



ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ЖИДКОСТИ МНОГОСЕКЦИОННЫМИ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ЦИСТЕРНАМИ ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

М.Н. Лобойченко, инженер по метрологии 1 категории, ГП "Харьковстандартметрология", г. Харьков

Г.Ю. Народницкий, доктор технических наук, директор научного центра ННЦ "Институт метрологии", г. Харьков



М.Н. Лобойченко



Г.Ю. Народницкий

Проведен анализ одной из составляющих погрешности измерения объема измерительных автомобильных цистерн для нефтепродуктов. Приведена статистическая обработка экспериментальных данных.

The analysis of one of the components of the measurement error of volume metering tank truck for petroleum products is conducted. The statistical analysis of the experimental data is presented.

В последние пять лет в Украине стремительно увеличивается количество современных измерительных автомобильных цистерн для нефтепродуктов (далее — ИАЦ) импортного производства, которые приходят на замену старым изношенным автоцистернам советского производства. ИАЦ со-

ветского производства выпускались в соответствии с [1] и в обязательном порядке оборудовались измерительными горловинами. Все ИАЦ в Украине, как советского производства, так и импортные, проходят процедуру поверки в соответствии с [2].

В ИАЦ импортного производства измерительные горловины как таковые отсутствуют, что вызывает ряд определенных составляющих погрешности измерения объема, не учтенных в [2]. Наряду с этим, все ИАЦ импортного производства являются многосекционными (3, 4, 5 и более секций).

В результате проведенных экспериментальных исследований были установлены предположительные дополнительные составляющие погрешности измерения объема импортными ИАЦ, обусловленные следующими факторами:

- ограниченной точностью считывания уровня жидкости;
- многосекционностью (влияние одних секций на другие);
- зависимостью показаний от наклона ИАЦ вследствие отсутствия измерительных горловин.

В данной статье рассмотрена погрешность из-за многосекционности как составляющая погрешности измерения объема с помощью ИАЦ.

Экспериментальные исследования были проведены на образцах ИАЦ, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Образцы ИАЦ

Марка ИАЦ	Зав. № ИАЦ	Год изготовления	Количество секций	Сечение ИАЦ	Производитель
СТОКОТА ППЦ-32	6691	2006	4	Прямоугольное	"STOKOTA LOKEREN", Бельгия
СТОКОТА OPL 38-3	30293	2007	6	Прямоугольное	"STOKOTA LOKEREN", Бельгия
СТОКОТА ППЦ-36	30295	2007	6	Прямоугольное	"STOKOTA LOKEREN", Бельгия
WILLIG ППЦ-34	11781023	2008	5	Круглое	"JUST MODUL", Германия
Hendricks ППЦ-44	5761	1996	5	Круглое	"Hendricks", Германия
0441AADEN ППЦ-40	654	1990	11	Круглое	"TRAILOR S.A.", Франция

Для экспериментальных исследований (совместно с процедурой поверки) ИАЦ использовалось ограниченное количество воды (приблизительно 22 м³), поэтому были залиты не все секции поочередно, а выборочно с учетом имеющихся вместимостей каждой отдельной секции, которые не превышают оговоренное выше количество воды. При измерении вместимости каждой секции все ИАЦ выставлялись на горизонтальной площадке в так называемое “транспортное положение”: подушки автомобиля осуществляют одновременное выравнивание ИАЦ после достижения давления 10 атм.

При проведении экспериментальных исследований использовались следующие рабочие эталоны:

- мерник эталонный 2-го разряда вместимостью 1646 дм³ с относительной погрешностью $\pm 0,08$ % [3];
- мерник эталонный 2-го разряда вместимостью 402 дм³ с относительной погрешностью $\pm 0,08$ % [3];
- мерник технический шкальный 1-го класса номинальной вместимостью 100 дм³ с относительной погрешностью $\pm 0,2$ % [4];
- цилиндр мерный номинальной вместимостью 1000 мл 1-го класса точности с абсолютной погрешностью ± 5 мл [5].

Технический мерник использовался с поправкой к номинальной вместимости.

Ниже приведена информация о вместимости каждой секции по свидетельству о поверке для каждой ИАЦ (при его наличии) и о вместимости каждой секции, получившаяся в ходе экспериментальных исследований.

Таблица 2
Результаты исследований ИАЦ № 6691

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по свидетельству о поверке, дм ³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм ³
I	9015	9000
II	4930	4924
III	6970	6970
IV	11050	—

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 6691 (табл. 2) была залита секция № II, при этом секции № I и III оставались пустыми, вместимость секции № II составила 4924 дм³. После того как залили водой секцию № I, вместимость секции № II уменьшилась на 4 дм³ или на 0,081 %, а после залива секции № III вместимость секции № II не изменилась.

Таблица 3
Результаты исследований ИАЦ № 30293

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по свидетельству о поверке, дм ³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм ³
I	9960	—
II	6860	6870
III	2995	2997
IV	4540	4537
V	4950	4950
VI	6500	—

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 30293 (табл. 3) была залита секция № III, при этом секции № II и IV оставались пустыми, вместимость секции № III составила 2997 дм³. После того как залили водой секцию № II, вместимость секции № III уменьшилась на 2 дм³ или на 0,067 %.

После того как залили водой секцию № IV, вместимость секции № III уменьшилась еще на 3 дм³ или на 0,1 %. Таким образом, вместимость секции № III уменьшилась на 5 дм³, что составляет 0,167 %. Дополнительно выяснилось, что после залива секции № V вместимость секции № IV уменьшилась на 3 дм³ или на 0,066 %.

Таблица 4
Результаты исследований ИАЦ № 30295

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по свидетельству о поверке, дм ³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм ³
I	9970	—
II	6900	6890
III	3000	3007
IV	4540	4539
V	5000	5000
VI	6500	—

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 30295 (табл. 4) была залита секция № III, при этом секции № IV и V оставались пустыми, вместимость секции № III составила 3007 дм³. После чего залили секцию № V, вместимость которой составила 5000 дм³. После залива секции № IV вместимость в секции № V осталась без изменений, а в секции № III вместимость уменьшилась на 3 дм³ или на 0,1 %, а после того как залили секцию № II, в секции № III вместимость уменьшилась еще на 2 дм³. Таким образом, вместимость секции № III уменьшилась на 5 дм³, что составляет 0,166 %. Вместимость секции № II

при залитой секции № III также уменьшилась на 10 дм³ по сравнению со свидетельством, что составляет 0,14 %.

Таблица 5
Результаты исследований ИАЦ № 11781023

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по свидетельству о поверке, дм³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм³
I	6200	—
II	6550	6554
III	5840	5840
IV	7020	7020
V	6010	—

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 11781023 (табл. 5) была залита секция № III, при этом секции № II и IV оставались пустыми, вместимость секции № III составила 5840 дм³. После того как залили водой секцию № II, вместимость секции № III уменьшилась на 2 дм³ или на 0,034 %. Затем залили водой секцию № IV, в результате чего вместимость секции № III уменьшилась еще на 2 дм³. Таким образом, вместимость секции № III уменьшилась на 4 дм³, что составляет 0,068 %.

Таблица 6
Результаты исследований ИАЦ № 5761

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по таблице на ИАЦ, дм³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм³
I	13480	—
II	7060	6975
III	8860	8710
IV	4760	4691
V	11190	10888

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 5761 (табл. 6) была залита секция № IV, при этом секции № III и V оставались пустыми, вместимость секции № IV составила 4691 дм³. После того как залили водой секцию № III, вместимость секции № IV уменьшилась на 5 дм³ или на 0,107 %. Затем залили водой секцию № V, в результате чего вместимость секции № IV уменьшилась на 6 дм³. Таким образом, вместимость секции № IV уменьшилась на 11 дм³, что составляет 0,234 %. Дополнительно выяснилось, что после того как залили водой секцию № II, вместимость секции № III уменьшилась на 2 дм³ или на 0,023 %.

Таблица 7
Результаты исследований ИАЦ № 654

№ секции ИАЦ	Вместимость секции по таблице на ИАЦ, дм³	Вместимость секции, получившаяся в ходе исследований, дм³
I	6240	—
II	4173	—
III	1071	—
IV	1080	—
V	4157	4027
VI	2095	1989
VII	2096	1996
VIII	6238	5967
IX	4405	3994
X	3151	2984
XI	5196	—

При проведении экспериментальных исследований ИАЦ № 654 (табл. 7) была залита секция № VII, при этом секции № VI и VIII оставались пустыми, вместимость секции № VII составила 1996 дм³. После того как залили водой секцию № VIII, вместимость секции № VII уменьшилась на 3 дм³ или на 0,15 %. Затем залили водой секцию № VI, в результате чего вместимость секции № VII не изменилась. Дополнительно выяснилось, что после того как залили водой секцию № X, вместимость секции № IX уменьшилась на 4 дм³ или на 0,1 %.

После анализа полученных значений относительной погрешности из-за изменения вместимости секций было принято решение разделить их на две выборки:

а) значения относительной погрешности из-за изменения вместимости секций при заливке одной соседней секции;

б) значения относительной погрешности из-за изменения вместимости секций при заливке двух соседних секций.

В случае а) эти значения составили ряд 0,081; 0,067; 0,066; 0,1; 0,034; 0,107; 0,023; 0,15; 0,1 % (9 значений), а в случае б) — 0,081; 0,167; 0,166; 0,068; 0,234; 0,15 % (6 значений).

В результате статистической обработки при предположении, что обе выборки относятся к нормальному закону распределения, и для доверительной вероятности $P = 0,95$ были получены следующие результаты: для выборки а) результат измерений составил $(0,08 \pm 0,03) \%$, для выборки б) — $(0,14 \pm 0,07) \%$. После этого для увеличения количества измерений и повышения достоверности оценки было принято решение об объединении двух выборок.

Для объединенной выборки произведена проверка нормальности распределения в соответствии с [6], для чего по формуле

$$F_n(x_k) = k / n + 1, k = 1, 2, \dots, n,$$

нашли значения статистической функции распределения и соответствующие им значения z_k . Результаты вычислений представлены в табл. 8.

Таблица 8
Значения статистической функции распределения и соответствующие им значения z_k

x_k	$F_n(x_k) = \Phi(z_k)$	z_k
0,023	0,0625	– 1,31653
0,034	0,1250	– 1,14046
0,066	0,1875	– 0,62825
0,067	0,2500	– 0,61225
0,068	0,3125	– 0,59624
0,081	0,4375	– 0,38816
0,1	0,5625	– 0,08403
0,107	0,6250	0,028011
0,15	0,7500	0,716288
0,166	0,8125	0,97239
0,167	0,8750	0,988397
0,234	0,9375	2,060827

На рис. 1 изображена зависимость $z_k(x_k)$, соответствующая экспериментальным данным. Разброс отдельных точек относительно прямой

$$z_k = x_k - m_x / \sigma_x,$$

где m_x – среднее арифметическое значение x_k , σ_x – среднее квадратическое отклонение x_k , практически отсутствует, поэтому распределение результатов экспериментальных данных можно считать нормальным.

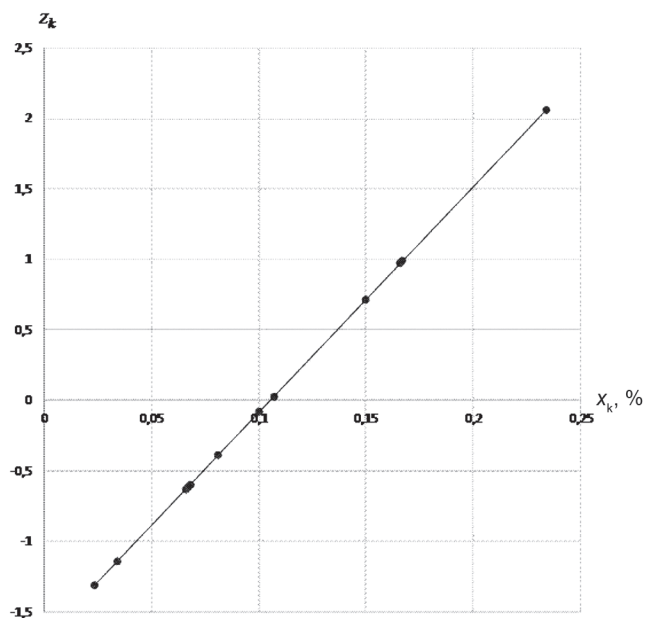


Рис. 1. Зависимость $z_k(x_k)$, соответствующая экспериментальным данным

Результат измерений объединенной выборки (15 значений) составил $(0,11 \pm 0,03) \%$.

Допустимые границы погрешности измерения вместимости и полученные дополнительные погрешности из-за многосекционности изображены на рис. 2.

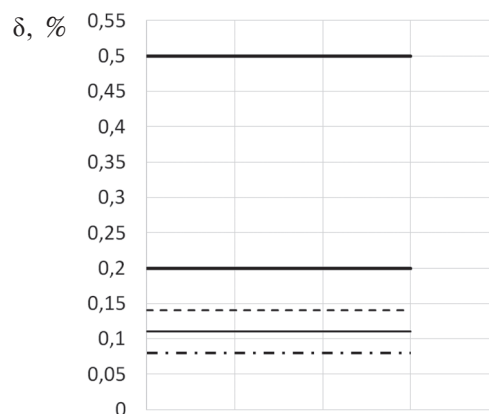


Рис. 2. Допустимые границы погрешности измерения вместимости и полученные дополнительные погрешности из-за многосекционности: — · — результат измерений для выборки а); — результат измерений для объединенной выборки; - - - - результат измерений для выборки б); — допустимая погрешность ИАЦ

Представляется возможным следующий путь учета выявленной погрешности из-за многосекционности: при заливке секций подряд учитывать влияние одних секций на другие путем проверки всех предыдущих секций после залива каждой последующей и соответственно отбора или долива жидкости в них.

Выводы

1. Многосекционность существенно влияет на общую относительную погрешность вместимости каждой отдельной секции, что необходимо учитывать при проведении государственной метрологической аттестации ИАЦ и при последующих поверках.

2. Если величина дополнительной погрешности из-за многосекционности не так критична для ИАЦ с допустимой погрешностью $\pm 0,5 \%$, то она крайне существенна для ИАЦ с допустимой погрешностью $\pm 0,2 \%$ и ее необходимо учитывать.

3. Документ [2] требует пересмотра с учетом импортных ИАЦ.

Список литературы

1. ГСИ. Автотранспортные средства для заправки и транспортирования нефтепродуктов. Типы, параметры и общие технические требования: ГОСТ 27352-87. — [Введен 1989-01-01]. — М.: Государственный комитет СССР

- по управлению качеством продукции и стандартам, 1987. — 23 с.
2. Рекомендации. ГСИ. Автоцистерны калиброванные. Методы и средства поверки: Р 50-059-95. — [Введены 1995-12-27]. — К.: Госстандарт Украины, 1995. — 13 с.
 3. Метрологія. Мірники металеві еталонні. Методика повірки (калібрування): ДСТУ 7218:2011. — [Чинний від 2011-08-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 11 с.
 4. Метрологія. Мірники металеві технічні. Методика повірки (калібрування): ДСТУ 7219:2011. — [Чинний від 2011-08-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 8 с.
 5. ГСИ. Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Технические условия: ГОСТ 1770-74 (СТ СЭВ 1247-78, СТ СЭВ 4021-83, СТ СЭВ 4977-85). — [Введен 1998-07-01]. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1998. — 21 с.
 6. Бурдун Г.Д. Основы метрологии / Г.Д. Бурдун, Б.Н. Марков. — 2-е изд., доп. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 336 с.