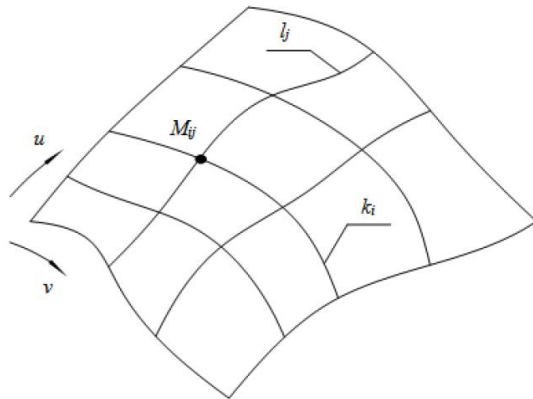


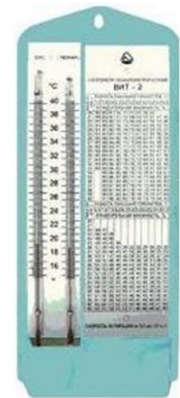
## Аппроксимация функции двух переменных кубическим сплайном для расширения психрометрической таблицы гигрометра

Ищенко Юрий Борисович

Разработана компьютерная программа для поиска решения задачи аппроксимации данных по двум изменяющимся параметрам представленным в виде таблицы таким образом, что значения функции в контрольных точках соответствуют табличным. В программе использовался алгоритм расчета коэффициентов функции кубического сплайна. В качестве примера решения задачи аппроксимации построена расширенная психрометрическая таблица гигрометра.



Показания сухого термометра, °С	33,8
Показания влажного термометра, °С	30,6
Разность показаний термометров, °С	3,20
Относительная влажность воздуха, %	78,28



На основании табличных данных стандартных психрометров ВИТ-1 и ВИТ-2 рассчитаны коэффициенты аппроксимирующей функции кубического сплайна двух переменных позволяющей рассчитать относительную влажность воздуха для промежуточных данных температуры сухого и влажного термометров касательно стандартной психрометрической таблицы. Особенность полученной функции - соответствие ее значений в контрольных точках стандартной таблицы.

Рассчитана психрометрическая таблица гигрометра с промежуточными данными для изменения шкалы сухого термометра от 5 °С до 40 °С с шагом 0,1 °С и разности сухого и влажного термометра от 0,5 °С до 11,5 °С с шагом 0,1 °С.

**Ключевые слова:** аппроксимация, интерполяция, гигрометр, ВИТ-1, ВИТ-2, кубический сплайн, относительная влажность воздуха, психрометрическая таблица, сухой термометр, влажный термометр, точный психрометр, функция двух переменных.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

**Таблица 1. Гигрометр ВИТ-1 психрометрическая таблица. Скорость аспирации от 0,5 до 1,0 м/с**

Температура сухого термометра °С	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11
	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С																					
5	91	83	75	66	58	50	42	34	26	19												
6	92	84	76	67	60	52	45	37	30	22	15											
7	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19											
8	92	85	78	70	63	56	49	42	36	29	22	16										
9	93	86	79	71	65	58	51	45	38	32	25	19										
10	93	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16									
11	93	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20									
12	93	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18								
13	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20								
14	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18							
15	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18						
16	94	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20						
17	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19					
18		90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17				
19		90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19				
20		90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	18			
21		90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17		
22		91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	23	19		
23		91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	25	21	18	
24		91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	27	24	20	
25		91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	29	26	22	19

**Таблица 2. Гигрометр ВИТ-2 психрометрическая таблица. Скорость аспирации от 0,5 до 1,0 м/с**

Температура сухого термометра °С	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5
	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С																					
20	90	85	81	76	71	67	63	58	54													
21	90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47											
22	91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41									
23	91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39								
24	91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40								
25	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38							
26	92	88	84	80	76	72	69	65	61	58	54	51	49	44	42	39	35	32	29	26	23	20
27	92	88	84	80	77	73	69	66	62	59	55	52	50	46	43	41	36	33	30	28	25	22
28	92	88	84	81	77	73	70	66	63	60	56	53	51	47	44	42	38	35	32	29	27	24
29	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	57	54	52	48	45	43	39	36	34	31	28	25
30	92	89	85	82	78	75	71	68	65	61	58	55	53	49	46	44	41	38	35	32	30	27
31	93	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	56	54	50	47	46	42	39	36	34	31	29
32	93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60	57	55	51	48	47	43	40	38	35	33	30
33	93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61	58	56	52	49	48	44	41	39	36	34	32
34		90	86	83	80	76	73	70	67	64	61	59	57	53	50	49	45	43	40	38	35	33
35		90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	51	49	46	44	41	39	36	34
36		90	87	83	80	77	74	71	68	66	63	60	58	55	52	50	47	45	42	40	38	35
37		90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	59	56	53	51	48	46	43	41	39	36
38		90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	61	59	56	54	52	49	47	44	42	40	37
39		90	87	84	81	78	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	50	48	45	43	41	39
40		91	88	85	82	79	76	73	70	68	65	63	61	58	55	53	51	48	46	44	42	39

## Подготовка данных для решения задачи

**Таблица 3. Объединенная психрометрическая таблица ВИТ-1 и ВИТ-2**

Гигрометр ВИТ-1 психрометрическая таблица. Скорость аспирации от 0,5 до 1,0 м/с  
 Гигрометр ВИТ-2 психрометрическая таблица. Скорость аспирации от 0,5 до 1,0 м/с

Температура сухого термометра °C	Разность показаний сухого и влажного термометра, °C																							
	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	10,5	11,0	11,5	
5	91	83	75	66	58	50	42	34	26	19														
6	92	84	76	67	60	52	45	37	30	22	15													
7	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19													
8	92	85	78	70	63	56	49	42	36	29	22	16												
9	93	86	79	71	65	58	51	45	38	32	25	19												
10	93	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16											
11	93	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20											
12	93	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18										
13	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20										
14	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18									
15	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18								
16	94	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20								
17	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19							
18		90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17						
19		90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19						
20		90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	18					
21		90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17				
22		91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	23	19				
23		91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	25	21	18			
24		91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	27	24	20			
25		91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	29	26	22	19		
26		92	88	84	80	76	72	69	65	61	58	54	51	49	44	42	39	35	32	29	26	23	20	
27		92	88	84	80	77	73	69	66	62	59	55	52	50	46	43	41	36	33	30	28	25	22	
28		92	88	84	81	77	73	70	66	63	60	56	53	51	47	44	42	38	35	32	29	27	24	
29		92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	57	54	52	48	45	43	39	36	34	31	28	25	
30		92	89	85	82	78	75	71	68	65	61	58	55	53	49	46	44	41	38	35	32	30	27	
31		93	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	56	54	50	47	46	42	39	36	34	31	29	
32		93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60	57	55	51	48	47	43	40	38	35	33	30	
33		93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61	58	56	52	49	48	44	41	39	36	34	32	
34			90	86	83	80	76	73	70	67	64	61	59	57	53	50	49	45	43	40	38	35	33	
35			90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	51	49	46	44	41	39	36	34	
36			90	87	83	80	77	74	71	68	66	63	60	58	55	52	50	47	45	42	40	38	35	
37			90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	59	56	53	51	48	46	43	41	39	36	
38			90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	61	59	56	54	52	49	47	44	42	40	37	
39			90	87	84	81	78	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	50	48	45	43	41	39	
40			91	88	85	82	79	76	73	70	68	65	63	61	58	55	53	51	48	46	44	42	39	

## Полученный результат

**Таблица 4. Часть расширенной психрометрической таблицы полученной с помощью аппроксимации исходных данных таблиц психрометров ВИТ-1 и ВИТ-2 функцией кубического сплайна**

Температура сухого термометра °C	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
	Разность показаний сухого и влажного термометра, °C															
33,0	79,00	78,40	77,80	77,20	76,60	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,1	79,10	78,48	77,86	77,24	76,62	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,2	79,20	78,56	77,92	77,28	76,64	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,3	79,30	78,64	77,98	77,32	76,66	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,4	79,40	78,72	78,04	77,36	76,68	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,5	79,50	78,80	78,10	77,40	76,70	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,6	79,60	78,88	78,16	77,44	76,72	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,7	79,70	78,96	78,22	77,48	76,74	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,8	79,80	79,04	78,28	77,52	76,76	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
33,9	79,90	79,12	78,34	77,56	76,78	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
34,0	80,00	79,20	78,40	77,60	76,80	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60	70,00
34,1	80,00	79,22	78,44	77,66	76,88	76,10	75,50	74,90	74,30	73,70	73,10	72,50	71,90	71,30	70,70	70,10
34,2	80,00	79,24	78,48	77,72	76,96	76,20	75,60	75,00	74,40	73,80	73,20	72,60	72,00	71,40	70,80	70,20
34,3	80,00	79,26	78,52	77,78	77,04	76,30	75,70	75,10	74,50	73,90	73,30	72,70	72,10	71,50	70,90	70,30
34,4	80,00	79,28	78,56	77,84	77,12	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00	70,40
34,5	80,00	79,30	78,60	77,90	77,20	76,50	75,90	75,30	74,70	74,10	73,50	72,90	72,30	71,70	71,10	70,50
34,6	80,00	79,32	78,64	77,96	77,28	76,60	76,00	75,40	74,80	74,20	73,60	73,00	72,40	71,80	71,20	70,60
34,7	80,00	79,34	78,68	78,02	77,36	76,70	76,10	75,50	74,90	74,30	73,70	73,10	72,50	71,90	71,30	70,70
34,8	80,00	79,36	78,72	78,08	77,44	76,80	76,20	75,60	75,00	74,40	73,80	73,20	72,60	72,00	71,40	70,80
34,9	80,00	79,38	78,76	78,14	77,52	76,90	76,30	75,70	75,10	74,50	73,90	73,30	72,70	72,10	71,50	70,90
35,0	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,1	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,2	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,3	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,4	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,5	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,6	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,7	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,8	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
35,9	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00
36,0	80,00	79,40	78,80	78,20	77,60	77,00	76,40	75,80	75,20	74,60	74,00	73,40	72,80	72,20	71,60	71,00

Примечание: стрелки на таблице показывают принцип определения относительной влажности воздуха по показаниям сухого и разности сухого и влажного термометров;  – обозначение узловых точек, соответствующих таблицам гигрометров ВИТ-1, ВИТ-2.

Температура сухого термометра °C	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11
	33,0	41,00	40,60	40,20	39,80	39,40	39,00	38,40	37,80	37,20	36,60	36,00	35,60	35,20	34,80	34,40
33,1	41,20	40,78	40,36	39,94	39,52	39,10	38,52	37,94	37,36	36,78	36,20	35,78	35,36	34,94	34,52	34,10
33,2	41,40	40,96	40,52	40,08	39,64	39,20	38,64	38,08	37,52	36,96	36,40	35,96	35,52	35,08	34,64	34,20
33,3	41,60	41,14	40,68	40,22	39,76	39,30	38,76	38,22	37,68	37,14	36,60	36,14	35,68	35,22	34,76	34,30
33,4	41,80	41,32	40,84	40,36	39,88	39,40	38,88	38,36	37,84	37,32	36,80	36,32	35,84	35,36	34,88	34,40
33,5	42,00	41,50	41,00	40,50	40,00	39,50	39,00	38,50	38,00	37,50	37,00	36,50	36,00	35,50	35,00	34,50
33,6	42,20	41,68	41,16	40,64	40,12	39,60	39,12	38,64	38,16	37,68	37,20	36,68	36,16	35,64	35,12	34,60
33,7	42,40	41,86	41,32	40,78	40,24	39,70	39,24	38,76	38,32	37,86	37,40	36,86	36,32	35,78	35,24	34,70
33,8	42,60	42,04	41,48	40,92	40,36	39,80	39,36	38,92	38,48	38,04	37,60	37,04	36,48	35,92	35,36	34,80
33,9	42,80	42,22	41,64	41,06	40,48	39,90	39,48	39,06	38,64	38,22	37,80	37,22	36,64	36,06	35,48	34,90
34,0	43,00	42,40	41,80	41,20	40,60	40,00	39,60	39,20	38,80	38,40	38,00	37,40	36,80	36,20	35,60	35,00
34,1	43,10	42,50	41,90	41,30	40,70	40,10	39,70	39,30	38,90	38,50	38,10	37,50	36,90	36,30	35,70	35,10
34,2	43,20	42,60	42,00	41,40	40,80	40,20	39,80	39,40	39,00	38,60	38,20	37,60	37,00	36,40	35,80	35,20
34,3	43,30	42,70	42,10	41,50	40,90	40,30	39,90	39,50	39,10	38,70	38,30	37,70	37,10	36,50	35,90	35,30
34,4	43,40	42,80	42,20	41,60	41,00	40,40	40,00	39,60	39,20	38,80	38,40	37,80	37,20	36,60	36,00	35,40
34,5	43,50	42,90	42,30	41,70	41,10	40,50	40,10	39,70	39,30	38,90	38,50	37,90	37,30	36,70	36,10	35,50
34,6	43,60	43,00	42,40	41,80	41,20	40,60	40,20	39,80	39,40	39,00	38,60	38,00	37,40	36,80	36,20	35,60
34,7	43,70	43,10	42,50	41,90	41,30	40,70	40,30	39,90	39,50	39,10	38,70	38,10	37,50	36,90	36,30	35,70
34,8	43,80	43,20	42,60	42,00	41,40	40,80	40,40	40,00	39,60	39,20	38,80	38,20	37,60	37,00	36,40	35,80
34,9	43,90	43,30	42,70	42,10	41,50	40,90	40,50	40,10	39,70	39,30	38,90	38,30	37,70	37,10	36,50	35,90
35,0	44,00	43,40	42,80	42,20	41,60	41,00	40,60	40,20	39,80	39,40	39,00	38,40	37,80	37,20	36,60	36,00
35,1	44,10	43,50	42,90	42,30	41,70	41,10	40,70	40,30	39,90	39,50	39,10	38,52	37,94	37,36	36,78	36,20
35,2	44,20	43,60	43,00	42,40	41,80	41,20	40,80	40,40	40,00	39,60	39,20	38,64	38,08	37,52	36,96	36,40
35,3	44,30	43,70	43,10	42,50	41,90	41,30	40,90	40,50	40,10	39,70	39,30	38,76	38,22	37,68	37,14	36,60
35,4	44,40	43,80	43,20	42,60	42,00	41,40	41,00	40,60	40,20	39,80	39,40	38,88	38,36	37,84	37,32	36,80
35,5	44,50	43,90	43,30	42,70	42,10	41,50	41,10	40,70	40,30	39,90	39,50	39,00	38,50	38,00	37,50	37,00
35,6	44,60	44,00	43,40	42,80	42,20	41,60	41,20	40,80	40,40	40,00	39,60	39,12	38,64	38,16	37,68	37,20
35,7	44,70	44,10	43,50	42,90	42,30	41,70	41,30	40,90	40,50	40,10	39,70	39,24	38,78	38,32	37,86	37,40
35,8	44,80	44,20	43,60	43,00	42,40	41,80	41,40	41,00	40,60	40,20	39,80	39,36	38,92	38,48	38,04	37,60
35,9	44,90	44,30	43,70	43,10	42,50	41,90	41,50	41,10	40,70	40,30	39,90	39,48	39,06	38,64	38,22	37,80
36,0	45,00	44,40	43,80	43,20	42,60	42,00	41,60	41,20	40,80	40,40	40,00	39,60	39,20	38,80	38,40	38,00

Ищенко Ю.Б. Аппроксимация функции двух переменных кубическим сплайном для расширения психрометрической таблицы гигрометра /Ю.Б. Ищенко // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://avianua.com/programs/Precise\\_psychrometer.pdf](http://avianua.com/programs/Precise_psychrometer.pdf)

## Литература:

1. В.О. Ашкеназы, СПЛАЙН - ПОВЕРХНОСТИ. Основы теории и вычислительные алгоритмы. Учебное пособие / В.О Ашкеназы: Тверской государственный университет, 2003 г. - 82 с.
2. Замятин А.В. , Кубарев А.В., Замятина Е. А. Алгоритм сплайн-аппроксимации нелинейчатой. поверхности / А.В Замятин - Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №3 2012 г.

***Заказать полную версию расширенной психрометрической таблицы, решение другой задачи аппроксимации экспериментальных данных или компьютерную программу для решения задач аппроксимации (экстраполяции) данных можно у автора статьи.***

⇒ Обратная связь с автором статьи Ищенко Ю.Б. : <http://avianua.com/info/contact-expert.php?id=8>