

СЛОВО О КИЛОГРАММЕ

Написать статью подтолкнула тема, объявленная в планируемой на апрель традиционной конференции читателей журнала: *Преимущества и недостатки учета нефтепродуктов в единицах массы*. Вероятнее всего, речь на конференции пойдет о частном случае – об измерениях нефтепродуктов в единицах массы на АЗС, и еще более частном случае из этого частного случая – измерении количества нефтепродуктов в единицах массы при отпуске через ТРК. Иными словами, ожидать, что на конференции будут подвергать сомнению учет нефтепродуктов в килограммах на нефтебазах, не стоит (а хотелось бы!), поскольку чем больше автор постигает азы белой и черной магии оптовой и розничной торговли нефтепродуктами, тем чаще к нему приходит мысль, что чудо в этой сфере произойдет только после того, как будут переведены – нет, не АЗС на учет в килограммах, а нефтебазы на учет в литрах. Правда, не простых, а приведенных.

Измерение массы отпущенного через ТРК продукта: нормативный аспект

В начале слово Инструкции от 15 августа 1985г.¹ в уточненной редакции² данного нормативного документа: *«На автозаправочных станциях определение количества при приеме, отпуске, хранении и инвентаризации осуществляется в единицах объема»*.

Таким образом, для АЗС, согласно Инструкции, литр, только литр и ничего, кроме литра.

Какая-либо иная нормативная база по учету нефтепродуктов на АЗС в килограммах отсутствует. (Ну, разве что Федеральный закон об обеспечении единства измерений в аспекте, контексте и подтексте статьи 6 Гражданского Кодекса, великодушно разрешающего применение аналогии права в случаях, когда те или иные отношения прямо не урегулированы законодательством?).

Автору не хотелось бы выглядеть человеком, который из статьи в статью произносит одни и те же речи (хотя, строго говоря, суровый римский сенатор Катон Старший даже прославился благодаря такому, на первый взгляд, ни слишком конструктивному подходу), но другого выхода нет, поэтому еще раз в двух словах о проекте Инструкции коммерческого учета на АЗС³ (далее проект АСКУ АЗС), которым уже несколько лет назад предлагалось вести учет на АЗС в единицах массы.

Данный проект, согласно преамбуле, был разработан в соответствии с действующими государственными руководящими и нормативными документами на основании сертификата измерений об утверждении типа средств измерений RU.C.29.004.A № 13247, зарегистрированного в Государственном реестре средств измерений по № 236666-02. В нем, среди прочих, была ссылка на ГОСТ Р 8.595-2004, но, по понятным соображениям, не было ссылки на Инструкцию от 15 августа 1985г., хотя ее ни тогда (в 2003г.), ни сейчас еще не отменяли, да и отменять, судя по всему, не собираются.

По прошествии нескольких лет, попытаемся оценить, соответствовали ли тогдашние рекомендации проекта АСКУ АЗС требованиям ГОСТ Р 8.595-2004. Правда, еще раз подчеркну, что проводимый ниже анализ – это чистый римейк⁴, но поскольку маленькое, внешне совершенно безобидное, белое и пушистое, облачко под названием *учет на АЗС в единицах массы*, судя по всему, очень скоро разрастется в грозовую тучу под названием *коллапс учета на АЗС*, то в таких случаях не приходится думать, сколько раз уместно крикнуть «Пожар!», прежде чем прохожие сбегутся его тушить.

¹ Инструкция о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях системы Госкомнефтепродукта от 15 август а1985г. № 06/21-8-446. Комментарий от ИПС Консультант-Плюс: *Опубликован не был. Статус действующий*.

² Письмо Госкомнефтепродукта № 04-21/760 от 30 ноября 1987г.

³ Инструкция по учету нефтепродуктов автоматизированной системой коммерческого учета и управления технологическими процессами на АЗС (АСКУ АЗС) (прием, хранение, отпуск, внутренний аудит). Проект ООО НТФ «Измеритель». 2003г.

⁴ Современная АЗС. – 2009. - № 10.

Во-первых, пунктами 3.5-3.9 и 4.2-4.6 ГОСТ Р 8.595-2004 установлены пять методов измерения массы продукта: для трубопроводов – прямой и косвенный методы динамических измерений; в мерах вместимости и полной вместимости – прямой и косвенный методы статических измерений, а также косвенный метод, основанный на гидростатическом принципе.

Между тем, согласно пунктам 6.3.11 и 7.2.1.12 проекта АСКУ АЗС, масса реализованного продукта M [кг] определяется как произведение отпущенного объема V [л] на средневзвешенную плотность $\rho_{\text{ср.вз.}}$ [кг/м³] нефтепродукта, реализованного в течение смены:

$$M = V \times \rho_{\text{ср.вз.}} \times 10^{-3}.$$

Данный алгоритм расчета массы реализованного продукта не соответствует ни одному из перечисленных пяти методов, то есть нарушает требования пунктов 3.5-3.9 и 4.2-4.6 ГОСТ Р 8.595-2004.

Во-вторых, пунктом 5.7.4 ГОСТ Р 8.595-2004 установлен метод определения массы продукта, отпущенного из меры вместимости, как разница масс до и после операции. Определение массы отпущенного (реализованного) продукта в пункте 6.3.11 и 7.2.1.12 проекта АСКУ АЗС не соответствует данной норме.

В-третьих, пунктами 4.3 и 4.4 ГОСТ Р 8.595-2004 установлены три метода измерения плотности: поточным преобразователем плотности в трубопроводе; ареометром согласно ГОСТ 3900 или ГОСТ 51069 в объединенной пробе, отобранной по ГОСТ 2517; переносным или стационарным измерителем плотности в мерах вместимости и мерах полной вместимости. Определение плотности реализованного продукта в пунктах 6.3.12 и 6.3.13 проекта АСКУ АЗС не соответствует ни одному из указанных методов.

В-четвертых, пунктом 2.31 Инструкции от 15 августа 1985г. установлен способ определения массы отпущенного из меры вместимости продукта, который согласуется с алгоритмом, представленным в пункте 5.7.4 ГОСТ Р 8.595-2004. Из указанных пунктов нормативных документов следует, что средневзвешенная масса отпущенного из резервуара (или иной меры вместимости) продукта определяется формулой:

$$\rho_{\text{ср.вз.}} = \frac{M_{\text{н}} - M_{\text{к}}}{V_{\text{н}} - V_{\text{к}}}$$

где индексы "н" и "к" соответствуют измерениям массы и объема до и после отпуска.

Между тем, согласно пунктам 6.3.12 и 6.3.13 проекта АСКУ АЗС, средневзвешенная плотность определяется на основе измерений плотности в резервуаре по формулам:

$$\rho_{\text{ср.вз.}} = \frac{\sum V_i \rho_i}{\sum V_i} \text{ (при автоматических измерениях плотномером через заданный интервал)}$$

где индексы i – число выполненных измерений (число интервалов);

V_i и ρ_i – объем и плотность отпущенного за интервал времени продукта;

$$\rho_{\text{ср.вз.}} = \frac{V_{\text{н}} \rho_{\text{н}} + V_{\text{к}} \rho_{\text{к}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{к}}} \text{ (при ручном методе измерений)}$$

где индексы "н" и "к" соответствуют измерениям объема и плотности в начале и конце смены.

Таким образом, ни одна из двух формул определения средневзвешенной плотности в пунктах 6.3.12 и 6.3.13 проекта АСКУ АЗС не соответствует пункту 2.31 Инструкции от 15 августа 1985г. и пункту 5.7.4 ГОСТ Р 8.595-2004.

В-пятых, подпунктом б) пункта 4.3 и подпунктом б) пункта 4.5 ГОСТ Р 8.595-2004 установлено, что результаты измерений объема и плотности продукта при косвенном методе динамических измерений и косвенном методе статических измерений приводят к стандартным условиям по температуре 15°C или 20°C, или результат измерений плотности приводят к условиям измерения объема. Сказанное означает, что плотность продукта при отпуске через ТРК необходимо измерять или непосредственно в трубопроводе счетчика жидкости ТРК, или приводить плотность, измеренную в резервуаре (в мере вместимости), к условиям измерения объема в счетчике жидкости ТРК.

Поскольку в пунктах 6.3.10-6.3.13 проекта АСКУ АЗС объем отпущенного через ТРК продукта определяется жидкостным счетчиком, вмонтированным в насосно-трубопроводную систему подачи продукта ТРК, а плотность находится расчетным путем на основе

периодических измерений в резервуаре, то в указанных пунктах проекта АСКУ АЗС имеет место нарушение принципа единства места и времени измерений. Кроме того, ни один из указанных методов приведения плотности, предусматриваемых пунктом 4.5 ГОСТ Р 8.595-2004, не учитывается и не предполагается пунктами 6.3.12 и 6.3.13 проекта АСКУ АЗС.

Наконец, *в-шестых* и для полного счастья, пунктом 4.1 ГОСТ Р 8.563-96 и разделом 1 ГОСТ Р 8.595-2004 лицам, занимающимся учетными операциями с нефтепродуктами, вменяется обязанность разрабатывать и применять аттестованные МВИ с целью обеспечения выполнения измерений с погрешностью, не превышающей требуемой или приписанной характеристики. В нарушение указанных норм, разделом 6.3 проекта АСКУ АЗС не предусмотрена разработка и аттестация МВИ при расчете массы отпущенного продукта.

Итак, в проекте АСКУ АЗС налицо нарушения четырех ГОСТ по шести пунктам.

И хотя это нейтральный случай (проект АСКУ АЗС в силу не вступил), вполне возможно, что алгоритмы, подобные рассмотренному выше, используются на практике собственниками АЗС для расчета массы продукта, отпущенного через ТРК, в тех или иных целях – например, для внутривладельческого учета и инвентаризаций. А это означает, что эти применяемы алгоритмы, как и алгоритмы проекта АСКУ АЗС, противоречат требованиям ГОСТ Р 8.595-2004, ГОСТ Р 8.563-96, ГОСТ 3900-85, ГОСТ 2517-85 по тем же самым шести рассмотренным пунктам.

Подводные камни учета нефтепродуктов на АЗС в килограммах: решение уравнения с четырьмя неизвестными

Да, действительно, когда речь заходит об измерении нефтепродуктов на АЗС в единицах массы, то мы встречаемся с уравнением с четырьмя неизвестными, которое, как все знают из математики, общего решения не имеет – и не только аналитически, а даже графически (в виде поверхности трехмерного объекта). Но, тем не менее, все же построим уравнение результата инвентаризации в единицах массы и попытаемся найти для него хотя бы частное решение, принимая известными две переменные из уравнения, а попутно, в качестве справочной информации, приведем также уравнение результата инвентаризации в единицах объема.

Для удобства анализа построим количественный баланс движения нефтепродуктов на АЗС за межинвентаризационный период (месяц, квартал, год).

Показатели	Книжные остатки		Фактические остатки	
	объем	масса	объем	масса
1. Начальный остаток	kV	$kV \frac{\rho}{\alpha}$	kV	$kV \frac{\rho}{\alpha}$
2. Приход	V	$V\rho$	$V\alpha\gamma$	$V\rho\gamma\delta$
3. Расход	V	$V \frac{\rho}{\alpha} \delta$	$V\beta$	$V \frac{\rho}{\alpha} \beta\delta$
4. Конечный остаток (стр.1 + стр.2 – стр.3)	kV	$V \frac{\rho}{\alpha} \cdot (k + \alpha - \delta)$	$kV + V\alpha\gamma - V\beta$	$V \frac{\rho}{\alpha} \cdot (k + \alpha\gamma\delta - \beta\delta)$

Результат инвентаризации:

$$\text{по объему} \quad \Delta V = V(\alpha\gamma - \beta) \quad (1)$$

$$\text{по массе} \quad \Delta m = V \frac{\rho}{\alpha} \cdot (\alpha\gamma\delta - \beta\delta - \alpha + \delta) \quad (2)$$

V – объем поступления и реализации за МИП (принимаются равными);

ρ – плотность поступившего продукта;

k – отношение начального остатка к объему поступления за МИП;

α – коэффициент изменения объема и плотности вследствие перепада температур (для подземных резервуаров в зимний сезон $\alpha > 1$, в летний сезон $\alpha < 1$);

β – коэффициент изменения объема вследствие настройки ТРК (если $\beta < 1$, то ТРК недоливает, если $\beta > 1$, то ТРК переливает);

γ – коэффициент потерь объема нефтепродуктов вследствие ошибок и намеренной фальсификации поверки автоцистерн, а также хищений перевозчиками и (или) операторами АЗС ($\gamma < 1$);

δ – коэффициент потерь массы вследствие ошибок при измерении плотности и намеренных искажений ($\delta < 1$):

ΔV – результат инвентаризации по объему;

Δm – результат инвентаризации по массе.

Аналитическое определение влияния отдельных составляющих на результат инвентаризации – как по объему через выражение (1), так и по массе через выражение (2) – не представляется возможным ввиду наличия в указанных функционалах одновременно трех (по объему) и четырех (по массе) переменных.

В силу этого данный анализ возможен в табулированной форме, при этом две переменные предполагаются известными (влияние температурного перепада α и погрешность ТРК β – как вычисляемые на основе отчетности АЗС), тогда как одна переменная в уравнении для объема (коэффициент потерь объема γ) и две переменные в уравнении для массы (коэффициенты потерь объема γ и массы δ) варьируют в реалистичных пределах.

Табличный анализ представлен в приводимой ниже таблице для двух месяцев – декабря и июля, то есть для зимнего и летнего месяцев (все показатели в процентах).

		Декабрь									Июль						
		δ									δ						
α	β	0	kv	2kv	3kv	4kv	5kv	α	β	0	kv	2kv	3kv	4kv	5kv		
γ	ΔV	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	γ	ΔV	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75		
0,75	0,35							0,45	0,40								
0,00	1,10	0,35	0,20	0,05	-0,10	-0,25	-0,40	0,00	-0,05	0,40	0,25	0,10	-0,05	-0,21	-0,36		
0,02	1,08	0,33	0,18	0,03	-0,12	-0,27	-0,42	0,02	-0,07	0,38	0,23	0,08	-0,07	-0,23	-0,38		
0,04	1,06	0,31	0,16	0,01	-0,14	-0,29	-0,44	0,04	-0,09	0,36	0,21	0,06	-0,09	-0,25	-0,40		
0,06	1,04	0,29	0,14	-0,01	-0,16	-0,31	-0,46	0,06	-0,11	0,34	0,19	0,04	-0,11	-0,27	-0,42		
0,08	1,02	0,27	0,12	-0,03	-0,18	-0,33	-0,48	0,08	-0,13	0,32	0,17	0,02	-0,13	-0,28	-0,44		
0,10	1,00	0,25	0,10	-0,05	-0,20	-0,35	-0,50	0,10	-0,15	0,30	0,15	0,00	-0,15	-0,30	-0,46		
0,12	0,98	0,23	0,08	-0,07	-0,22	-0,37	-0,52	0,12	-0,17	0,28	0,13	-0,02	-0,17	-0,32	-0,48		
0,14	0,96	0,21	0,06	-0,09	-0,24	-0,39	-0,53	0,14	-0,19	0,26	0,11	-0,04	-0,19	-0,34	-0,50		
0,16	0,94	0,19	0,04	-0,11	-0,26	-0,41	-0,55	0,16	-0,21	0,24	0,09	-0,06	-0,21	-0,36	-0,52		
0,18	0,92	0,17	0,02	-0,13	-0,28	-0,43	-0,57	0,18	-0,23	0,22	0,07	-0,08	-0,23	-0,38	-0,54		
0,20	0,90	0,15	0,00	-0,15	-0,30	-0,44	-0,59	0,20	-0,25	0,20	0,05	-0,10	-0,25	-0,40	-0,56		
0,22	0,88	0,13	-0,02	-0,17	-0,32	-0,46	-0,61	0,22	-0,27	0,18	0,03	-0,12	-0,27	-0,42	-0,58		
0,24	0,86	0,11	-0,04	-0,19	-0,34	-0,48	-0,63	0,24	-0,29	0,16	0,01	-0,14	-0,29	-0,44	-0,60		
0,26	0,84	0,09	-0,06	-0,21	-0,36	-0,50	-0,65	0,26	-0,31	0,14	-0,01	-0,16	-0,31	-0,46	-0,62		
0,28	0,82	0,07	-0,08	-0,23	-0,37	-0,52	-0,67	0,28	-0,33	0,12	-0,03	-0,18	-0,33	-0,48	-0,64		
0,30	0,80	0,05	-0,10	-0,25	-0,39	-0,54	-0,69	0,30	-0,35	0,10	-0,05	-0,20	-0,35	-0,50	-0,66		
0,32	0,78	0,03	-0,12	-0,27	-0,41	-0,56	-0,71	0,32	-0,37	0,08	-0,07	-0,22	-0,37	-0,52	-0,68		
0,34	0,76	0,01	-0,14	-0,29	-0,43	-0,58	-0,73	0,34	-0,39	0,06	-0,09	-0,24	-0,39	-0,54	-0,70		
0,36	0,74	-0,01	-0,16	-0,31	-0,45	-0,60	-0,75	0,36	-0,41	0,04	-0,11	-0,26	-0,41	-0,56	-0,72		
0,38	0,72	-0,03	-0,18	-0,32	-0,47	-0,62	-0,77	0,38	-0,43	0,02	-0,13	-0,28	-0,43	-0,58	-0,74		
0,40	0,70	-0,05	-0,20	-0,34	-0,49	-0,64	-0,79	0,40	-0,45	0,00	-0,15	-0,30	-0,45	-0,60	-0,76		
0,42	0,68	-0,07	-0,22	-0,36	-0,51	-0,66	-0,81	0,42	-0,47	-0,02	-0,17	-0,32	-0,47	-0,62	-0,78		
0,44	0,66	-0,09	-0,24	-0,38	-0,53	-0,68	-0,83	0,44	-0,49	-0,04	-0,19	-0,34	-0,49	-0,64	-0,80		
0,46	0,64	-0,11	-0,26	-0,40	-0,55	-0,70	-0,85	0,46	-0,51	-0,06	-0,21	-0,36	-0,51	-0,66	-0,81		
0,48	0,62	-0,13	-0,28	-0,42	-0,57	-0,72	-0,87	0,48	-0,53	-0,08	-0,23	-0,38	-0,53	-0,68	-0,83		
0,50	0,60	-0,15	-0,29	-0,44	-0,59	-0,74	-0,89	0,50	-0,55	-0,10	-0,25	-0,40	-0,55	-0,70	-0,85		

Иные примечания к таблице:

1. Сектор, соответствующей каждой переменной и каждому итоговому показателю, выделены пунктиром.
2. Серым фоном показаны зоны реалистичных изменений коэффициента потерь объема и массы.
3. Коэффициент потерь массы δ приведен с шагом, примерно соответствующим однократной величине критерия воспроизводимости согласно ГОСТ 3900-85 (дополнительная строка в виде обозначений kv, 2kv и т.д.)

Согласно данным за декабрь, объем излишков на АЗС составил 0,93% от объема

реализации, но масса излишков составила только 0,08% от массы реализации. Температурный коэффициент (α) составил +0,75%, погрешность ТРК (β) составила +0,35%.

Согласно данным за июль, объем недостач на АЗС составил 0,34% от объема реализации, тогда как масса излишков (излишков, а не недостач) составила 0,12% от массы реализации. Температурный коэффициент (α) составил -0,45%, погрешность ТРК (β) составила +0,40%.

Процентные соотношения излишков и недостач к объему и массе реализации, наиболее близко отвечающие приведенным значениям вклада отдельных причин, показаны в таблице более крупным шрифтом курсивом и дополнительно выделены рамкой.

Из таблицы следуют два вывода.

Во-первых, даже при отсутствии искажений плотности, что соответствует нулевому значению δ , излишки и недостачи по объему (столбец ΔV) не пропорциональны излишкам и объему по массе (сектор Δm , столбец 0). Такое положение является следствием автокорреляции, возникающей в результате применения средневзвешенной фактической плотности для определения массы отпущенного продукта, аналогичной формуле 6.3.13 определения средневзвешенной плотности в АСКУ АЗС. На больших промежутках времени автокорреляция становится причиной асимптотического сближения книжной и фактической массы, что делает бессмысленным проведение инвентаризаций в единицах массы.

Во-вторых, если имеют место влияние оба фактора – во-первых, потери вследствие случайных ошибок и намеренных искажений объемных показателей, включая недостоверность поверки автоцистерн; во-вторых, потери вследствие случайных ошибок и намеренных искажений показателей плотности – то движение результата инвентаризации по массе становится непредсказуемым показателем, влияющим от множества факторов и не поддающимся контролю. В частности, при излишках по объему могут возникать как излишки, так и недостачи по массе. В целях подтверждения этого приводятся графики образования излишков и недостача в резервуарах двух АЗС, у которых в декабре возникли взаимоисключающие соотношения дебаланса (излишков или недостач) по итогам месяца.

На первой из них (рис.1) имел место выраженный рост недостачи по массе бензина Нормаль-80 при одновременном более чем значительном (на 800 литров) росте излишка по объему, что не позволяет установить, что является причиной недостачи по массе. Можно только гадать, в какой степени плотность была искажена поставщиком нефтепродуктов в накладных, а в какой – средствами измерений на АЗС.

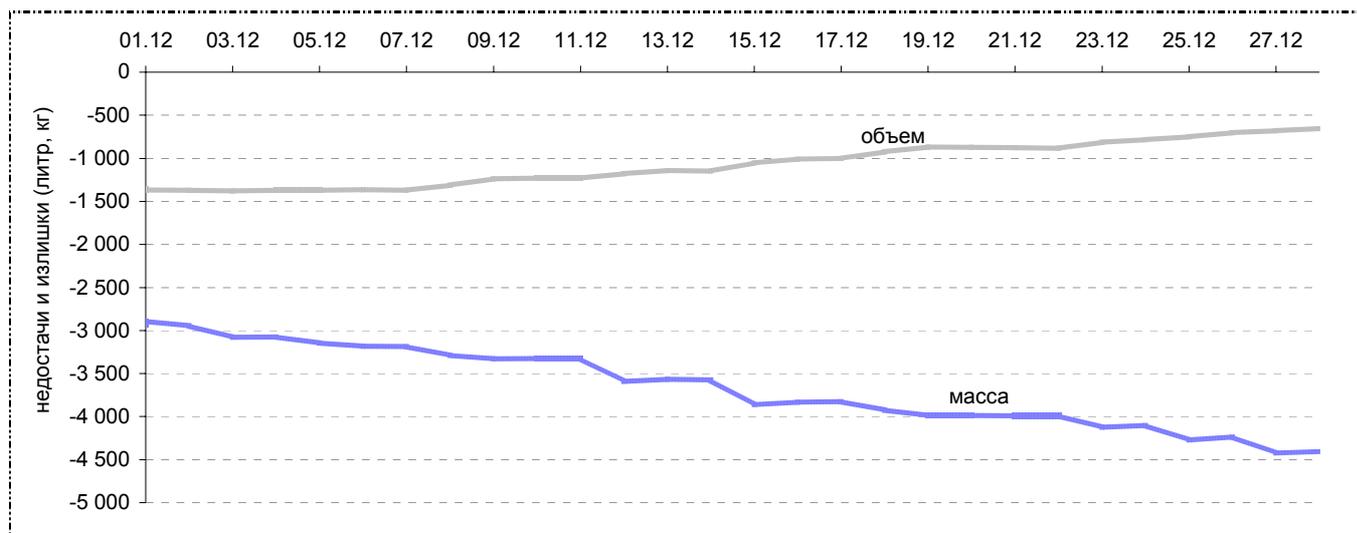


Рис.1. Реальный рост излишков по объему при одновременном нереальном росте недостач по массе, что становится возможным, если искажения плотности больше, чем рост объема вследствие температурного перепада.

На другой АЗС (рис.2) имел место рост излишка по массе бензина Регуляр-92 при одновременном более чем значительном (на 4700 литров) росте излишка по объему. Данное соотношение лучше, чем на первой из приведенных АЗС, и дает основание считать, что здесь искажения плотности меньше, и не столь значительно повлияли на конечный результат, но все

же сопровождалась непропорциональностью соотношений излишка. Непропорциональность в данном случае заключается в общей несогласованности кривых, вплоть до появления несурзающей точки пересечения, тогда как на всем временном интервале соотношение значений двух функций для каждого момента времени должно быть величиной примерно постоянной, равной функции плотности на этом же интервале. Если чуть-чуть забежать вперед и взглянуть на график плотности на рис.5 (он соответствует АЗС, представленной на рис.2), то мы видим, что плотность в среднем (по тренду) на рис.5 меняется не более чем на 2%, тогда как расхождение массы и объема излишка на рис.2 достигает 20%, то есть общего между графиками ними не больше, чем между небом и землей. Опять же, можно только строить предположения, в какой степени плотность искажена поставщиком нефтепродуктов, а в какой – средствами измерений на АЗС и операторами АЗС.

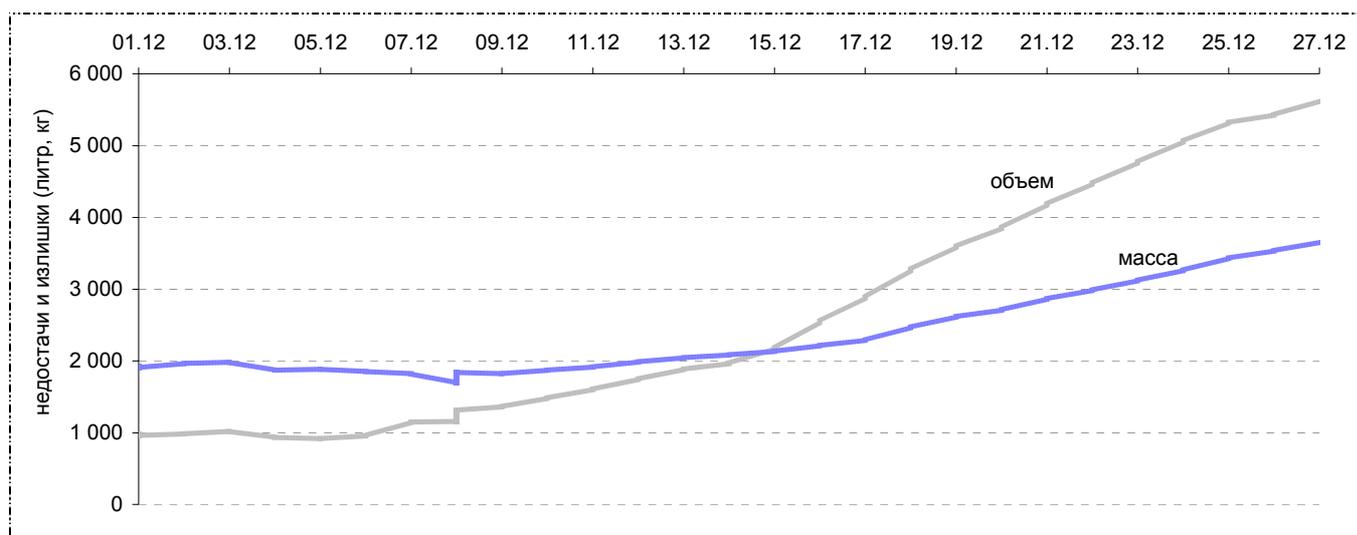


Рис.2. Непропорционально опережающий темп роста излишков по объему по сравнению с излишками по массе, что является следствием температурного перепада при относительно малых искажениях плотности.

Таким образом, показанное выше уравнение дебаланса по массе с 4 неизвестными-причинами, которые, сочетаясь в различных соотношениях друг с другом, создают неразрешимую проблему выявления вклада каждой неизвестной-причины, можно только созерцать в сугубо эстетических целях, без надежды применить его для реальной работы.

Струна: реальная помощь и реальные проблемы

Когда речь заходит о средствах контроля за количеством нефтепродуктов на АЗС, более надежного помощника, чем «Струна», не отыскать (не в обиду остальным аналогичным средствам измерений – я их просто не видел в работе).

Есть случаи, когда «Струне» цены нет, и на рис.3-4 эти случаи показаны.

На рис.3 мы наблюдаем синхронный скачок излишка бензина Регуляр-92 и зеркальный скачок недостачи бензина Нормаль-80. Установить, что здесь имело смешение продукта при приеме автоцистерны, можно только на основании «Струны», показания которой снимаются через каждые 30-40 секунд и которая покажет, что именно в момент приема бензина Нормаль-80 в резервуаре Регуляр-92 тоже увеличился взлив, только беспричинно.

Кстати сказать, подобные смешения, когда оператор и водитель спохватываются спустя 1-1,5 минуты после начала слива автоцистерны и успевают исправить положение, пока оно не стало необратимым, являются достаточно частыми. Другое дело, что собственник АЗС об этом не всегда знает или узнает об этом последним, когда уже нет смысла принимать административные меры.

На рис.4 показаны три случая уменьшения излишка в резервуаре с дизельным топливом, приходящиеся на дни приема автоцистерн и для наглядности выделенные овалами: в первый раз на 250 литров, второй раз на 70 литров и в третий раз на 100 литров.

Если в актах приемки автоцистерн операторами АЗС указано, что недостач при приеме

не было, тогда как контрольно-накопительная ведомость косвенно указывает на эти недостатки, то установить, что здесь имели место неполные сливы автоцистерн и с одновременным внесением в акты приемки недостоверных сведений, может тоже только «Струна».

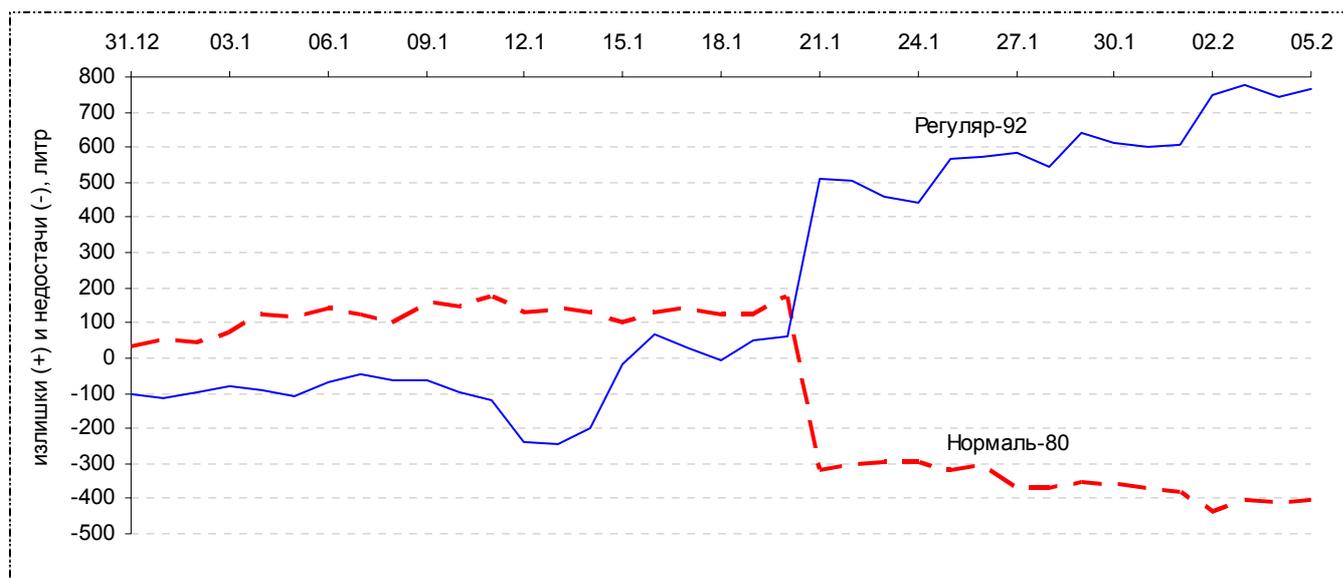


Рис.3. Ситуация, когда уровнемер «Струны» незаменяем. График изменения дебаланса (излишка или недостачи), построенный на основе контрольно-накопительной ведомости, показывает синхронный скачок излишка бензина Регуляр-92 и точно такой же скачок недостачи бензина Нормаль-80.

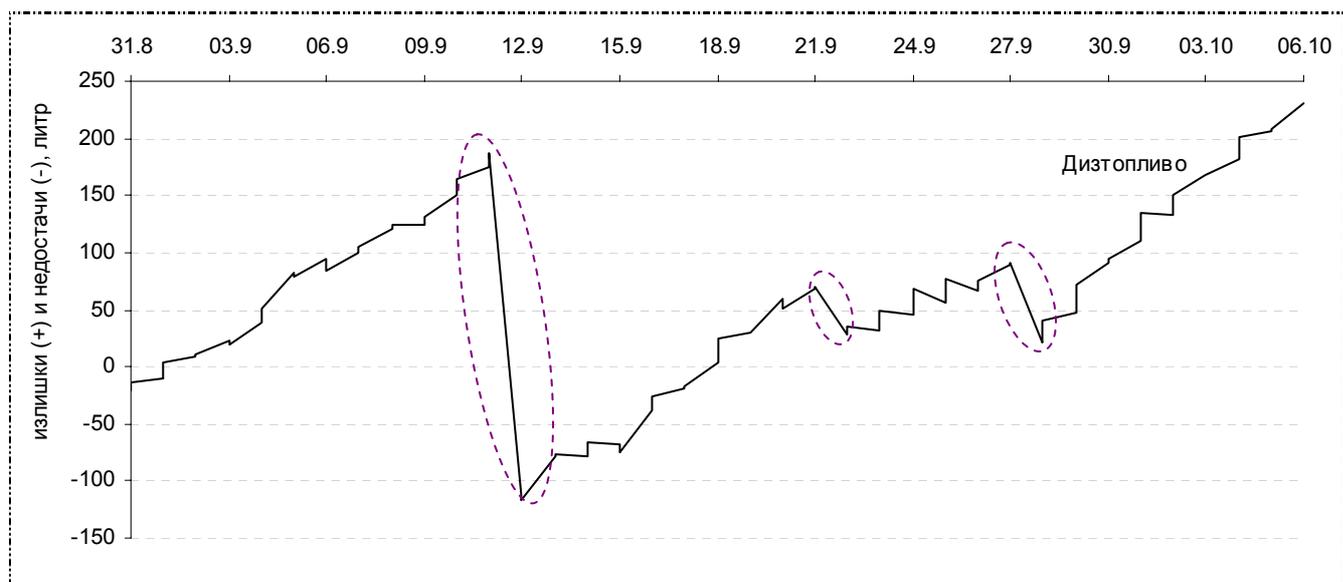


Рис.4. Другая ситуация, когда уровнемер «Струны» также незаменяем. График изменения дебаланса (излишка или недостачи), построенный на основе контрольно-накопительной ведомости показывает три скачка недостачи дизельного топлива, приходящиеся на дни приема автоцистерн (показаны овалами).

Как можно заметить, это были примеры о несомненной пользе «Струны» в случаях, когда речь шла об измерении взливов и объема в резервуарах.

Но, помимо уровнемера, «Струна» дает возможность оперативно определять также температуру и плотность продукта – соответственно с помощью термометра и плотномера.

Нет нужды доказывать, что измерения плотности имеют фундаментальное значение для учета на нефтепродуктов на АЗС в единицах массы.

Очевидно, что доверять операторам измерения плотности для последующего определения массы продукта в резервуаре – это и накладно (по времени и трудоемкости), и неточно (в лучшем случае один раз в сутки), и рискованно (где гарантия, что операторы укажут фактическую плотность, а не какую-либо иную, более предпочтительную для получения благоприятного результата инвентаризации?). Словом, стопроцентная реализация иронии

Б.Брехта: *осуществлению великих идей мешает наличие людей.*

В этой ситуации правомерно полагать, что «Струна» и в этой ситуации может оказаться неоценимым помощником: быстро, непрерывно и объективно.

Но возникает вопрос, никоим образом не умаляющий перечисленные достоинства «Струны»: а как обстоит дело с точностью измерений?

К сожалению, опыт показывает, что с точностью, особенно при измерениях плотности, у «Струны» возникают проблемы, причем чаще, чем при измерении вливов и температуры.

В качестве иллюстрации несколько графиков (рис.5-8), которые показывают как безупречно работающие датчики «Струны», так и капризничаящие датчики.

Графики построены по общему принципу:

- совмещены сразу показания трех датчиков – уровнемера, термометра и плотномера;
- показания сняты с интервалом 30 сек, что обеспечивает высокое разрешение графиков;
- взят достаточно длительный период (27 дней одного месяца), что позволяет обнаруживать систематические сбои отдельных датчиков.

На рис.5 показана идеально работающая «Струна». Все три датчика – уровнемер, термометр и плотномер – меняют показания синхронно: увеличение объема при приеме автоцистерны и плавное понижение по мере отпуска; скачок плотности и температуры в момент приема и плавное, в течение 15-18 часов восстановление исходного уровня. Поскольку это зимний месяц, то в резервуаре постепенно устанавливается более низкая, чем в начале месяца температура, и соответственно более высокая, чем в начале месяца, плотность. Экспоненциальное поведение плотности и температуры позволяет с достаточной степенью уверенности прогнозировать, какими будут средневзвешенные величины этих показателей за месяц, чтобы на их основе определять объемы излишков или недостат, которые должны возникнуть в течение месяца.

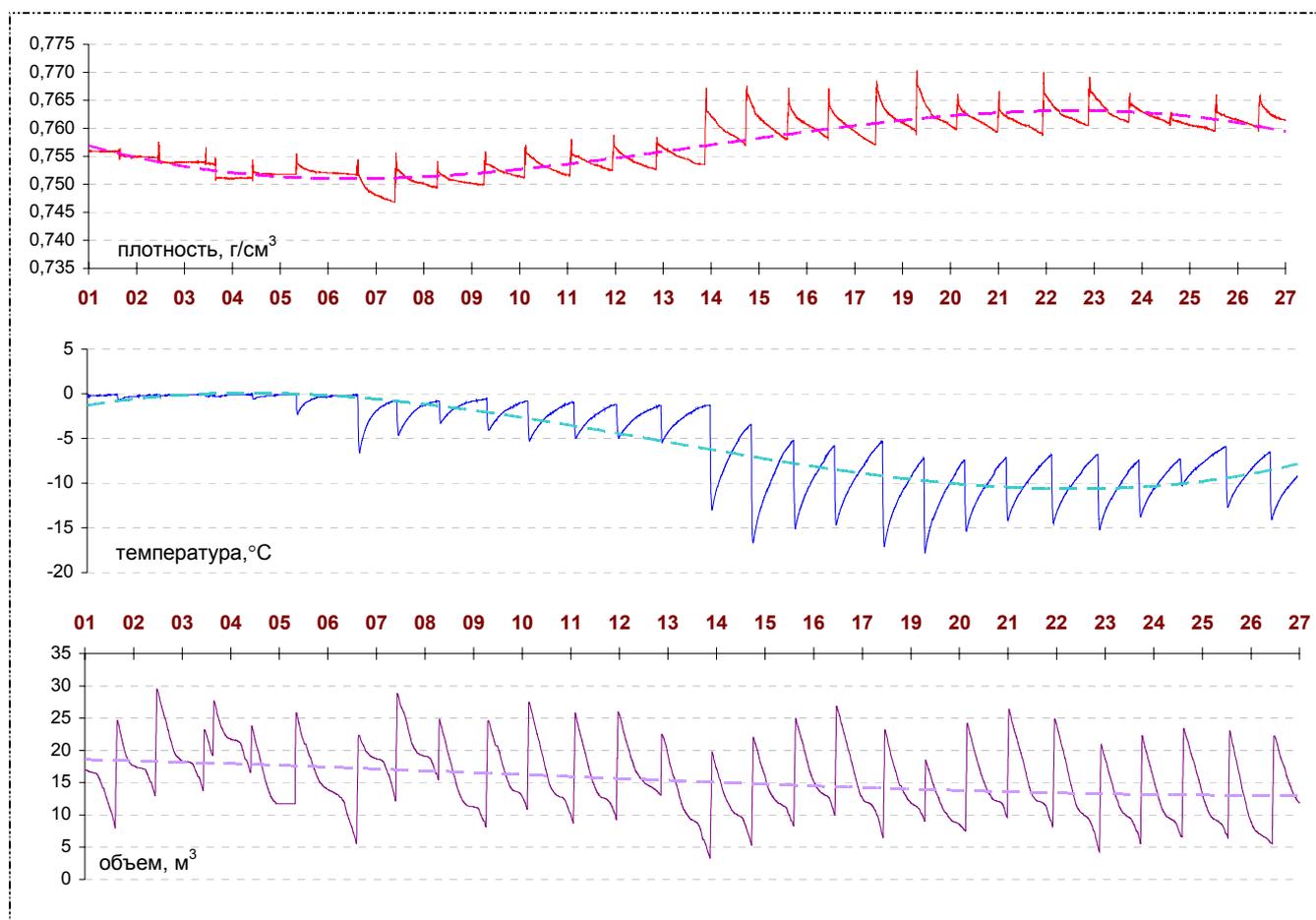


Рис.5. Графики изменения плотности, температуры и объема в резервуаре с бензином Регуляр-92, свидетельствующие фактически об идеальной работе плотномера, термометра и уровнемера «Струны» (здесь и далее на рис.5-8 пунктиром показан тренд показателя).

На рис.6 продемонстрирована работа «Струны», у которой безукоризненно работают уровнемер и термометр, но есть проблемы с плотномером. При каждом поступлении продукта он реагирует, как и положено, повышением плотности, но в дальнейшем, по мере восстановления температуры, плотность не снижается, как следовало бы ожидать.

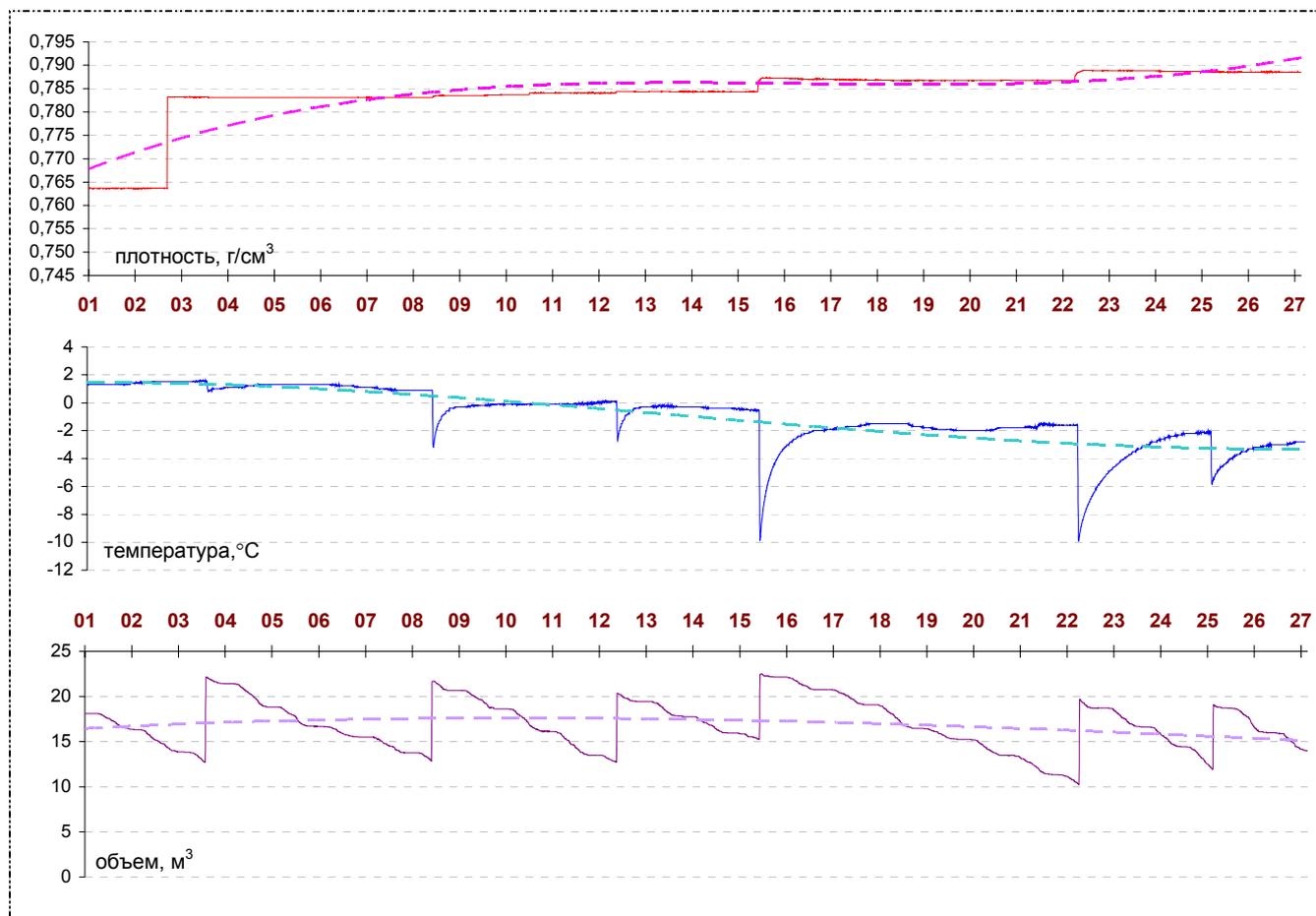


Рис.6. Графики изменения плотности, температуры и объема в резервуаре с бензином Премиум-95, говорящие о хорошей работе термометра и уровнемера «Струны», но в то же время о наличии проблем с плотномером.

На рис.7 работа еще одной «Струны». Здесь ситуация сложнее, поскольку исправен только уровнемер, а вот с термометром и плотномером есть проблемы.

Термометр имеет «замедленную реакцию»: восстановление исходной температуры после поступления должно занимать 15-18 часов, тогда как на графике это занимает несколько суток. К тому же в кривых температуры вблизи максимума возникает странная, ничем не объяснимая волна. Плотномер же, наоборот, имеет чрезмерно «быструю реакцию»: во-первых, плотность восстанавливается не плавно в течение 15-18 часов после поступления, как должно было бы быть, а менее чем за полчаса, что, конечно же, нереально; во-вторых, есть ничем не объяснимые кратковременные провалы до нереальных для бензина Премиум-95 значений плотности.

Наконец, на рис.8 представлена «Струна», у которой есть проблемы всех трех датчиков.

Уровеньмер зависает на взливе, примерно соответствующем 14,8 м³ продукта, что хорошо видно на двух повторяющихся совершенно горизонтальных участках: с 13 по 20 число и с 24 по 27 число месяца, – при этом зависание происходит не в максимальной точке непосредственно в ходе приема, а при достижении определенного уровня в процессе отпуска. Термометр имеет несколько «замедленную реакцию»: восстановление исходной температуры после поступления должно происходить за 15-18 часов, тогда как на графике это занимает несколько суток и вдобавок сопровождается нереальными волнообразными понижениями вблизи точек максимума. Поведение плотномера вообще непредсказуемо: необъяснимые резкие провалы и горизонтальные участки плотности, резкое нереальное восстановление плотности в первые полчаса после приема, нереально долгое снижение плотности без видимых причин и вне связи с новыми поступлениями в резервуар.

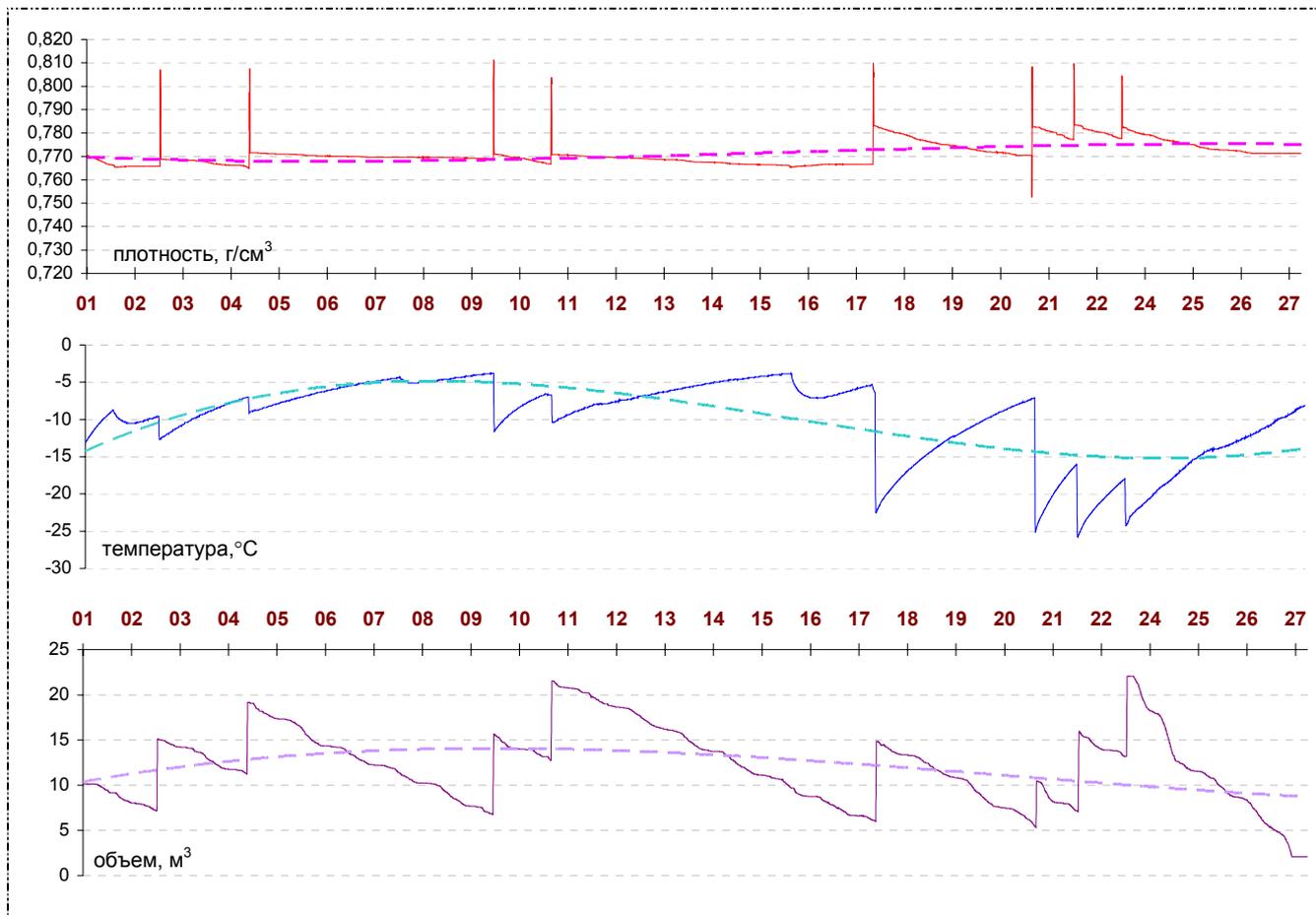


Рис. 7. Графики изменения плотности, температуры и объема в резервуаре с бензином Премиум-95, свидетельствующие о хорошей работе уровнемера «Струны», но о проблемах в работе термометра и плотномера.

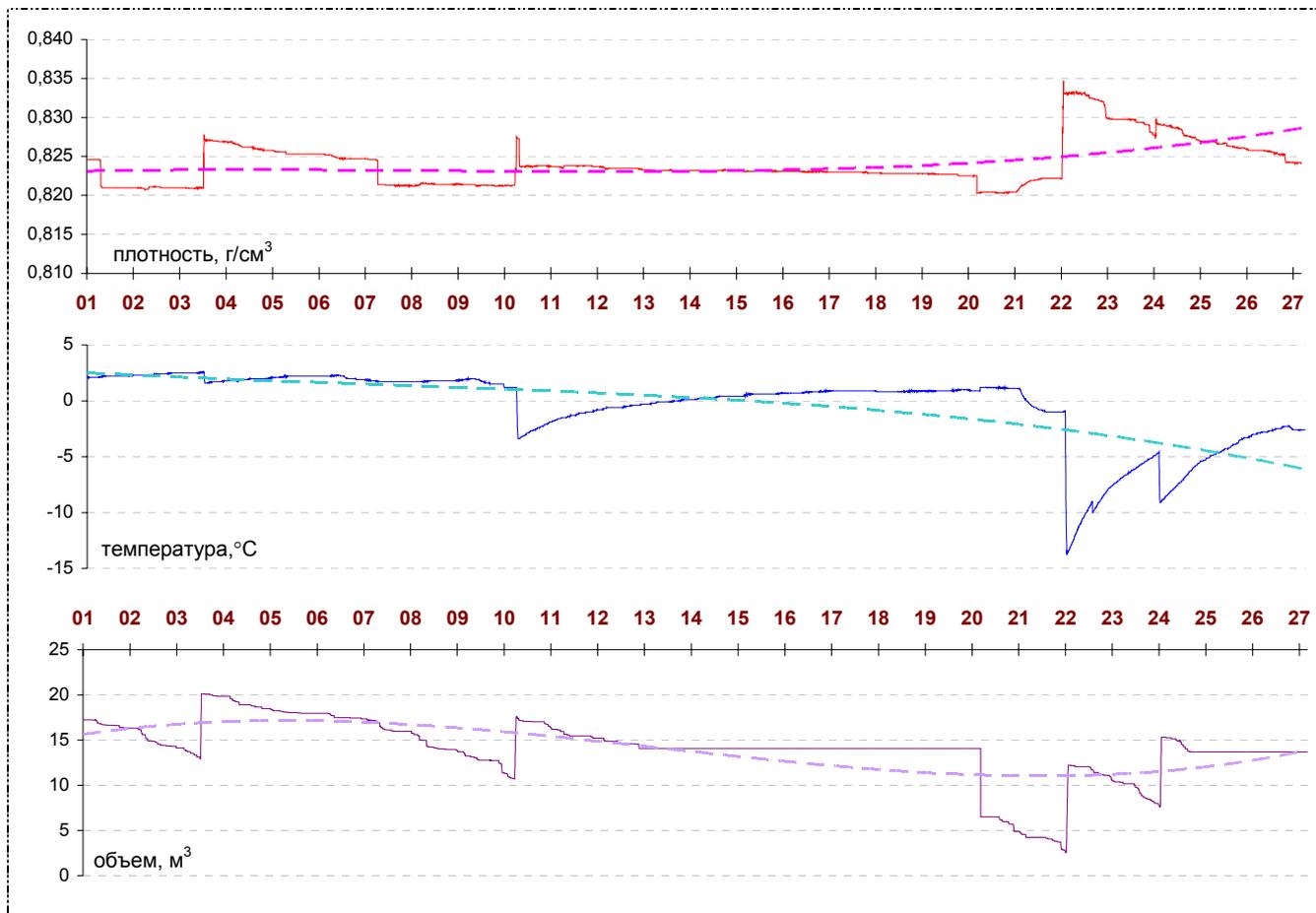


Рис. 8. Графики изменения плотности, температуры и объема в резервуаре с дизельным топливом, свидетельствующие о проблемах в работе всех датчиков «Струны».

Если подытожить статистику работы датчиков «Струны», то картина вырисовывается не совсем утешительная, причем как раз в силу работы плотномеров, то есть того элемента «Струны», который принципиально важен для измерения массы нефтепродукта.

В частности, опыт автора показывает, что уровнемер и плотномер работают примерно с одинаковой надежностью, составляющей 95% исправных средств измерений в выборочной совокупности, тогда как у плотномера этот показатель не превышает 65%.

Иными словами, для среднестатистической АЗС, имеющей четыре резервуара, эти показатели надежности означают, что во всех четырех резервуарах уровнемер и термометр будут исправны ($4 \text{ датчика} \times 95\% = 3.8$ исправных датчика). В то же время, плотномер будет исправен в лучшем случае в трех, а в худшем только в двух резервуарах ($4 \text{ датчика} \times 65\% = 2.6$ исправных плотномеров).

Таким образом, с одной стороны, измерения плотности операторами явно не могут быть надежной основой для точного учета нефтепродуктов на АЗС в единицах массы – по причине лукавства операторов. Но и плотномер, с другой стороны и к большому сожалению, как показывает практика, не всегда обеспечивает достаточную точность, а говорить о его надежности, то есть бесперебойной и точной работе в течение длительного периода времени, и вообще не приходится.

В итоге получается картина, показанная на рис.1-2: в литрах все прекрасно, а в килограммах как-то не очень.

Словом, учет нефтепродуктов на АЗС в единицах массы проблематичен не только теоретически (как попытка решить уравнение с 4 неизвестными), но и практически (как недостаточная надежность средств непрерывного измерения плотности).

В этой связи я советовал бы не обольщаться призрачными надеждами на наведение порядка в учете на АЗС посредством единицы массы – времени, усилий, нервов и денег будет угроблено без меры, а результат может разочаровать. Зато учет в единицах объема – о, да, вот тут «Струна» (и ее аналоги) могут сказать, и обязательно скажут веское слово.