO,N,D0,P,IRT
DATA T0,TO,N,D0,P,IRT/-50.,50.,100,20.,101.325,1/
END
COMMON/DAN/T0,TO,N,D0,P1,IRT
COMMON/REZ/B(7,100)
OPEN (50,FILE='R5U.REZ')
11    CALL UID(IO)
IF(IO.EQ.0) GOTO 10
TSH=(TO-T0)/N
CALL OX1(TSH)
CALL PR
GOTO 11
10    CONTINUE
STOP
END
SUBROUTINE OX1(TSH)
COMMON/DAN/T0,TO,N,D0,P1,IRT
COMMON/REZ/B(7,100)
T1=T0
P2=P1
```



```
DO 1 I=1,N
T2=T1+TSH
CALL FCPV(T1,P1,T2,P2,D0,IRT,CPX)
CPV=CPB(T1,P1,D0,IRT)
Q=(T2-T1)*CPV
TK=T1+Q/CPX
B(1,I)=I*1.
B(2,I)=T0+TSH*I
B(3,I)=CPV
B(4,I)=CPX
B(5,I)=Q
IF(IRT.EQ.2) GOTO 11
IF(T1.GE.0.) GOTO 11
IF(T2.LE.(-0.1)) GOTO 11
CALL UTK(I,T1,T2,TK)
PRINT 6
11 CONTINUE
B(6,I)=TK
B(7,I)=B(2,I)-TK
T1=TK
PRINT 5,I
1 CONTINUE
5 FORMAT(1H+,' GO R5U :',I4,' %'$)
6 FORMAT(' GO R5U :')
RETURN
END
```

5.4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Используются варианты заданий из работы № 3. Значение ключа IRT в настоящей работе равно $IRT = 2$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА (Часть 2)

Цель работы – рассчитать процесс нагрева влажного воздуха при заданных параметрах: температуре, давлении и влагосодержании; исследовать влияние параметров влажного воздуха на процесс нагрева.

- Задание к работе:**
- 1) набрать текст программы (файл R5U.FOR);
 - 2) отредактировать программу и создать исполняемый файл R5U.EXE;
 - 3) просчитать программу согласно исходным данным (файл R5U.REZ);
 - 4) оформить отчет.



6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Ниже предложена программа для расчета процесса нагрева влажного воздуха в холодном тракте обычного воздушно-испарительного теплообменника. Взвешенная в нем влага содержит крупные капли с диаметрами более 100 мкм, замерзающими в области околонулевых температур. Это приводит к существенному отклонению температуры влажного воздуха в сравнении с расчетом, выполненным для аэрозольной влаги (работа № 5).

С целью проведения сопоставления в программе рассчитываются текущие значения температур, как по "сухому", так и по "мокрому" варианту аналогично предыдущей работе и в том же интервале исходных данных. В заключение работы производится сравнение процессов нагрева влажного воздуха по обоим вариантам.

6.1.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящей работе производится расчет температуры сухого T_1 и влажного ТК воздуха в процессе их одинакового нагрева в заданном интервале изменения текущей температуры t при некоторых значениях абсолютного давления P и влагосодержания d . В заключение работы на графике работы № 5 строится дополнительная зависимость $TК = f(t)$, полученная в настоящей работе.

6.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Программа расчета процесса нагрева влажного воздуха в настоящей работе отличается от предшествующей на величину подпрограммы UTK и строки вызова этой подпрограммы в управляющей подпрограмме OX1, выделенные жирным шрифтом.

SUBROUTINE UTK(I,T1,T2,TK). Предназначена для расчета процесса нагрева вблизи нуля градусов Цельсия, когда происходит таяние ранее замерзшей влаги. При работе подпрограммы на экран выдается справочная информация о ходе работы в виде: UTK R5U: N %, где вместо N появляется номер шага, на котором включилась эта подпрограмма (текст UTK см. в п. 2).

Ввод и вывод данных совпадает с работой № 5.

6.3. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ И

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ (ФАЙЛ R5U.FOR)

Приведен в работе № 5. Используются варианты из работы № 3. Значение ключа IRT в настоящей работе равно IRT=1.