

Как подковать американскую блоху...

После того, как сначала стандарт ГОСТ Р 8.595-2002, а затем заменивший его с осени 2005г. стандарт ГОСТ Р 8.595-2004, в пункте 5.7.1.1 сослались на поправочные коэффициенты CTL_V^C и CTL_ρ^C , установленные американским стандартом API 2540 «Руководство по нефтяным измерительным стандартам», эра глобализации для отечественного нефтепродуктообеспечения, можно сказать, наступила.

Соответственно основным нормативным документом для отечественных производителей, оптовых поставщиков и оптовых покупателей нефтепродуктов отныне становятся уже не таблицы ГОСТ 3900-85, а аналогичные таблицы GS54A (для нефти) и GS54B (для нефтепродуктов) стандарта ASTM D 1250-80 «Стандартное руководство по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродуктов».

Все бы ничего, но есть одна загвоздка.

Как и таблицы ГОСТ 3900-85, уж больно грандиозны американские таблицы GS54B: 137856 показателей, которые представлены как матрица из 45952 строк и 3 столбцов, образующих функциональные связки вида «фактическая температура \Rightarrow плотность при $+15^\circ\text{C}$ \Rightarrow коэффициент CTL_V^C » – шутка ли сказать!

Работать с такими таблицами вручную на основе бумажных носителей обременительно (да и где вы, спрашивается, возьмете американский стандарт на бумажном носителе?), а автоматизация требует, как минимум, получения исходных 45952 наборов показателей в электронном виде, чтобы затем создать на их основе более или менее универсальную базу данных с таблицами, запросами, формами и макросами.

Ну, а если ваши поставщики уже перешли на новый формат заполнения отгрузочных документов, и теперь прописывают там не фактический объем, плотность и температуру, а фактическую температуру, но одновременно – объем и плотность, приведенные к $+15^\circ\text{C}$? Как быть в этом случае?

Отставать не годится, желательно с поставщиком идти в ногу, да и его само тоже надо все-таки перепроверять (мало ли что бывает в жизни – вдруг он таким хитрым способом завывает объем и плотность?).

Таким образом, необходимость сравнивать свои показатели объема, плотности с показателями поставщика может возникнуть неожиданно, а таблицы GS54B под рукой нет. И чтобы события не застали вас врасплох, не остается ровным счетом ничего, кроме как подковать блоху – в полном согласии с лучшими российскими традициями! – только на этот раз не «аглицкую», а американскую.

Для расчета показателей при отгрузке и приемке продукта в железнодорожных цистернах возможно вывести (с помощью MS Excel) формулы определения плотности при $+15^\circ\text{C}$, которые будут являться аппроксимацией зависимости таблицы GS54B стандарта ASTM D 1250-80 «Стандартное руководство по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродуктов» и воспроизводящие расчет плотности нефтепродуктов согласно пункту 5.7.1.1 ГОСТ 8.595-2004 с использованием функции CTL_ρ^C :

$$\rho_{15^\circ} = \frac{\rho_t - n_k t - n_b}{m_k t + m_b} \quad (1),$$

и соответственно

$$\rho_t = \rho_{15^\circ} \times (m_k t + m_b) + (n_k t + n_b) \quad (2),$$

где

ρ_{15° – плотность продукта, приведенная к 15°C ;

ρ_t – фактическая плотность продукта при температуре t , найденная при приемке;

t – фактическая температура продукта при приемке;

m_k – коэффициент, равный 0,0006044 для бензинов и 0,0008842 для дизельных топлив;

m_b – коэффициент, равный 0,9911113 для бензинов и 0,9870972 для дизельных топлив;

n_k – коэффициент, равный $-0,0013485$ для бензинов и $-0,0014503$ для дизельных топлив;

n_b – коэффициент, равный 0,0200436 для бензинов и 0,0213816 для дизельных топлив.

Да, действительно, эти две скромные формулы заменяют всю матрицу 45952×3 показателей таблицы GS54B. Точность формул (2)-(3) соответствует точности округления исходных данных самой таблицы GS54B, то есть равняется 0,0001 (0,01%).

Пример 1. При приемке железнодорожной цистерны с дизельным топливом установлено, что при температуре продукта составляет $-1,0^\circ\text{C}$, а фактическая плотность равна $0,8362 \text{ г/см}^3$. Если воспользоваться формулой (1), то указанным значениям соответствует плотность при $+15^\circ\text{C}$, равная $0,8247 \text{ г/см}^3$. Между тем, в накладной поставщика указана плотность при $+15^\circ\text{C}$, которая равная $0,8265 \text{ г/см}^3$. Первый вывод, который следует из сравнения двух плотностей при $+15^\circ\text{C}$: расхождение плотностей составляет $0,0018 \text{ г/см}^3$, то есть она в полтора раза превышает критерий воспроизводимости по ГОСТ 3900-85, равный $0,0012 \text{ г/см}^3$. То обстоятельство, что ГОСТ 3900-85 оперирует критерием воспроизводимости при $+20^\circ\text{C}$, не должно смущать: если привести обе сравниваемые плотности к $+20^\circ\text{C}$, применив для этого формулу (2), то мы получим то же самое расхождение $0,0018 \text{ г/см}^3$. Следовательно, имеет место не вполне точное определение плотности – или операторами поставщика, или операторами покупателя, или и теми, и другими сразу. Что должен предпринимать в такой ситуации покупатель? В первую очередь убедиться в отсутствии бревна в собственном глазу, то есть в достаточном уровне квалификации своих операторов, в правильности отбора ими пробы и точности определения ими плотности нефтепродукта. Но! Если же подобные отклонения будут постоянными, то есть плотность при приемке, приведенная к $+15^\circ\text{C}$, будет систематически оказываться меньше плотности при отгрузке, тоже приведенной к $+15^\circ\text{C}$, то уже есть резон поискать соломинку в чужом глазу, а именно – обратить внимание вашего уважаемого поставщика на квалификацию его операторов.

Для расчета показателей при отгрузке и приемке продукта в железнодорожных накладных возможно вывести (опять же с помощью MS Excel) формулы определения объема нефтепродукта при 15°C , являющиеся аппроксимацией зависимости таблицы GS54B стандарта ASTM D 1250-80 «Стандартное руководство по применению таблиц измерения параметров нефти и нефтепродуктов» и воспроизводящие расчет объема нефтепродуктов с использованием функции CTL_V^C согласно ГОСТ 8.595-2004:

$$V_{15^\circ} = V_t \times K_t, \quad (3)$$

и соответственно

$$K_t = (M_k \rho_{15^\circ} + N_k) \times t + (M_b \rho_{15^\circ} + N_b) \quad (4)$$

где

V_{15° – объем продукта, приведенный к 15°C ;

V_t – фактический объем продукта при температуре приемки t ;

K_t – коэффициент для перевода объема и плотности, найденных при фактической температуре t , к температуре $+15^\circ\text{C}$ (это и есть стопроцентный эквивалент функций CTL_ρ^C и CTL_V^C в таблице GS54B);

ρ_{15° – плотность продукта, приведенная к $+15^\circ\text{C}$;

t – фактическая температура продукта при приемке;

M_k – коэффициент, равный 0,0024118 для бензинов и 0,0021519 для дизельных топлив;

M_b – коэффициент, равный –0,0358483 для бензинов и –0,0317248 для дизельных топлив;

N_k – коэффициент, равный –0,0030030 для бензинов и –0,0026492 для дизельных топлив;

N_b – коэффициент, равный 1,0447305 для бензинов и 1,0391885 для дизельных топлив.

Как и в предыдущем случае, формула (4) справедлива для всех 45952 наборов показателей таблицы GS54B. Точность формулы (4), как и формул (2)-(3), соответствует точности округления исходных данных таблицы GS54B, то есть равняется 0,0001 (0,01%).

Коэффициент K_t универсален, поэтому его можно использовать для пересчета плотности при температуре +15°C (допустим, найденной в лаборатории) к фактической плотности при данной фактической температуре t , то есть иногда может появиться необходимость применить формулу:

$$\rho_t = \rho_{15^\circ} \times K_t \quad (5).$$

Пример 2. При замерах в железнодорожной цистерне с дизельным топливом установлено, что фактический объем равен **68963** литрам, фактическая температура составляет **–1,0°C**, плотность при +15°C равна **0,8247 г/см³**. При данных условиях коэффициент пересчета объема, согласно формуле (4), равен **1,0138958**, а объем продукта, приведенный к +15°C, в соответствии с формулой (3) составляет **69921 литр**. И для проверки: фактическая плотность, согласно формуле (5) составит **0,8362 г/см³** (см. пример 1: там как раз эта величина).

Наконец, уже безотносительно к американским стандартам, но «во исполнение» пункта 5.7.2.1 ГОСТ Р 8.595-2004, фактический объем отгружаемых или поступивших в железнодорожных цистернах наливных нефтепродуктов с учетом неполного сантиметра влива и температурной сжимаемости (расширения) материала стенок железнодорожной цистерны должен обязательно выполняться по формуле:

$$V_t = [V_{[x]} + (V_{[x]+1} - V_{[x]}) \times (x - [x])] \times [1 + 3 \times 12,5 \times 10^{-6} \times (t - 20^\circ C)], \quad (6), \text{ где}$$

x – влив нефтепродукта в цистерне (в сантиметрах с дробной частью, без округления);

$[x]$ – целая часть влива x (в сантиметрах);

$[x] + 1$ – целая часть влива x , увеличенная на 1 см, такая что $[x] < x < [x] + 1$ (в сантиметрах);

V_t – фактический объем продукта на высоте влива x при температуре продукта t ;

$V_{[x]}$ – объем цистерны по калибровочной таблице, соответствующей высоте $[x]$;

$V_{[x]+1}$ – объем цистерны по калибровочной таблице, соответствующей высоте $[x] + 1$;

$3 \times 12,5 \times 10^{-6}$ – суммарный коэффициент линейного теплового расширения стенок цистерны и метрштока, изготовленного из нержавеющей стали (при использовании метрштока из алюминия, что сегодня уже редкость, суммарный коэффициент равен $4 \times 12,5 \times 10^{-6}$);

t – фактическая температура продукта в цистерне.

Пример 3. Высота влива нефтепродукта в цистерне типа **61** составила **284,6 см** при температуре **–1,0°C**. Если округлить данный влив в большую сторону, как это принято делать сегодня, то объем нефтепродукта следует принять равным **136640 литрам**. Между тем, в соответствии с формулой (4), реальный объем продукта составляет **136420 литров**. Разница составляет вполне внушительную величину **220 литров**, и пусть даже она меньше пресловутой погрешности **0,05%**, она от этого не перестает быть грубой ошибкой, в определенный момент способной стать чьей-то реальной недостаточей.

Насколько актуальны подобные расчеты?

Может показаться, что не очень: на сегодняшний день отгрузочные документы составляются поставщиками кто во что горазд. Можно говорить как минимум о трех-четырех способах оформления железнодорожных накладных: при взвешивании цистерн на весах, когда в накладных нет ни взлива, ни плотности, ни температуры, есть только тип вагона, масса брутто и нетто продукта (или вообще только масса нетто); при косвенном способе определения массы, когда в накладной указаны тип цистерны, взлив, масса нетто, фактическая плотность и температура; наконец, тоже при косвенном способе определения массы, но когда в накладной указаны тип цистерны, взлив, масса нетто, фактическая температура и плотность при +15°C, при этом объем определяется в соответствии с формулой (6) или близкой к ней.

Но, во-первых, при любом оформлении накладной есть паспорт продукта, в котором указана его плотность при +15°C, то есть ничто не мешает подвергнуть расчеты поставщика тотальной проверке, используя одновременно и накладную, и паспорт.

Во-вторых, в соответствии с пунктом 3.3 и 4.5, ГОСТ Р 8.595-2004, железнодорожная цистерна есть мера полной вместимости, то есть средство измерений объема продукта, имеющее свидетельство о поверке и утвержденную градуировочную таблицу. Следовательно, железнодорожные цистерны подпадают под действие Закона Российской Федерации от 27 апреля 1993г. № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений», то есть при выпуске из производства или ремонта должны в обязательном порядке проходить испытание с последующим утверждением типа и поверку органами Государственной метрологической службы в соответствии с пунктом 1 статьи 15 Закона. Понятно, что сегодня железнодорожные цистерны (в большинстве своем собственность МПС, или, точнее, его преемника ОАО «РЖД») не удовлетворяют требованиям меры вместимости, ибо унифицированная калибровочная таблица, да еще и грешащая ошибками¹, вовсе не то же самое, что и свидетельство о поверке и градуировочная таблица. Строго говоря, это означает, что калибровочные таблицы цистерн, разработанные Департаментом вагонного хозяйства МПС РФ, неприменимы в коммерческих целях, или, во всяком случае, законность применения этих таблиц хозяйствующими субъектами в коммерческих целях под очень и очень большим знаком вопроса.

А потому тем более надо быть внимательным при отгрузке и приемке продукта в железнодорожных цистернах, и уж тем более не пренебрегать методами, позволяющими точнее установить размеры кота в мешке, отгружаемого или принимаемого в цистерне.

¹ Современная АЗС. – 2005. № 2.