

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**[ВНИИФТРИ]**

**Казанский филиал**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ ДАННЫХ О  
СВОЙСТВАХ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**МИ 656—84**

**Москва**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**

**1985**

**РАЗРАБОТАНЫ** Казанским филиалом Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ); Всесоюзным научно-исследовательским центром по изучению свойств поверхности и вакуума (ВНИЦ ПВ)

**ИСПОЛНИТЕЛИ:**

В. Г. Гизатуллина, канд. техн. наук А. Д. Козлов (руководитель темы)

**ВНЕСЕНЫ** Казанским филиалом ВНИИФТРИ

Директор Н. М. Хусанов

**УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** научно-техническим советом ВНИЦ ПВ от 11 декабря 1984 г. (протокол № 13)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ ДАННЫХ О СВОЙСТВАХ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

МИ 656—84

Настоящие методические указания устанавливают единые принципы оценки достоверности данных о физико-химических и эксплуатационных свойствах нефти и нефтепродуктов.

#### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Оценка данных о свойствах нефти и нефтепродуктов проводят с целью определения степени достоверности этих данных, установления числового интервала их погрешности и отбора наиболее надежных данных для обеспечения потребности народного хозяйства достоверной информацией о свойствах нефти и нефтепродуктов, необходимой при оценке их качества.

1.2. Под оценкой достоверности численных данных понимают выбор и обоснование методов отбора и анализа исходных данных;

нахождение оптимальных требований к методам и средствам измерений, применяемых при исследовании показателя или свойства;

выбор и обоснование методов анализа и обобщения данных для конкретной области их применения;

определение алгоритмов обработки данных.

1.3. При оценке достоверности численных данных о свойствах нефти и нефтепродуктов необходимо руководствоваться ГОСТ 8.344—79, ГОСТ 22013—76, ГОСТ 8.326—78, МУ 38.101003—81, РД 50-262—81, РД 50-326—82.

#### 2. ОТБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.1. При отборе численных данных о свойствах нефти и нефтепродуктов необходимо учитывать следующие характеристики продуктов и их свойств:

марку продукта и его назначение;

технологии получения продукта;

условия транспортировки и хранения;

исходное сырье;

метод определения продукта и его свойств.

2.2. Исходной информацией при отборе численных данных о свойствах нефти и нефтепродуктов являются результаты испыта-

ний, полученные: стандартизованными методами; методами, включенными в комплексы квалификационной оценки; нестандартизованными методами, прошедшими метрологическую аттестацию в соответствии с МУ 38.101003—81; на специальных установках, прошедших метрологическую аттестацию в соответствии с ГОСТ 8.326—78.

2.3. При отборе данных предпочтительно использовать результаты, полученные по аттестованным методикам (РД 50-326—82).

### 3. ОБРАБОТКА ЧИСЛЕННЫХ ДАННЫХ

3.1. Настоящие методические указания рекомендуют оценивать данные двумя величинами: математическим ожиданием  $M$  и дисперсией  $\sigma^2$  при заданном уровне значимости  $\alpha=0,05$ . В основу определения этих величин положено следующее предположение: результаты испытаний  $x_1, x_2, \dots, x_n$  являются независимыми в совокупности величинами и распределены по нормальному закону.

3.2. Качественное заключение о нормальности распределения получают графическим путем, используя метод гистограмм (рекомендуется для случая, когда  $n > 50$ ). Если объем имеющихся численных данных недостаточен ( $n < 50$ ), то гистограмму строят по совокупности малых выборок. Однако строить гистограмму в этом случае возможно, если выборки малого объема проверены попарно на однородность.

3.3. Однородность выборок проверяют по критерию Вилкоксона и его модификации — критерию Манна—Уитни. Пусть  $x_1, \dots, x_{n_1}, x'_1, \dots, x'_{n_2}$  — данные двух выборок. Обозначим через  $U_{x' < x}$  число пар  $(x_i; x'_j)$ , где  $x'_j < x_i$ . Приведенная статистика Манна-Уитни ( $U_{x' < x}$ ) линейно связана со статистикой Вилкоксона ( $T_x$ ;  $T_{x'}$ ) соотношением

$$U_{x' < x} = n_1 \cdot n_2 + n_1(n_1 + 1)/2 - T_{x'} = T_x - n_2(n_2 + 1)/2, \quad (1)$$

где  $n_1, n_2$  — число данных в каждой выборке.

Для нахождения статистики  $T_x$  и  $T_{x'}$  из двух выборок составляется общий вариационный ряд  $x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < x_{(n_1+n_2)}$ , в котором для одного значения  $x_i$  определяют номер места\*  $r_i$  — ранг. Аналогично определяют ранги  $a_j$  для одного значения  $x'_j$ .

Вычисляют значения  $T_x$  и  $T_{x'}$

$$T_x = \sum_{i=1}^{n_1} r_i; \quad T_{x'} = \sum_{j=1}^{n_2} a_j \quad (2)$$

\* Если два или более значения совпадают, то им приписывают один и тот же ранг, равный среднему арифметическому рангов, несовпавших значений.

Однородность выборок не отвергается, если эмпирическое значение  $U_{x' < x}$  превосходит табличное значение  $U_{\text{табл}}$  (при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ).

Значения  $U_{\text{табл}}$  представлены в табл. 1 приложения 1 при условии

$$P\{U_{x' < x} \leq U_{\text{табл}}\} \leq \alpha.$$

Критерий Вилкоксона применим для любого вида распределения и не требует большого числа данных в каждой выборке ( $n \geq 5$ ).

Однородность выборок по критерию Вилкоксона и Манна—Уитни выявляется как по форме распределения, так и по средним.

3.4. Если гипотеза об однородности выборок не противоречит данным общей выборки, то выполняют проверку крайних значений по ГОСТ 11.002—73 при уровне значимости, равном  $\alpha = 0,05$ , и строят гистограмму.

3.5. Проверку нормальности закона распределения выполняют с помощью коэффициентов асимметрии и эксцесса, согласно приложению I ГОСТ 22013—76.

3.6. Рассчитывают параметры распределения: среднее арифметическое  $\bar{x}_i$  и среднее квадратическое отклонение  $S_i$  для каждой  $i$ -й выборки общей выборки.

#### 4. ПРОВЕРКА СОГЛАСОВАННОСТИ

4.1. Проверку согласованности данных выполняют по сумме минимального отклонения оценок дисперсий каждой  $i$ -й выборки общей выборки ( $n \geq 5$ ). Наилучшей оценкой в этом случае является среднее взвешенное  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^L \bar{x}_i / S_i^2}{\sum_{i=1}^L 1 / S_i^2}, \quad (3)$$

где  $S_i^2$  — дисперсия каждой  $i$ -й выборки;  $L$  — число всех выборок.

Согласованность данных не отвергается, если сохраняется условие

$$A^2_{\min} \approx F, \quad (4)$$

где  $F$  — число степеней свободы ( $F = N - L$ ) при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ;  $N$  — число всех данных;  $A^2_{\min}$  — вычисленное значение, равное

$$A^2_{\min} = \sum_{i=1}^L \frac{(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{S_i^2}. \quad (5)$$

4.2. Если вычисленное значение  $A^2_{\min}$  превышает ожидаемое значение  $F$ , то рекомендуется выполнить анализ накопленных данных и выявить факторы, влияющие на их разброс.

4.3. Для приведения численных данных к согласию в ряде случаев (для фундаментальных констант) рекомендуется использовать расчетный коэффициент Берджа. Согласование численных данных по коэффициенту Берджа выполняют в соответствии с рекомендованным приложением 2.

## 5. ДОВЕРИТЕЛЬНЫЕ ГРАНИЦЫ СРЕДНЕЙ АРИФМЕТИЧЕСКОЙ И СРЕДНЕГО КВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ

5.1. Анализ точности данных чаще основан на подсчете точечных оценок. Однако ошибки, допускаемые в процессе испытаний, приводят к большому разбросу данных, который не позволяет объективно оценить исследуемое свойство. Поэтому наряду с вычислением точечных оценок рекомендуется использовать интервальные. Интервальное оценивание в данном случае основано на построении доверительных интервалов для выборочной средней  $\bar{x}_i$  и для выборочной дисперсии  $S_i^2$  при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

В табл. 1 приложения 4 дан пример вычисления точечных и интервальных оценок.

5.1.1. При построении доверительного интервала для выборочной средней  $\bar{x}_i$  используют распределение Стьюдента. Из таблиц распределения Стьюдента с  $n_i-1$  степенями свободы находят величину  $t_{n_i-1}$ , для которой справедливо равенство

$$P\left\{-t_{\alpha/2} < \frac{(\bar{x}_i - M)}{S_i} \cdot \sqrt{n_i} < t_{\alpha/2}\right\} \geq 1 - \alpha. \quad (6)$$

Преобразуя выражение (6), строят двусторонний доверительный интервал для каждой  $i$ -й выборки:

$$\bar{x}_i - \frac{s_i \cdot t_{\alpha/2}}{\sqrt{n_i}} < M < \bar{x}_i + \frac{S_i \cdot t_{\alpha/2}}{\sqrt{n_i}}, \quad (7)$$

где  $t_{\alpha/2}$  — квантили уровня  $1-\alpha/2$ ,  $\alpha/2$ ;  $n_i$  — число данных в  $i$ -й выборке.

5.1.2. Доверительный интервал для выборочной дисперсии  $S_i^2$  строят на основании того, что случайная величина  $(n_i \cdot S_i^2) / \sigma^2$  имеет распределение  $\chi^2$  с  $n_i-1$  степенями свободы, т. е.  $n_i \cdot S_i^2 / \sigma^2 \sim \chi_{n_i-1}^2$ , где  $\sigma^2 > n_i \cdot S_i^2 / \chi_{n_i-1}^2$ .

Доверительный интервал для выборочной дисперсии строят из условия

$$P\left\{\frac{\chi_{n_i-1, \alpha/2}^2}{n_i \cdot S_i^2} \leq \frac{n_i \cdot S_i^2}{\sigma^2} \leq \frac{\chi_{n_i-1, \alpha/2}^2}{n_i \cdot S_i^2}\right\} \geq 1 - \alpha. \quad (8)$$

Преобразуя выражение (8) в  $P\left\{\frac{1}{\chi^2_{n_1-1, \alpha/2}} < \sigma^2 < \frac{1}{\bar{\chi}^2_{n_1-1, \alpha/2}}\right\} \geq 1-\alpha$ ,  
 строят двусторонний доверительный интервал

$$P\left\{\frac{n_1 \cdot S_1^2}{\chi^2_{n_1-1, \alpha/2}} < \sigma^2 < \frac{n_1 \cdot S_1^2}{\bar{\chi}^2_{n_1-1, \alpha/2}}\right\} \geq 1-\alpha, \quad (9)$$

где  $\chi^2_{n_1-1, \alpha/2}$ ;  $\bar{\chi}^2_{n_1-1, \alpha/2}$  — квантили, которые определяются по  $\chi^2$  с  $n_1-1$  степенями свободы при уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

Значения  $\chi^2$  представлены в табл. 1 приложения 3.

5.2. Чем больше взят объем выборки, тем выше надежность оценки, т. е. тем более узкий доверительный интервал может быть принят при оценке данных.

Значение наибольших  $U_{\text{табл}}$  при  $(U_{x' < x} \leq U_{\text{табл}}) \leq \alpha = 0,05$

$n_2$	$n_1$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	—																			
2	—	—																		
3	—	—	—																	
4	—	—	—	—																
5	—	—	—	—	0															
6	—	—	—	0	1	2														
7	—	—	—	0	1	3	4													
8	—	—	—	1	2	4	6	7												
9	—	—	0	1	3	5	7	9	11											
10	—	—	0	2	4	6	9	11	13	16										
11	—	—	0	2	5	7	10	13	16	18	21									
12	—	—	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27								
13	—	—	1	3	7	10	13	17	20	24	27	31	34							
14	—	—	1	4	7	11	15	18	22	26	30	34	38	42						
15	—	—	2	5	8	12	16	20	24	29	33	37	42	46	51					
16	—	—	2	5	9	13	18	22	27	31	36	41	45	50	55	60				
17	—	—	2	6	10	15	19	24	29	34	39	44	49	54	60	65	70			
18	—	—	2	6	11	16	21	26	31	37	42	47	53	58	64	70	75	81		
19	—	0	3	7	12	17	22	28	33	39	45	51	57	63	69	74	81	87	93	
20	—	0	3	8	13	18	24	30	36	42	48	54	60	67	73	79	86	92	99	105



## СОГЛАСОВАНИЕ ДАННЫХ

1. Согласование данных нарушается, если вычисленное значение  $A^2_{\min}$  превышает ожидаемое значение  $F$  согласно п. 4.1.

Для устранения несогласованности данных рекомендуется использовать расчетный коэффициент Берджа

$$R_B = \sqrt{A^2_{\min}/F}. \quad (1)$$

В этих случаях вычисленное по п. 3.6 значение среднего квадратического отклонения  $S_i$  каждой  $i$ -й выборки общей выборки изменяют на  $R_B$  число, равное коэффициенту Берджа, и находят измененные значения среднего квадратического отклонения  $S'_i$  каждой  $i$ -й выборки:

$$S'_i = S_i \cdot R_B, \quad (2)$$

с помощью которых, аналогично величине  $A^2_{\min}$ , вновь вычисляют величину  $A^2_{1\min}$ , согласно п. 4.1.

Если вычисленное значение  $A^2_{1\min}$  не превышает ожидаемое  $F$  (при  $\alpha=0,05$ ), то согласованность данных принимается.

2. В случае, если необходимо вычислить коэффициент Берджа  $R_i$  для каждой  $i$ -й выборки, используют следующую формулу:

$$R_i = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_i} (x_i - \bar{x}_i)^2 / S_i^2}}{n_i - 1}. \quad (3)$$

Затем находят измененные оценки дисперсий  $(S''_i)^2$  каждой  $i$ -й выборки

$$(S''_i)^2 = S_i^2 R_i \quad (4)$$

и вычисляют величину  $A^2_{2\min}$

$$A^2_{2\min} = \sum_{i=1}^L \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}')^2}{(S''_i)^2}, \quad (5)$$

где  $\bar{x}'$  — среднее взвешенное, вычисленное с помощью измененных оценок  $(S''_i)^2$ , согласно п. 4.1.

Согласованность данных принимается, если сумма квадратов относительных изменений оценок дисперсий  $(S''_i)^2$  минимальна:

$$\sum_{i=1}^L [1 - (S''_i / S_i^2)] = \min$$

Значение  $\chi^2$  в зависимости от вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $s$  ( $n-1$ )  $\chi^2_{n-1}$   
— распределение  $\chi^2$

K	Вероятность P												
	0,005	0,010	0,025	0,05	0,10	0,20	0,80	0,90	0,95	0,975	0,990	0,995	0,999
1	0,0393	0,0157	0,0982	0,393	0,0158	0,0642	1,64	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	10,8
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	0,211	0,446	3,22	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,584	1,00	4,64	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,06	1,65	5,99	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5
5	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	2,34	7,29	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7	20,5
6	0,676	0,872	1,24	1,64	2,20	3,07	8,56	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5	22,5
7	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	3,82	9,80	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3
8	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	4,59	11,0	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1
9	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	5,38	12,2	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9
10	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	6,18	13,4	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6
11	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	6,99	14,6	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8	31,3
12	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	7,81	15,8	18,5	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9
13	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	8,63	17,0	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5
14	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	9,47	18,2	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1
15	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	10,3	19,3	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7
16	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	11,2	20,5	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3	39,3
17	5,70	6,41	7,56	8,67	10,1	12,0	21,6	24,8	27,6	30,2	33,4	35,7	40,8
18	6,26	7,01	8,23	9,39	10,9	12,9	22,8	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3
19	6,84	7,63	8,91	10,1	11,7	13,7	23,9	27,2	30,1	32,9	36,2	38,6	43,8
20	7,43	8,26	9,59	10,9	12,4	14,6	25,0	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0	45,3

Обработка данных, полученных при определении плотности топлива ТС-1 по ГОСТ 3900—47

Номер вы- борки	Результаты определения плотности при 20°C $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Среднее арифмети- ческое ре- зультатов испытаний $\bar{x}_i$	Дис- персия $S_i^2$	Среднее взвешен- ное $\bar{x}$	Вычисленное значение $A_{\text{тип}}$	Коэффи- циент Берджа $R_B$	Пределы значения плотности при 20°C $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Требования по ГОСТ 3900—47
1.	778,0; 778,0; 778,0; 778,0; 779,0; 780,0; 779,7; 778,0; 779,0, 779,0; 779,0; 780,0	778,18	0,64	779,79	2,46	0,33	778,4—779,9	Не менее 775,0
2.	779,5; 779,8; 779,6; 781,0; 781,0; 781,0, 781,0; 781,0; 780,0, 780,0; 781,0; 780,0	780,41	0,40				780,1—780,7	

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Оценка достоверности численных данных о свойствах нефти  
и нефтепродуктов

МИ 656—84

Редактор *Т. Ф. Писарева*  
Технический редактор *Н. В. Белякова*  
Корректор *С. И. Ковалева*

И/К

Слано в наб. 22.04.85 Подп. в печ. 19.11.85 Т—19714 Формат 60×90/16 Бумага типограф-  
ская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 0,76 усл. п. л. 0,76 усл. кр.-отт.  
0,46 уч.-изд. л. Тир. 2.000 Зак. 2119 Цена 3 коп. Изд. № 8659/4

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,  
Новопреображенский пер., д. 3.  
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14.