

Алгоритм определения характеристик влажности

Влажностью воздуха называется содержание водяных паров в воздухе. Содержание водяного паров в атмосфере оценивают с помощью характеристик влажности воздуха (гигрометрических характеристик).

а) **парциальное давление водяного пара e** , - давление, которое имел бы водяной пар, находящийся в газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре

б) наибольшее значение давления водяного пара, возможное при данной температуре называется **давлением насыщенного водяного пара** или **давлением насыщения E**

в) **относительная влажность воздуха f** - отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара над плоской поверхностью дистиллированной воды при данной температуре

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100 (\%)$$

г) **дефицит насыщения d** - разность между давлением насыщенного водяного пара и его парциальным давлением

$$d = E - e$$

д) **точка росы t_d** - температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, при данном атмосферном давлении становится насыщенным по отношению к плоской поверхности дистиллированной воды.

Парциальное давление **e** и дефицит насыщения **d** измеряется в гПа.

Точка росы **t_d** измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), относительная влажность воздуха **f** - в %.

Для измерения влажности воздуха на сети гидрометеорологических станций используются следующие приборы:

- ✓ стационарный психрометр,
- ✓ гигрометр волосной метеорологический

Для непрерывной регистрации изменений относительной влажности - гигрограф.

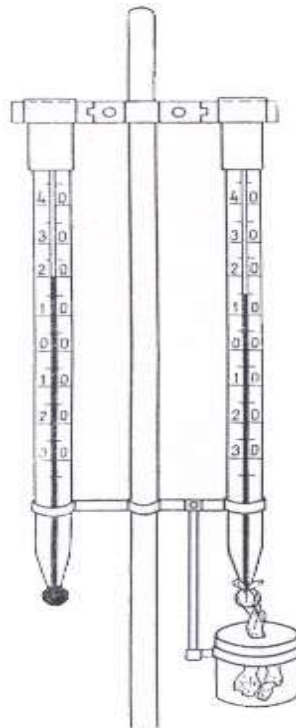


Рис.1 Стационарный психрометр

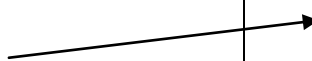
На метеорологических станциях вычисление влажности производится с помощью психрометрических таблиц.

Психрометрические таблицы содержат 7 таблиц; основной из них является таблица 2, составленная по психрометрической формуле для парциального давления водяного пара.

Таблица №2

t	t_d	e	f	d
6,5				
6,5	6,5	9,67	100	0,00
6,4	6,3	9,53	98	0,14
6,3	6,1	9,38	97	0,29
6,2	5,8	9,24	96	0,43

температура воздуха



где t' - температура по смоченному термометру;
 t_d - точка росы;
 e – парциальное давление водяного пара;
 f – относительная влажность воздуха;
 d – дефицит насыщения.

ТАБЛИЦА 2

t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d
30,5					30,6					30,7					30,8					30,9					31,0				
13,9	11,7	2,5	6	41,2	14,0	11,2	2,6	6	41,4	14,1	10,7	2,7	7	41,5	14,2	10,2	2,8	7	41,7	14,3	9,8	2,9	7	41,8	14,4	9,3	3,0	7	41,9
13,8	12,6	2,3	6	41,4	13,9	12,1	2,4	6	41,6	14,0	11,6	2,5	6	41,7	14,1	11,1	2,6	6	41,9	14,2	10,6	2,7	7	42,0	14,3	10,1	2,8	7	42,1
13,7	13,6	2,2	5	41,6	13,8	13,0	2,3	6	41,7	13,9	12,5	2,4	6	41,9	14,0	12,0	2,5	6	42,0	14,1	11,4	2,6	6	42,2	14,2	10,9	2,7	7	42,3
13,6	14,7	2,0	5	41,8	13,7	14,1	2,1	5	41,9	13,8	13,5	2,2	5	42,1	13,9	12,9	2,3	6	42,2	14,0	12,4	2,4	6	42,4	14,1	11,9	2,5	6	42,5
13,5	15,8	1,8	5	42,0	13,6	15,2	1,9	5	42,1	13,7	14,5	2,0	5	42,3	13,8	13,9	2,1	5	42,4	13,9	13,4	2,2	5	42,6	14,0	12,9	2,3	6	42,7
13,4	17,1	1,6	4	42,1	13,5	16,4	1,7	4	42,3	13,6	15,7	1,8	5	42,4	13,7	15,0	1,9	5	42,6	13,8	14,4	2,0	5	42,7	13,9	13,9	2,1	5	42,9
13,3	18,5	1,4	4	42,3	13,4	17,7	1,5	4	42,5	13,5	16,9	1,6	4	42,6	13,6	16,2	1,7	4	42,8	13,7	15,6	1,8	5	42,9	13,8	14,9	1,9	5	43,0
13,2	20,0	1,3	3	42,5	13,3	19,2	1,4	4	42,6	13,4	18,3	1,5	4	42,8	13,5	17,6	1,6	4	43,0	13,6	16,8	1,7	4	43,1	13,7	16,1	1,8	5	43,2
13,1	21,8	1,1	3	42,7	13,2	20,8	1,2	3	42,8	13,3	19,9	1,3	3	43,0	13,4	19,0	1,4	4	43,1	13,5	18,2	1,5	4	43,3	13,6	17,3	1,6	4	43,4
13,0	23,8	0,9	3	42,9	13,1	22,7	1,0	3	43,0	13,2	21,6	1,1	3	43,2	13,3	20,6	1,2	3	43,3	13,4	19,7	1,3	3	43,5	13,5	18,7	1,4	3	43,6
12,9	26,2	0,7	2	43,0	13,0	24,9	0,8	2	43,2	13,1	23,6	0,9	3	43,3	13,2	22,5	1,0	3	43,5	13,3	21,4	1,1	3	43,7	13,4	19,9	1,3	3	43,8
12,8	29,3	0,6	2	43,2	12,9	27,5	0,6	2	43,4	13,0	26,0	0,7	2	43,5	13,1	24,6	0,8	2	43,7	13,2	23,4	0,9	3	43,8	13,3	21,6	1,1	3	43,9
31,5					31,6					31,7					31,8					31,9					32,0				
31,1	31,0	44,9	98	1,4	31,2	31,1	45,2	98	1,4	31,3	31,2	45,5	98	1,4	31,4	31,3	45,7	98	1,4	31,5	31,4	46,0	98	1,4	31,6	31,5	46,3	98	1,4
31,0	30,8	44,6	97	1,7	31,1	30,9	44,9	97	1,7	31,2	31,0	45,1	97	1,7	31,3	31,1	45,4	97	1,7	31,4	31,2	45,6	97	1,7	31,5	31,3	45,9	97	1,7
30,9	30,7	44,3	96	2,0	31,0	30,8	44,5	96	2,1	31,1	30,9	44,8	96	2,1	31,2	31,0	45,0	96	2,1	31,3	31,1	45,3	96	2,1	31,4	31,2	45,6	96	2,1
30,8	30,6	43,9	95	2,4	30,9	30,7	44,2	95	2,4	31,0	30,8	44,4	95	2,4	31,1	30,9	44,7	95	2,4	31,2	31,0	45,0	95	2,4	31,3	31,1	45,3	95	2,4
30,7	30,4	43,6	95	2,7	30,8	30,5	43,9	95	2,7	30,9	30,6	44,1	95	2,7	31,0	30,7	44,4	95	2,7	31,1	30,8	44,6	95	2,8	31,2	31,0	45,0	95	2,8
30,6	30,3	43,3	94	3,1	30,7	30,4	43,5	94	3,1	30,8	30,5	43,8	94	3,1	30,9	30,6	44,0	94	3,1	31,0	30,7	44,3	94	3,1	31,1	30,8	44,6	94	3,1
30,5	30,2	42,9	93	3,4	30,6	30,3	43,2	93	3,4	30,7	30,4	43,4	93	3,4	30,8	30,5	43,7	93	3,4	30,9	30,6	43,9	93	3,4	31,0	30,7	44,3	93	3,4
30,4	30,0	42,6	92	3,7	30,5	30,1	42,9	92	3,7	30,6	30,2	43,1	93	3,7	30,7	30,3	43,4	93	3,8	30,8	30,4	43,6	93	3,8	30,9	30,6	43,9	93	3,8
30,3	29,9	42,3	92	4,0	30,4	30,0	42,5	92	4,1	30,5	30,1	42,8	92	4,1	30,6	30,2	43,0	92	4,1	30,7	30,3	43,3	92	4,1	30,8	30,4	43,6	92	4,1
30,2	29,8	41,9	91	4,4	30,3	29,9	42,2	91	4,4	30,4	30,0	42,4	91	4,4	30,5	30,1	42,7	91	4,4	30,6	30,2	42,9	91	4,4	30,7	30,3	43,3	91	4,4
30,1	29,6	41,6	90	4,7	30,2	29,7	41,9	90	4,7	30,3	29,8	42,1	90	4,7	30,4	29,9	42,4	90	4,8	30,5	30,0	42,6	90	4,8	30,6	30,2	42,9	90	4,8
30,0	29,5	41,3	90	5,0	30,1	29,6	41,5	90	5,0	30,2	29,7	41,8	90	5,1	30,3	29,8	42,0	90	5,1	30,4	29,9	42,3	90	5,1	30,5	30,0	42,6	90	5,1
29,9	29,4	41,0	89	5,4	30,0	29,5	41,2	89	5,4	30,1	29,6	41,5	89	5,4	30,2	29,7	41,7	89	5,4	30,3	29,8	41,9	89	5,4	30,4	29,9	42,3	89	5,4
29,8	29,2	40,6	88	5,7	29,9	29,3	40,9	88	5,7	30,0	29,4	41,1	88	5,7	30,1	29,5	41,4	88	5,7	30,2	29,6	41,6	88	5,8	30,3	29,8	41,9	88	5,8
29,7	29,1	40,3	88	6,0	29,8	29,2	40,6	88	6,0	29,9	29,3	40,8	88	6,0	30,0	29,4	41,0	88	6,1	30,1	29,5	41,3	88	6,1	30,2	29,6	41,6	88	6,1
29,6	28,9	40,0	87	6,3	29,7	29,0	40,2	87	6,3	29,8	29,1	40,5	87	6,4	29,9	29,2	40,7	87	6,4	30,0	29,3	41,0	87	6,4	30,1	29,4	41,3	87	6,4
29,5	28,8	39,7	86	6,6	29,6	28,9	39,9	86	6,6	29,7	29,0	40,2	86	6,7	29,8	29,1	40,4	86	6,7	29,9	29,2	40,6	86	6,7	30,0	29,3	41,0	86	6,7
29,4	28,7	39,4	85	7,0	29,5	28,8	39,6	85	7,0	29,6	28,9	39,8	86	7,0	29,7	29,0	40,1	86	7,0	29,8	29,1	40,3	86	7,1	29,9	29,2	40,6	86	7,1
29,3	28,5	39,0	85	7,3	29,4	28,6	39,3	85	7,3	29,5	28,7	39,5	85	7,3	29,6	28,8	39,7	85	7,4	29,7	28,9	40,0	85	7,4	29,8	29,1	40,3	85	7,4
29,2	28,4	38,7	84	7,6	29,3	28,5	39,0	84	7,6	29,4	28,6	39,2	84	7,7	29,5	28,7	39,4	84	7,7	29,6	28,8	39,7	84	7,7	29,7	28,9	40,0	84	7,7
29,1	28,2	38,4	83	7,9	29,2	28,3	38,6	83	7,9	29,3	28,4	38,9	83	8,0	29,4	28,5	39,1	84	8,0	29,5	28,7	39,3	84	8,0	29,6	28,8	39,7	84	8,0
29,0	28,1	38,1	83	8,2	29,1	28,2	38,3	83	8,3	29,2	28,3	38,6	83	8,3	29,3	28,4	38,8	83	8,3	29,4	28,5	39,0	83	8,4	29,5	28,7	39,3	83	8,4
28,9	28,0	37,8	82	8,5	29,0	28,1	38,0	82	8,6	29,1	28,2	38,2	82	8,6	29,2	28,3	38,5	82	8,6	29,3	28,4	38,7	82	8,7	29,4	28,5	39,0	82	8,7
28,8	27,8	37,5	81	8,9	28,9	27,9	37,7	81	8,9	29,0	28,0	37,9	81	8,9	29,1	28,1	38,2	81	9,0	29,2	28,2	38,4	82	9,0	29,3	28,3	38,7	81	9,0
28,7	27,7	37,2	81	9,2	28,8	27,8	37,4	81	9,2	28,9	27,9	37,6	81	9,2	29,0	28,0	37,8	81	9,3	29,1	28,1	38,1	81	9,3	29,2	28,2	38,4	81	9,3
28,6	27,5	36,8	80	9,5	28,7	27,6	37,1	80	9,5	28,8	27,7	37,3	80	9,5	28,9	27,8	37,5	80	9,6	29,0	27,9	37,8	80	9,6	29,1	28,0	37,8	80	9,6
28,5	27,4	36,5	79	9,8	28,6	27,5	36,8	79	9,8	28,7	27,6	37,0	79	9,9	28,8	27,7	37,2	80	9,9	28,9	27,8	37,4	80	9,9	29,0	27,9	37,8	80	9,9
28,4	27,2	36,2	79	10,1	28,5	27,3	36,5	79	10,1	28,6	27,4	36,7	79	10,2	28,7	27,6	36,9	79	10,2	28,8	27,7	37,1	79	10,2	28,9	27,8	37,4	79	10,2

от
30,0
до
31,9

Расчет различных параметров по результатам измерения влажности.

При определении характеристик влажности по показаниям психрометрических термометров в таблице 2 по температуре сухого термометра находят колонку, а по температуре смоченного термометра t' - строку с соответствующими значениями t_d , e , f , и d .

При температуре смоченного термометра t' ниже 0°C на батисте может наблюдаться «лед» или «вода».

В таблице 2 следует выбрать колонку для определения характеристик влажности, учитывая фазовое состояние испаряющей поверхности смоченного термометра, в соответствие с надписью «лед» или «вода» на странице психрометрической таблицы в верхнем углу.

Если при измерении влажности психрометром атмосферное давление отличается от 1000 гПа, то в найденные значения следует внести поправку на давление. Поправка на давление к парциальному давлению водяного пара (Δe) определяется по таблице 3/

Поправка (Δe) прибавляется к найденному из таблицы 2 значению парциального давления e_{1000} , если $P < 1000$ гПа, и вычитается, если $P > 1000$ гПа.

$$e_{\text{испр}} = e_{1000} \pm \Delta e$$

По исправленному значению $e_{\text{испр}}$, в той же колонке таблицы 2 находят строку с ближайшим к $e_{\text{испр}}$ значению парциального давления e и снимаем остальные характеристики влажности (T_d , f , d).

Алгоритм вычисления характеристик влажности воздуха по таблице 2 психрометрических таблиц.

1. Определяем $t - t'$ (разность температур сухого и смоченного термометров), округляем атмосферное давление P до ближайших десятков;
2. По таблице 3 на пересечении P и $t - t'$ определяем Δe .
3. По таблице 2 по температуре сухого термометра находим колонку, а в графе t' - значение температуры смоченного термометра и снимаем e_{1000} ;
4. Вычисляем $e_{\text{испр}} = e_{1000} \pm \Delta e$.
5. В графе e_{1000} находим $e_{\text{испр}}$ и на горизонтали снимаем соответствующие значения e , t_d , f , d

Пример 1. Дано: $t = 18,6^\circ\text{C}$ $t' = 11,9^\circ\text{C}$, $P = 967,9$ гПа

Определить характеристики влажности: e , f , d , t_d – ?

- 1) $t - t' = 18,6 - 11,9 = 6,7^\circ\text{C}$, $P \approx 970$ гПа
- 2) По таблице 3 на пересечении $6,5^\circ$ и 970 гПа находим $\Delta e = 0,15$ гПа

ТАБЛИЦА 3

p гПа		$t - t'$																					
прибав- лять	вычит- ать	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	
1000	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
990	1010	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	
980	1020	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	
970	1030	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	
960	1040	0,00	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32	
950	1050	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	
940	1060	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,48	
930	1070	0,00	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,53	0,56	
920	1080	0,00	0,03	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,64	
910	1090	0,00	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,64	0,68	0,72	
900	1100	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,79	
890		0,00	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,31	0,35	0,39	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61	0,66	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87	
880		0,00	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24	0,29	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,57	0,62	0,67	0,72	0,76	0,81	0,86	0,91	0,95	
870		0,00	0,05	0,10	0,15	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,52	0,57	0,62	0,67	0,72	0,77	0,83	0,88	0,93	0,98	1,03	
860		0,00	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,33	0,39	0,45	0,50	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	0,83	0,89	0,95	1,00	1,06	1,11	

- 3) По таблице 2 температуре сухого термометра находим колонку, а в графе t' - значение температуры смоченного термометра и снимаем $e_{1000} = 8,6$ гПа

t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'
18,5					18,6					18,7					18,8					
14,2	10,5	12,8	60	8,6	14,3	10,7	12,9	60	8,6	14,4	10,8	13,0	61	8,6	14,5	10,9	13,1	61	8,7	14
14,1	10,3	12,6	59	8,8	14,2	10,4	12,7	60	8,8	14,3	10,6	12,8	60	8,8	14,4	10,7	12,9	60	8,9	14
14,0	10,1	12,4	59	9,0	14,1	10,2	12,5	59	9,0	14,2	10,3	12,6	59	9,0	14,3	10,5	12,7	59	9,0	14
13,9	9,9	12,2	58	9,1	14,0	10,0	12,3	58	9,2	14,1	10,1	12,4	58	9,2	14,2	10,2	12,5	58	9,2	14
13,8	9,6	12,0	57	9,3	13,9	9,8	12,1	57	9,4	14,0	9,9	12,2	57	9,4	14,1	10,0	12,3	57	9,4	14
13,7	9,4	11,8	56	9,5	13,8	9,5	11,9	56	9,5	13,9	9,7	12,0	56	9,6	14,0	9,8	12,2	56	9,6	14
13,6	9,2	11,7	55	9,7	13,7	9,3	11,8	55	9,7	13,8	9,4	11,9	55	9,8	13,9	9,6	12,0	56	9,8	14
13,5	9,0	11,5	54	9,9	13,6	9,1	11,6	54	9,9	13,7	9,2	11,7	55	9,9	13,8	9,3	11,8	55	10,0	13
13,4	8,7	11,3	53	10,1	13,5	8,9	11,4	54	10,1	13,6	9,0	11,5	54	10,1	13,7	9,1	11,6	54	10,2	13
13,3	8,5	11,1	53	10,2	13,4	8,6	11,2	53	10,3	13,5	8,7	11,3	53	10,3	13,6	8,9	11,4	53	10,3	13
13,2	8,2	10,9	52	10,4	13,3	8,4	11,0	52	10,4	13,4	8,5	11,1	52	10,5	13,5	8,6	11,2	52	10,5	13
13,1	8,0	10,8	51	10,6	13,2	8,1	10,9	51	10,6	13,3	8,3	11,0	51	10,7	13,4	8,4	11,1	51	10,7	13
13,0	7,8	10,6	50	10,8	13,1	7,9	10,7	50	10,8	13,2	8,0	10,8	50	10,8	13,3	8,2	10,9	51	10,9	13
12,9	7,5	10,4	49	10,9	13,0	7,6	10,5	49	11,0	13,1	7,8	10,6	50	11,0	13,2	7,9	10,7	50	11,1	13
12,8	7,3	10,2	48	11,1	12,9	7,4	10,3	49	11,2	13,0	7,5	10,4	49	11,2	13,1	7,7	10,5	49	11,2	13
12,7	7,0	10,1	48	11,3	12,8	7,1	10,1	48	11,3	12,9	7,3	10,2	48	11,4	13,0	7,4	10,3	48	11,4	13
12,6	6,7	9,9	47	11,5	12,7	6,9	10,0	47	11,5	12,8	7,0	10,1	47	11,6	12,9	7,2	10,2	47	11,6	13
12,5	6,5	9,7	46	11,7	12,6	6,6	9,8	46	11,7	12,7	6,8	9,9	46	11,7	12,8	6,9	10,0	46	11,8	12
12,4	6,2	9,5	45	11,8	12,5	6,4	9,6	45	11,9	12,6	6,5	9,7	45	11,9	12,7	6,6	9,8	46	11,9	12
12,3	5,9	9,3	44	12,0	12,4	6,1	9,4	44	12,0	12,5	6,2	9,5	45	12,1	12,6	6,4	9,6	45	12,1	12
12,2	5,7	9,2	43	12,2	12,3	5,8	9,3	44	12,2	12,4	6,0	9,4	44	12,3	12,5	6,1	9,5	44	12,3	12
12,1	5,4	9,0	43	12,3	12,2	5,5	9,1	43	12,4	12,3	5,7	9,2	43	12,4	12,4	5,8	9,3	43	12,5	12
12,0	5,1	8,8	42	12,5	12,1	5,3	8,9	42	12,6	12,2	5,4	9,0	42	12,6	12,3	5,6	9,1	42	12,6	12
11,9	4,8	8,7	41	12,7	12,0	5,0	8,7	41	12,7	12,1	5,1	8,8	41	12,8	12,2	5,3	8,9	42	12,8	12
11,8	4,6	8,5	40	12,9	11,9	4,7	8,6	40	12,9	12,0	4,9	8,7	41	13,0	12,1	5,0	8,8	41	13,0	12
11,7	4,3	8,3	39	13,0	11,8	4,4	8,4	40	13,1	11,9	4,6	8,5	40	13,1	12,0	4,7	8,6	40	13,2	12
11,6	4,0	8,1	39	13,2	11,7	4,1	8,2	39	13,3	11,8	4,3	8,3	39	13,3	11,9	4,4	8,4	39	13,3	12
11,5	3,7	8,0	38	13,4	11,6	3,8	8,1	38	13,4	11,7	4,0	8,2	38	13,5	11,8	4,1	8,2	38	13,5	11
11,4	3,4	7,8	37	13,5	11,5	3,5	7,9	37	13,6	11,6	3,7	8,0	37	13,6	11,7	3,8	8,1	38	13,7	11
11,3	3,1	7,6	36	13,7	11,4	3,9	7,7	36	13,8	11,5	3,4	7,8	37	13,8	11,6	3,5	7,9	37	13,9	11

4) $e_{\text{испр}} = e_{1000} + \Delta e = 8,6 + 0,15 = 8,75$ гПа

5) В графе e точного значения (8,75) нет. Находим ближайшее (8,7 и 8,9).
Значение 8,75 ближе к 8,7.

t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'
18,5					18,6					18,7										
14,2	10,5	12,8	60	8,6	14,3	10,7	12,9	60	8,6	14,4	10,8	13,0	61	8,6	14,5	10,9	13,1	61	8,7	14
14,1	10,3	12,6	59	8,8	14,2	10,4	12,7	60	8,8	14,3	10,6	12,8	60	8,8	14,4	10,7	12,9	60	8,9	14
14,0	10,1	12,4	59	9,0	14,1	10,2	12,5	59	9,0	14,2	10,3	12,6	59	9,0	14,3	10,5	12,7	59	9,0	14
13,9	9,9	12,2	58	9,1	14,0	10,0	12,3	58	9,2	14,1	10,1	12,4	58	9,2	14,2	10,2	12,5	58	9,2	14
13,8	9,6	12,0	57	9,3	13,9	9,8	12,1	57	9,4	14,0	9,9	12,2	57	9,4	14,1	10,0	12,3	57	9,4	14
13,7	9,4	11,8	56	9,5	13,8	9,5	11,9	56	9,5	13,9	9,7	12,0	56	9,6	14,0	9,8	12,2	56	9,6	14
13,6	9,2	11,7	55	9,7	13,7	9,3	11,8	55	9,7	13,8	9,4	11,9	55	9,8	13,9	9,6	12,0	56	9,8	14
13,5	9,0	11,5	54	9,9	13,6	9,1	11,6	54	9,9	13,7	9,2	11,7	55	9,9	13,8	9,3	11,8	55	10,0	13
13,4	8,7	11,3	53	10,1	13,5	8,9	11,4	54	10,1	13,6	9,0	11,5	54	10,1	13,7	9,1	11,6	54	10,2	13
13,3	8,5	11,1	53	10,2	13,4	8,6	11,2	53	10,3	13,5	8,7	11,3	53	10,3	13,6	8,9	11,4	53	10,3	13
13,2	8,2	10,9	52	10,4	13,3	8,4	11,0	52	10,4	13,4	8,5	11,1	52	10,5	13,5	8,6	11,2	52	10,5	13
13,1	8,0	10,8	51	10,6	13,2	8,1	10,9	51	10,6	13,3	8,3	11,0	51	10,7	13,4	8,4	11,1	51	10,7	13
13,0	7,8	10,6	50	10,8	13,1	7,9	10,7	50	10,8	13,2	8,0	10,8	50	10,8	13,3	8,2	10,9	51	10,9	13
12,9	7,5	10,4	49	10,9	13,0	7,6	10,5	49	11,0	13,1	7,8	10,6	50	11,0	13,2	7,9	10,7	50	11,1	13
12,8	7,3	10,2	48	11,1	12,9	7,4	10,3	49	11,2	13,0	7,5	10,4	49	11,2	13,1	7,7	10,5	49	11,2	13
12,7	7,0	10,1	48	11,3	12,8	7,1	10,1	48	11,3	12,9	7,3	10,2	48	11,4	13,0	7,4	10,3	48	11,4	13
12,6	6,7	9,9	47	11,5	12,7	6,9	10,0	47	11,5	12,8	7,0	10,1	47	11,6	12,9	7,2	10,2	47	11,6	13
12,5	6,5	9,7	46	11,7	12,6	6,6	9,8	46	11,7	12,7	6,8	9,9	46	11,7	12,8	6,9	10,0	46	11,8	12
12,4	6,2	9,5	45	11,8	12,5	6,4	9,6	45	11,9	12,6	6,5	9,7	45	11,9	12,7	6,6	9,8	46	11,9	12
12,3	5,9	9,3	44	12,0	12,4	6,1	9,4	44	12,0	12,5	6,2	9,5	45	12,1	12,6	6,4	9,6	45	12,1	12
12,2	5,7	9,2	43	12,2	12,3	5,8	9,3	44	12,2	12,4	6,0	9,4	44	12,3	12,5	6,1	9,5	44	12,3	12
12,1	5,4	9,0	43	12,3	12,2	5,5	9,1	43	12,4	12,3	5,7	9,2	43	12,4	12,4	5,8	9,3	43	12,5	12
12,0	5,1	8,8	42	12,5	12,1	5,3	8,9	42	12,6	12,2	5,4	9,0	42	12,6	12,3	5,6	9,1	42	12,6	12
11,9	4,8	8,7	41	12,7	12,0	5,0	8,7	41	12,7	12,1	5,1	8,8	41	12,8	12,2	5,3	8,9	42	12,8	12
11,8	4,6	8,5	40	12,9	11,9	4,7	8,6	40	12,9	12,0	4,9	8,7	41	13,0	12,1	5,0	8,8	41	13,0	12
11,7	4,3	8,3	39	13,0	11,8	4,4	8,4	40	13,1	11,9	4,6	8,5	40	13,1	12,0	4,7	8,6	40	13,2	12
11,6	4,0	8,1	39	13,2	11,7	4,1	8,2	39	13,3	11,8	4,3	8,3	39	13,3	11,9	4,4	8,4	39	13,3	12
11,5	3,7	8,0	38	13,4	11,6	3,8	8,1	38	13,4	11,7	4,0	8,2	38	13,5	11,8	4,1	8,2	38	13,5	11
11,4	3,4	7,8	37	13,5	11,5	3,5	7,9	37	13,6	11,6	3,7	8,0	37	13,6	11,7	3,8	8,1	38	13,7	11
11,3	3,1	7,6	36	13,7	11,4	3,9	7,7	36	13,8	11,5	3,4	7,8	37	13,8	11,6	3,5	7,9	37	13,9	11

6) По этой строчке переписываем характеристики влажности.

e	8,7	f	41
d	12,7	t_d	5,0

Пример 2.

$t = -6,8^{\circ}\text{C}$

$t' = -9,9^{\circ}\text{C}$ (на батисте лед)

$P = 983,4 \text{ гПа}$

Определить характеристики влажности

1. $t - t' = -6,8 - (-9,9) = 3,1^{\circ}\text{C}$, $P \approx 980 \text{ гПа}$

2. По таблице 3 «лед» находим $\Delta e = 0,04 \text{ гПа}$

ТАБЛИЦА 3		$t - t'$																				
$p \text{ гПа}$		0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
ЛЕД 0°C до 10°C	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	990	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
	980	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14
	970	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
	960	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,28
	950	0,00	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35
	940	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42
	930	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,47	0,49
	920	0,00	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,56
	910	0,00	0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,54	0,57	0,60	0,63
	900	0,00	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70
890	0,00	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,69	0,73	0,77	
880	0,00	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67	0,72	0,76	0,80	0,84	
870	0,00	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,46	0,50	0,55	0,59	0,64	0,68	0,73	0,77	0,82	0,87	0,91	
860	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0,69	0,74	0,79	0,83	0,88	0,93	0,98	
850	0,00	0,05	0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,05	
840	0,00	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50	0,56	0,62	0,67	0,73	0,79	0,84	0,90	0,95	1,01	1,07	1,12	
830	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,77	0,83	0,89	0,95	1,01	1,07	1,13	1,19	
820	0,00	0,06	0,13	0,19	0,25	0,32	0,38	0,44	0,50	0,57	0,63	0,69	0,76	0,82	0,88	0,95	1,01	1,07	1,14	1,20	1,26	
810	0,00	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,67	0,73	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	

3. По таблице 2 температуре сухого термометра находим колонку, а в графе t' - значение температуры смоченного термометра и снимаем $e_{1000} = 0,46 \text{ гПа}$

ТАБЛИЦА 2																																		
t' t_s e f d					t' t_s e f d					t' t_s e f d					t' t_s e f d					t' t_s e f d														
-7,0					-6,9					-6,8					-6,7					-6,6														
-8,9	-17,7	1,54	43	2,09	-8,8	-17,5	1,57	43	2,10	-8,7	-17,3	1,59	44	2,10	-8,7	-17,8	1,52	41	2,20	-8,6	-17,6	1,55	42	2,20	-8,6	-17,6	1,55	42	2,20	-8,5	-17,4	1,58	43	2,20
-9,0	-18,4	1,45	40	2,19	-8,9	-18,2	1,47	41	2,19	-8,8	-18,0	1,50	41	2,19	-8,8	-18,6	1,43	39	2,29	-8,7	-18,4	1,45	39	2,30	-8,7	-18,4	1,45	39	2,30	-8,6	-18,2	1,48	40	2,30
-9,1	-19,2	1,35	38	2,28	-9,0	-19,0	1,38	38	2,29	-8,9	-18,8	1,40	38	2,29	-8,9	-19,4	1,33	36	2,39	-8,8	-19,2	1,36	37	2,39	-8,8	-19,2	1,36	37	2,39	-8,7	-19,0	1,39	38	2,39
-9,2	-20,1	1,26	35	2,38	-9,1	-19,8	1,28	35	2,38	-9,0	-19,6	1,31	36	2,38	-9,0	-20,2	1,24	34	2,48	-8,9	-20,0	1,26	34	2,49	-8,9	-20,0	1,26	34	2,49	-8,8	-19,8	1,29	35	2,49
-9,3	-21,0	1,16	32	2,47	-9,2	-20,7	1,19	33	2,48	-9,1	-20,5	1,21	33	2,48	-9,1	-21,2	1,14	31	2,58	-9,0	-21,0	1,17	32	2,58	-9,0	-21,0	1,17	32	2,58	-8,9	-20,8	1,20	33	2,58
-9,4	-21,9	1,07	30	2,57	-9,3	-21,7	1,09	30	2,57	-9,2	-21,4	1,12	31	2,58	-9,2	-22,2	1,05	29	2,67	-9,1	-22,0	1,07	29	2,68	-9,1	-22,0	1,07	29	2,68	-9,0	-21,8	1,10	30	2,68
-9,5	-23,0	0,97	27	2,66	-9,4	-22,7	1,00	28	2,67	-9,3	-22,4	1,02	28	2,67	-9,3	-23,2	0,95	26	2,77	-9,2	-23,0	0,98	27	2,77	-9,2	-23,0	0,98	27	2,77	-9,1	-22,8	1,01	28	2,77
-9,6	-24,1	0,88	25	2,76	-9,5	-23,8	0,90	25	2,76	-9,4	-23,5	0,93	26	2,76	-9,4	-24,4	0,86	24	2,86	-9,3	-24,2	0,88	24	2,87	-9,3	-24,2	0,88	24	2,87	-9,2	-24,0	0,91	25	2,87
-9,7	-25,4	0,79	22	2,85	-9,6	-25,1	0,81	23	2,85	-9,5	-24,7	0,83	23	2,86	-9,5	-25,7	0,76	21	2,96	-9,4	-25,4	0,79	22	2,96	-9,4	-25,4	0,79	22	2,96	-9,3	-25,2	0,82	23	2,96
-9,8	-26,8	0,69	20	2,94	-9,7	-26,4	0,72	20	2,95	-9,6	-26,1	0,74	21	2,95	-9,6	-27,2	0,67	18	3,05	-9,5	-26,8	0,69	19	3,06	-9,5	-26,8	0,69	19	3,06	-9,4	-26,6	0,72	20	3,06
-9,9	-28,4	0,60	17	3,04	-9,8	-28,0	0,62	17	3,04	-9,7	-27,6	0,65	18	3,05	-9,7	-28,8	0,58	16	3,15	-9,6	-28,4	0,60	16	3,15	-9,6	-28,4	0,60	16	3,15	-9,5	-28,2	0,63	17	3,15
-10,0	-30,2	0,50	14	3,13	-9,9	-29,7	0,53	15	3,14	-9,8	-29,3	0,55	15	3,14	-9,8	-30,7	0,48	13	3,24	-9,7	-30,2	0,51	14	3,24	-9,7	-30,2	0,51	14	3,24	-9,6	-30,0	0,54	15	3,24
-10,1	-32,3	0,41	12	3,22	-10,0	-31,8	0,43	12	3,23	-9,9	-31,2	0,46	13	3,23	-9,9	-33,0	0,39	11	3,33	-9,8	-32,3	0,41	11	3,34	-9,8	-32,3	0,41	11	3,34	-9,7	-32,0	0,44	12	3,34
-10,2	-35,0	0,32	9	3,32	-10,1	-34,3	0,34	10	3,32	-10,0	-33,6	0,36	10	3,33	-10,0	-35,8	0,29	8	3,43	-9,9	-35,0	0,32	9	3,43	-9,9	-35,0	0,32	9	3,43	-9,8	-34,6	0,35	10	3,43
-10,3	-38,4	0,23	7	3,41	-10,2	-37,5	0,25	7	3,42	-10,1	-36,6	0,27	8	3,42	-10,1	-39,5	0,20	6	3,52	-10,0	-38,5	0,23	6	3,52	-10,0	-38,5	0,23	6	3,52	-9,9	-38,2	0,26	7	3,52
-10,4	-43,5	0,13	4	3,50	-10,3	-42,0	0,16	5	3,51	-10,2	-40,7	0,18	5	3,51	-10,2	-45,4	0,11	3	3,61	-10,1	-43,6	0,13	4	3,62	-10,1	-43,6	0,13	4	3,62	-10,0	-43,3	0,16	5	3,62

4. Находим $e_{\text{испр}} = e_{1000} + \Delta e = 0,46 + 0,04 = 0,50 \text{ гПа}$

5. По таблице 2 в графе e значение $e_{\text{испр}}$ нет, но оно находится между 0,46 и 0,55; выбираем ближайшее значение к 0,50 - это 0,46. По горизонтали снимаем характеристики влажности

e	0,46	f	13
d	3,23	t_d	-31,2

Самостоятельно вычислить характеристики влажности по результатам наблюдений стационарного психрометра:

Пример 1:

Дано: $t = 9,8^{\circ}\text{C}$

$t' = 6,4$

$P = 997,3 \text{ гПа}$

Определить: e, f, d, t_d - ?

Пример 2:

Дано: $t = -6,1^{\circ}\text{C}$

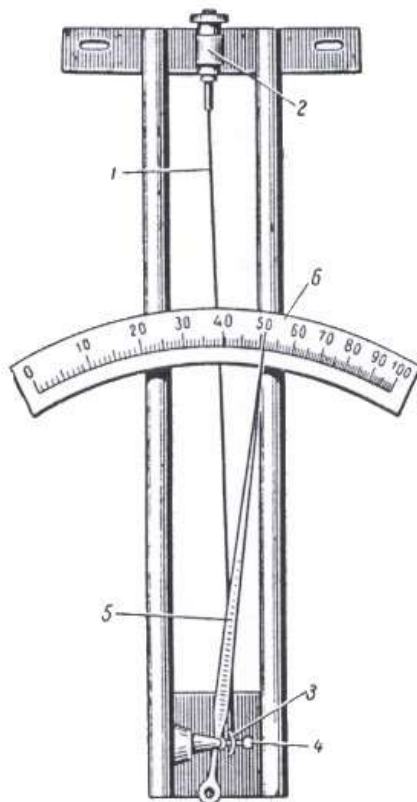
$t' = -9,4^{\text{л}}$ (на батисте «лед»)

$P = 1005,7 \text{ гПа}$

Определить: e, f, d, t_d - ?

Гигрометр волосной метеорологический предназначен для измерения влажности воздуха при температуре воздуха ниже минус 10°C (рисунок 2) .

Действие волосного гигрометра основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса **изменять свою длину в зависимости от изменения влажности воздуха.**



1 – волос; 2 - гайка; 3 - кулачок; 4 - грузик; 5 - стрелка; 6 – шкала.

Рисунок 2 – Гигрометр волосной

Для вычисления характеристик влажности необходимы данные:

- ✓ о температуре воздуха (сухой термометр или низкоградусный);
- ✓ влажность воздуха по гигрометру;
- ✓ график сравнения показаний гигрометра и психрометра (график ТМ-9)
- ✓ психрометрическая таблица №1

Переводной график для гигрометра составляется на специальном бланке формы ТМ-9 или на миллиметровой бумаге (рисунок 3). Проводят две взаимно перпендикулярные оси, на вертикальной оси откладывают значения относительной влажности по данным психрометра от 100 до 10% (масштаб 1:1%), а на горизонтальной оси – показания гигрометра, уменьшающиеся слева направо от 100%.

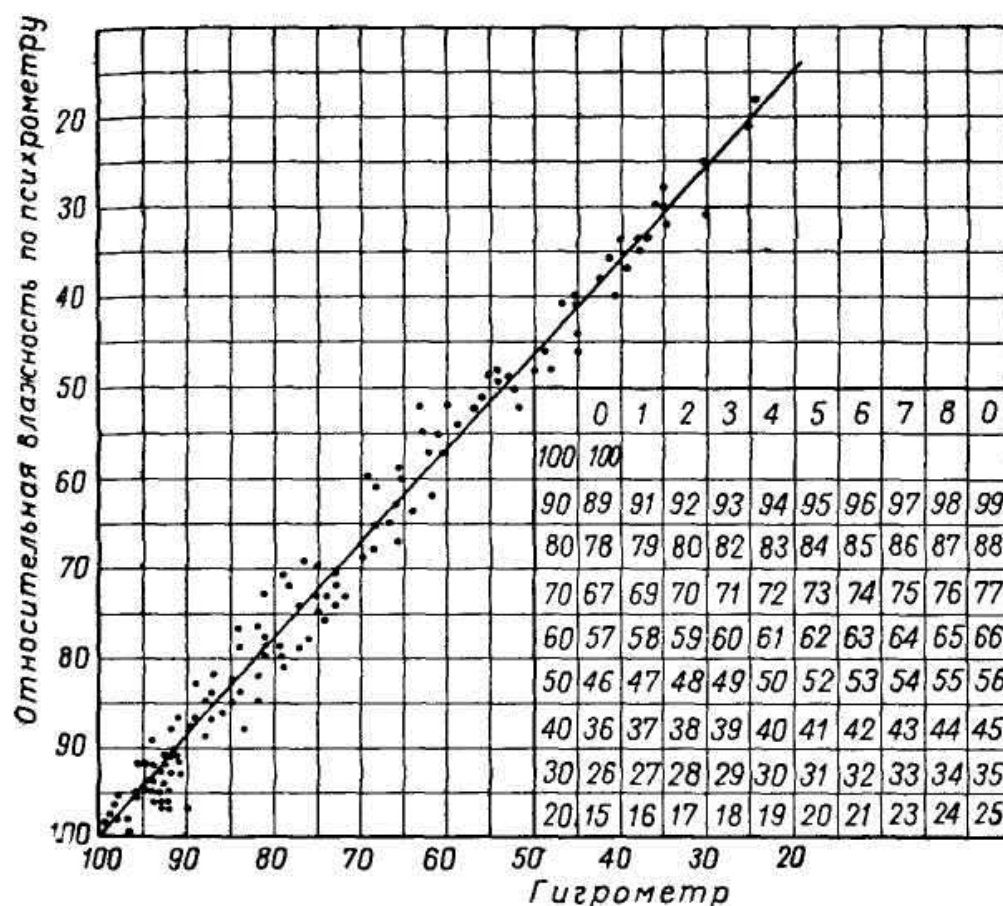


Рисунок 3 –График сравнения показаний гигрометра и психрометра (график ТМ-9)

			отсч.	попр.	испр.	отсч.	попр.	испр.
Температура воздуха	сухой термометр		8,4	0,2	8,6	4,3	0,2	4,5
	смоченный термометр		8,4	0,0	8,4	4,4	0,0	4,4
	минимальный	спирт	8,6	0,1	8,7	4,4	0,2	4,6
		штифт	6,4	0,2		4,4	0,2	
	максимальный	до встряхив.	8,6	0,1	8,7	4,8	0,0	4,8
		после встряхив.	8,6	0,1	8,7	4,4	0,0	4,4
Влажность	гигрометр		96 / 93			95 / 92		
	парц.давление водян. пара	относ.	11,0	98		8,28	98	
	дефицит насыщен.	точка росы	0,2	8,4		0,14	4,3	

Алгоритм вычисления характеристик влажности воздуха по таблице 1

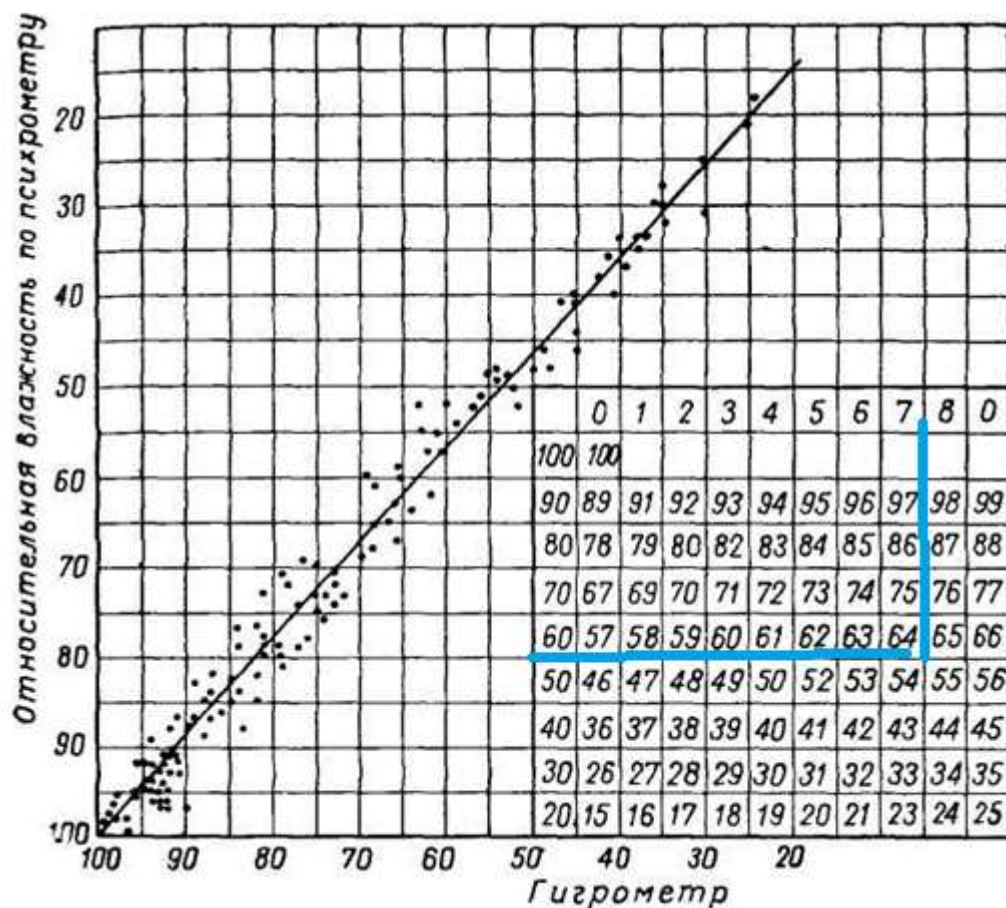
1. Влажность воздуха, измеренную с помощью гигрометра, переводим по графику ТМ-9в значения по психрометру
2. По таблице 1 находим колонку с температурой сухого термометра , а в графе f - исправленное значение влажности воздуха. При отсутствии точного

значения влажности воздуха берем ближайшее значение. На горизонтали снимаем соответствующие значения e , t_d , d . Значения e и d округляем до сотых долей гПа.

Пример 1. Дано: $t = -18,6^{\circ}\text{C}$, гигрометр 67%

Определить характеристики влажности: e , f , d , t_d – ?

- 1) Значение влажности воздуха переводим по графику ТМ-9 в значение влажности воздуха по психрометру (рисунок 3)



e	f 64
d	t_d

3. По таблице 1 находим колонку с температурой сухого термометра $-18,6$, а в графе f - 64%.

4. На горизонтали снимаем соответствующие значения e , t_d , d . Значения e и d округляем до сотых долей гПа.

ТАБЛИЦА 1

f	e	t_d	d	f	e	t_d	d	f	e	t_d	d	f	e	t_d	d
-18,8				-18,7				-18,6				-18,5			
100	1,392	-18,8	0,000	100	1,404	-18,7	0,000	100	1,416	-18,6	0,000	100	1,428	-18,5	0,000
95	1,323	-19,4	0,070	95	1,334	-19,3	0,070	95	1,345	-19,2	0,071	95	1,357	-19,1	0,071
90	1,253	-20,0	0,139	90	1,264	-19,9	0,140	90	1,274	-19,8	0,142	90	1,285	-19,7	0,143
85	1,183	-20,7	0,209	85	1,193	-20,6	0,211	85	1,204	-20,5	0,212	85	1,214	-20,4	0,214
80	1,114	-21,4	0,278	80	1,123	-21,3	0,281	80	1,133	-21,2	0,283	80	1,142	-21,1	0,286
75	1,044	-22,1	0,348	75	1,053	-22,0	0,351	75	1,062	-21,9	0,354	75	1,071	-21,8	0,357
70	0,974	-22,9	0,418	70	0,983	-22,8	0,421	70	0,991	-22,7	0,425	70	1,000	-22,6	0,428
65	0,905	-23,7	0,487	65	0,913	-23,7	0,491	65	0,920	-23,6	0,496	65	0,928	-23,5	0,500
60	0,835	-24,6	0,557	60	0,842	-24,5	0,562	60	0,850	-24,5	0,566	60	0,857	-24,4	0,571
55	0,766	-25,6	0,626	55	0,772	-25,5	0,632	55	0,779	-25,4	0,637	55	0,785	-25,3	0,643
50	0,696	-26,7	0,696	50	0,702	-26,6	0,702	50	0,708	-26,5	0,708	50	0,714	-26,4	0,714
45	0,626	-27,8	0,766	45	0,632	-27,7	0,772	45	0,637	-27,6	0,779	45	0,643	-27,5	0,785
40	0,557	-29,1	0,835	40	0,562	-29,0	0,842	40	0,566	-28,9	0,850	40	0,571	-28,8	0,857
35	0,487	-30,5	0,905	35	0,491	-30,4	0,913	35	0,496	-30,3	0,920	35	0,500	-30,2	0,928
30	0,418	-32,1	0,974	30	0,421	-32,0	0,983	30	0,425	-31,9	0,991	30	0,428	-31,8	1,000
25	0,348	-34,0	1,044	25	0,351	-33,9	1,053	25	0,354	-33,8	1,062	25	0,357	-33,7	1,071
20	0,278	-36,3	1,114	20	0,281	-36,2	1,123	20	0,283	-36,1	1,133	20	0,286	-36,0	1,142
15	0,209	-39,1	1,183	15	0,211	-39,0	1,193	15	0,212	-38,9	1,204	15	0,214	-38,8	1,214
10	0,139	-43,0	1,253	10	0,140	-42,9	1,264	10	0,142	-42,8	1,274	10	0,143	-42,7	1,285
5	0,070	-49,3	1,323	5	0,070	-49,2	1,334	5	0,071	-49,1	1,345	5	0,071	-49,1	1,357

от
-18,8
до
-17,4

e	0,92	f	64
d	0,50	t_d	-23,6

Самостоятельно вычислить характеристики влажности по гигрометру:

Пример 3:

Дано: $t = -29,8^{\circ}\text{C}$, гигрометр 82%

Определить: e, f, d, t_d - ?

Пример 4:

Дано: $t = -10,3^{\circ}\text{C}$, гигрометр 70 %

Определить: e, f, d, t_d - ?