

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ложка дёгтя... в калибровочной таблице

Очевидно, что от точности калибровки железнодорожных цистерн зависит многое. Но, оказывается, работа Госстандарта и МПС по калибровке цистерн не всегда гарантирует поставщиков и покупателей нефтепродуктов от досадных недоразумений, возникающих при железнодорожных перевозках нефтепродуктов.

В изданных Департаментом вагонного хозяйства МПС России калибровочных таблицах цистерн¹ приводится объем, соответствующий той или иной высоте разлива в цистерне. Но есть одна тонкость: высоты разливов даны с шагом ... 1 см.

С одной стороны, это понятно: при существующем количестве типов цистерн калибровочные таблицы с шагом 1 мм составили бы целые тома справочников, что не прибавило бы удобства при работе с ними.

С другой – высоты разливов в реальных условиях могут быть все же самыми разными, в том числе и равными нецелому числу сантиметру (допустим, 284,6 см). В итоге в организациях нефтепереработки и нефтесбыта в какой-то момент неизбежно возникает необходимость самостоятельно рассчитать, какой же объем нефтепродукта приходится на 1 мм на различных высотах разлива в цистерне.

Самое простое решение – линейная интерполяция на основе значений калибровочных таблиц. К примеру, для цистерны типа **71** в калибровочной таблице по двум соседним высотам разливов (допустим, **286 см** и **287 см**) находятся объемы (соответственно **151411 литр** и **151814 литров**), после чего вычисляется объем, приходящийся на **1 мм** в данном интервале:

$$\frac{151814 \text{ л} - 151411 \text{ л}}{287 \text{ см} - 286 \text{ см}} = \frac{403 \text{ л}}{10 \text{ мм}} = 40,3 \text{ л/мм}$$

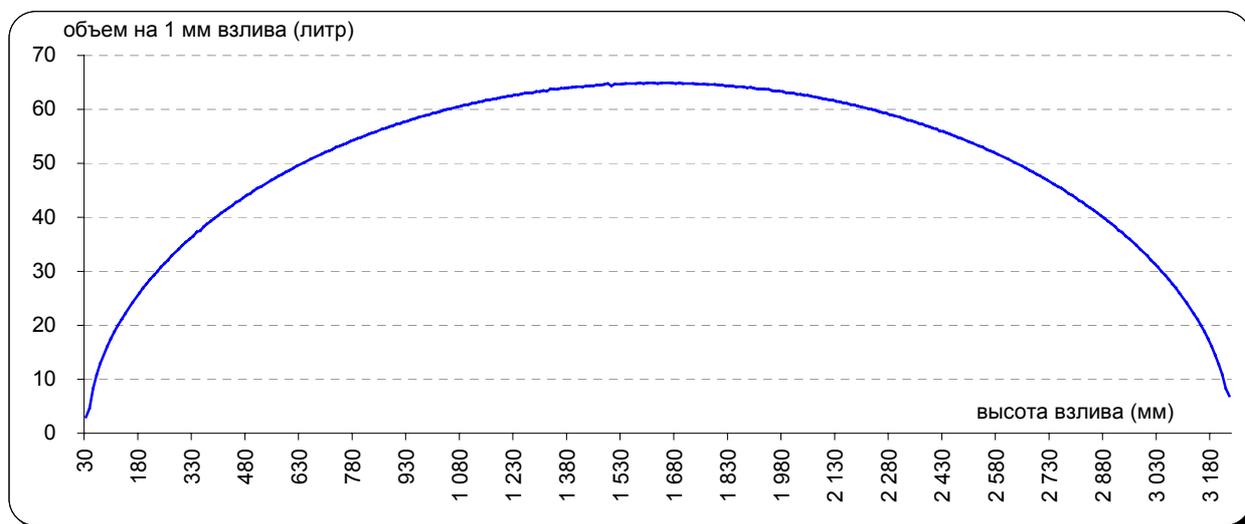


Рис.1. Объем, приходящийся на 1 мм на различных высотах разлива в цистерне типа 71.

Этим способом для всех высот разливов и объемов, представленных в калибровочной таблице цистерны типа **71**, можно получить числовой ряд объемов, приходящихся на 1 мм. Для удобства и наглядности этот ряд лучше показать графически (рис.1). Первое и главное, что бросается в глаза, это гладкость профиля цистерны типа **71**, и это лучше длинных

¹ Таблицы калибровки железнодорожных цистерн. – М.: Транспорт, 1997. – 109 с. Утверждены департаментом вагонного хозяйства МПС России.

математических доказательств убеждает, что цистерна откалибрована практически идеально.

В качестве примера приводится профиль, аналогичный предыдущему, но уже для цистерны типа 56 (рис.2). В первую очередь после предыдущего примера в глаза бросается то, что график напоминает чем-то дисковую пилу, и это уже само по себе слегка настораживает. Кроме того, явно лишним выглядит резкий всплеск во второй части графика.

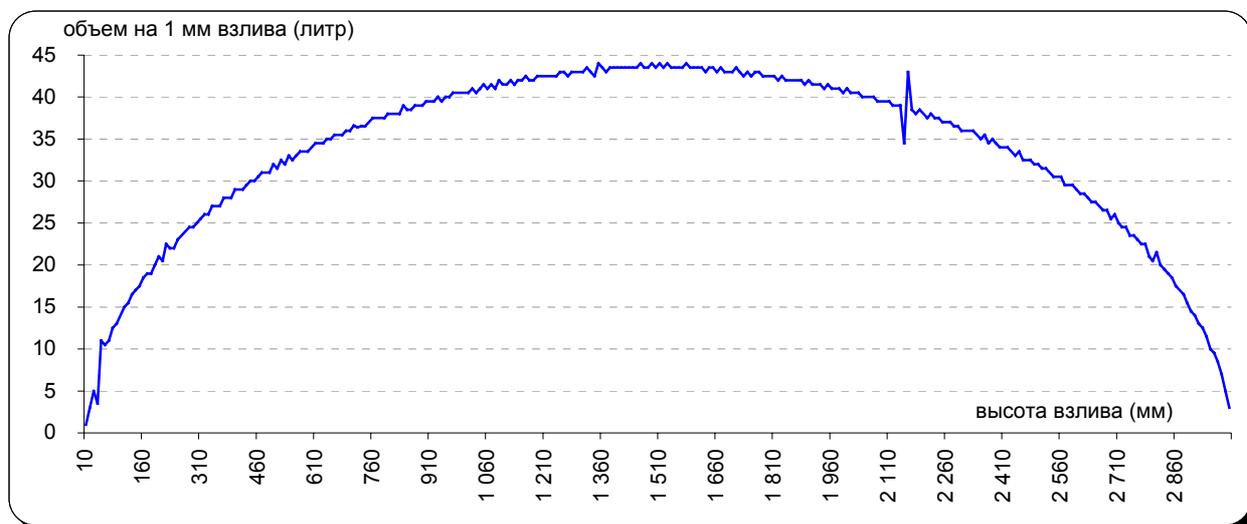


Рис.2. Объем, приходящийся на 1 мм на различных высотах взлива в цистерне типа 56.

Очевидно, что "возмутителем спокойствия", как показано в таблице, является объем **77570 литров**, соответствующей высоте взлива **215 см**. И действительно: если для этой высоты взлива, взять объем равным **77615 литрам**, то получится стройная последовательность значений, приходящихся на 1 мм в четырех соседних интервалах. Всплеск исчезнет, а график тотчас же приобретет приемлемую гладкость – как и положено, если исходить из того, что цистерна – это все же не огурец и пупырышек по бокам не имеет.

Взлив, см	Данные калибровочной таблицы		Данные, которые должны быть в калибровочной таблице	
	Объем, литр	Объем на 1 мм взлива, литр	Объем, литр	Объем на 1 мм взлива, литр
213	76 835	39,0	76 835	39,0
214	77 225		77225	
215	77 570	34,5	77 615	39,0
		43,0		38,5
216	78 000	38,5	78 000	38,5
217	78 385		78 385	

Для большинства цистерн, у которых обнаруживались подобные всплески (у некоторых до пяти-шести), мной были составлены свои "уточненные" калибровочные таблицы (что поделать – приходится бежать впереди паровоза, причем почти что в буквальном смысле!), предназначенные для разного рода аналитических расчетов при контроле данных, содержащихся в сопроводительных документах поставщиков. Но есть три случая, изумившие настолько, что я счел оставить калибровочные таблицы этих типов цистерн в первоизданном виде. Речь идет о цистернах типа **35**, **35а** и **67**. Для последней² из перечисленных соответствующий профиль представлен на рис.3; понятно, что такая репа в каких-то особых

² Там же. С.84-85.

комментариях не нуждается.

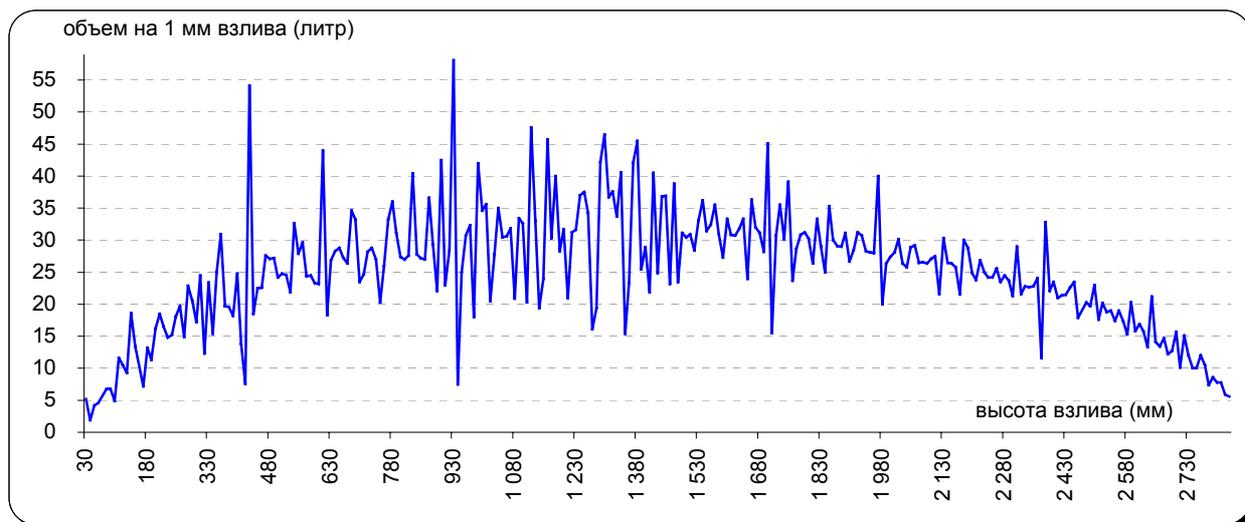


Рис.3. Объем, приходящийся на 1 мм на различных высотах разлива в цистерне типа 67.

Небольшое резюме-рекомендация. Учитывая наличие технического брака в таблицах калибровки железнодорожных цистерн, Госстандарту России и Департаменту вагонного хозяйства МПС России необходимо как следует перепроверить эти таблицы и уточнить их, а предприятиям нефтепереработки и нефтесбыта чрезвычайно внимательно подходить к составлению различного рода баз данных и программного обеспечения, в которых планируется использовать эти таблицы. Во всяком случае, таблица для цистерны типа 67 должна быть уточнена безотлагательно – по железным дорогам России цистерн этого типа катается немало.

В тени математических округлений

Высота разлива нефтепродукта в железнодорожной цистерне – как при отгрузке, так и при приеме – в сопроводительных документах поставщика и в журнале учета поступивших нефтепродуктов покупателя (так называемая ф.13-НП) показываются ... в целых сантиметрах. Это совершенно уникальный в нефтепродуктообеспечении случай, поскольку во всех остальных случаях высота разлива в резервуарах, причем по объему в десятки и даже сотни раз превышающих объем железнодорожной цистерны, измеряется с точностью до миллиметра.

Как выяснилось, эта странная практика ведет свое начало от правил использования калибровочных таблиц железнодорожных цистерн, утвержденных Департаментом вагонного хозяйства МПС России. Данный документ предполагает, что полученный при измерении высоты разлива в цистерне результат округляется до целого сантиметра, то есть величина менее 0,5 см отбрасывается, а 0,5 см и более считается за целый сантиметр³.

На первый взгляд, ничего сверхъестественного в этом округлении нет. Это математическое правило, применяемое в идеальных условиях для больших совокупностей приведет к тому, что округления в большую и меньшую сторону будут взаимно компенсировать (погашать) друг друга, и в конечном счете не приведут к искажению суммарного результата. Но вот имеет ли место эта гармония в действительности?

Даже сугубо теоретически это округление вовсе не так безобидно, как казалось бы на первый взгляд. Обратим внимание на границу, с которой начинается процесс округления неполного сантиметра: 0,5 см, или 5 мм, – и запомним эту цифру. Далее обратим внимание на тот цифровой ряд, при которых возникает необходимость округления: это первые девять

³ Там же. С.7.

значений натуральных чисел, то есть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 (нуля в этом списке нет, потому что он и так уже круглый). Теперь приглядимся к этому ряду: он симметричен относительно отметки 5 мм. Это значит, что при прочих равных условиях в больших совокупностях:

- округления вверх от отметки 9 мм компенсируются округлениями вниз от отметки 1 мм;
- округления вверх от отметки 8 мм компенсируются округлениями вниз от отметки 2 мм;
- округления вверх от отметки 7 мм компенсируются округлениями вниз от отметки 3 мм;
- округления вверх от отметки 6 мм компенсируются округлениями вниз от отметки 4 мм;
- округления вверх от отметки 5 мм компенсируются ... чем?

Ничем, равным счетом ничем.

А следовательно, никакой математической гармонии не может возникнуть даже теоретически. Процесс округлений будет систематически завышать объем нефтепродукта в цистерне в сравнении с фактическим объемом в среднем на величину, равную

$$\frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times 5 \times X = \frac{5}{100} X, \text{ где}$$

X – объем полного сантиметра на высоте разлива, до которой наполнена цистерна.

Согласно этой формуле, даже в случае больших совокупностей покупателю будет фатально неизбежно доставлено известное количество нефтепродукта, которое фигурирует только в накладных поставщика, но которого в действительности нет. При загрузке цистерн, обычной для перевозок нефтепродуктов, в среднем это 8-10 литров недостач на каждую цистерну вместимостью 60-70 тонн и 18-20 литров недостач на каждую цистерну вместимостью более 100 тонн. Цифры небольшие, но так ведь они возникают в результате тривиального математического округления, причем выполненного абсолютно добросовестно, безо всякого злого умысла.

Но это мы рассматривали идеальный случай. И если даже при этом покупатель обречен на получение от поставщика недостач, то что же следует ожидать в суровой реальности?

Понятно, что ничего хорошего. А потому, чтобы избежать последствий округления вливов до целого сантиметра, необходимо фиксировать высоту разлива с точностью до 1 мм и далее рассчитывать объем продукта в строгом соответствии с этой высотой.

Чего-то нового, кстати, в этом нет. Произойдет всего лишь восстановление в правах незаслуженно забытых пунктов 2.9 и 2.19 Инструкции о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях системы Госкомнефтепродукта СССР, утвержденной постановлением Госкомитета СССР по обеспечению нефтепродуктами от 15 августа 1985г. № 06/21-8-446. Данный нормативный акт до сих пор остается основным документом, регулирующим отношения хозяйствующих субъектов при коммерческих операциях с нефтепродуктами (отгрузка, транспортировка, приемка). В частности, согласно Инструкции, мы имеем следующее (жирным шрифтом специально выделено мной):

"2.9. В железнодорожных цистернах объем нефтепродуктов определяется по градуировочным таблицам, составленным на каждый сантиметр высоты. Среднее значение вместимости дробных частей сантиметра вычисляется расчетным путем".

"2.19. Уровень нефтепродукта и подтоварной воды в железнодорожных цистернах измеряется метрштоком через горловину котла цистерны в двух противоположных точках горловины по оси цистерны. При этом необходимо следить за тем, чтобы метршток опускался на нижнюю образующую котла и не попадал в углубления для нижних сливных приборов. Уровень следует отсчитывать с точностью до 1 мм".

Этот же порядок (правда, косвенно) предполагается и нормативными документами⁴,

⁴ Проект ООО НТФ "Измеритель". 2003г.

которыми планируется заменить Инструкцию от 15 августа 1985г. – Инструкцией по учету нефтепродуктов автоматизированной системой коммерческого учета и управления технологическими процессами на нефтебазе (АСКУ НБ) (прием, хранение, отпуск, внутренний аудит) и Инструкцией по учету нефтепродуктов автоматизированной системой коммерческого учета и управления технологическими процессами на АЗС (АСКУ АЗС) (прием, хранение, отпуск, внутренний аудит). В частности, пунктами 4.3 обоих документов установлено, что единицей измерения уровня нефтепродуктов и пределом округления уровня является 1 мм.

Как использовать калибровочные таблицы цистерн, имеющие шкалу в целых сантиметрах, при вычислении объема неполного сантиметра, показывает следующий пример.

ПРИМЕР. Взлив нефтепродукта в цистерне типа **61** составил **284,6 см**. На высотах взлива **284 см** и **285 см** объем цистерны, согласно калибровочной таблице, равен соответственно **136360 литрам** и **136640 литрам**, то есть на **1 мм** в интервале от **284 см** до **285 см** приходится в среднем **28 литров**. Следовательно, объем нефтепродукта в цистерне составляет **136360 + (28 × 6) = 136528 литров**. Иначе говоря, повсеместно применяемое сегодня округление высоты взлива привело бы к завышению объема нефтепродукта в цистерне по сравнению с фактическим объемом на **112 литров**.

Взгляд с высоты ГОСТ-а и Федерального закона

Наконец, взглянем еще раз на калибровочные таблицы железнодорожных цистерн сквозь призму одного государственного стандарта и одного федерального закона.

Во-первых, согласно пункту 5.7.2.1 ГОСТ Р 8.595-2004, фактический объем отгружаемых или поступивших в железнодорожных цистернах наливных нефтепродуктов должен определяться не только с учетом неполного сантиметра взлива, о чем уже говорилось выше, но еще и с учетом температурной сжимаемости (расширения) материала стенок железнодорожной цистерны. А это значит, что при расчете объема продукта в цистерне должна обязательно использоваться следующая формула:

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

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

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

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

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

$V_{[x]}$ – объем цистерны по калибровочной таблице для высоты взлива $[x]$;

$V_{[x]+1}$ – объем цистерны по калибровочной таблице для высоты взлива $[x] + 1$;

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

t – фактическая температура продукта в цистерне.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИМЕРА. Высота взлива нефтепродукта в цистерне типа **61** составила **284,6 см** при температуре **-1,0°C**. Если округлить данный взлив в большую сторону, как это принято делать сегодня, то объем нефтепродукта следует принять равным, как было уже сказано выше, **136640 литрам**. Между тем, в соответствии с формулой (1), реальный объем продукта составляет **136420 литров**. Разница составляет вполне внушительную величину **220 литров**. И пусть даже она меньше пресловутой погрешности 0,5%, она от этого не перестает быть грубой ошибкой, в определенный момент способной стать чьей-то реальной недостаточей.

Во-вторых, в соответствии с пунктами 3.3 и 4.5 ГОСТ Р 8.595-2004, железнодорожная цистерна есть мера 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 ошибками, 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 и продавцам, и перевозчикам, и покупателям тем более надо быть внимательным при отгрузке, перевозке и приемке продукта в железнодорожных цистернах. И уж тем более не пренебрегать методами, позволяющими максимально точно установить размеры кота в мешке, отгружаемого, перевозимого или принимаемого в цистерне.

Как-никак, закон обязывает.

Аннотация статьи

На основе проведенного анализа в статье обосновывается необходимость:

- уточнения калибровочных таблиц железнодорожных цистерн;
- измерения высоты разлива нефтепродуктов в цистернах с точностью до 1 мм;
- учета требований ГОСТ 8.595-2004 в коммерческих операциях при железнодорожных перевозках нефтепродуктов.

В связи с разрабатываемыми в настоящее время новыми документами по коммерческому учету нефтепродуктов эти шаги станут естественными и гармоничными дополнениями, жизненно необходимыми для покупателя, поставщика и перевозчика нефтепродуктов.