

СЕКРЕТЫ НЕДОСТАЧ ПРИ ПРИЕМЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН

Недостачи, которых ... нет?

Проверкой журнала учета поступивших нефтепродуктов (ф.13-НП) N-ской нефтебазы за период с 1 января 2003г. по 5 февраля 2004г. установлено, что расхождения между массой нефтепродуктов, указываемой в сопроводительных документах, и массой, зафиксированной операторами нефтебазы при приеме железнодорожных цистерн, описываются распределением, представленным на рис.1, и имеющим следующие статистические характеристики:

- среднее расхождение составляет -104 кг (средняя недостача на цистерну);
- медиана распределения равна -91 кг, мода равна -98 кг;
- среднеквадратическое (стандартное) отклонение составляет 78 кг;
- эксцесс распределения равен 2 и коэффициент асимметрии равен -1,1;
- минимальное значение составляет -391 кг, максимальное значение равно 118 кг;
- число случаев (цистерн) равно 305;
- сумма величин расхождений равна -31627 кг (сумма недостач);
- не приняты во внимание четыре случая аномально больших недостач, существенно выделяющихся из основной группы (-714 кг, -635 кг, -592 кг, -410 кг).

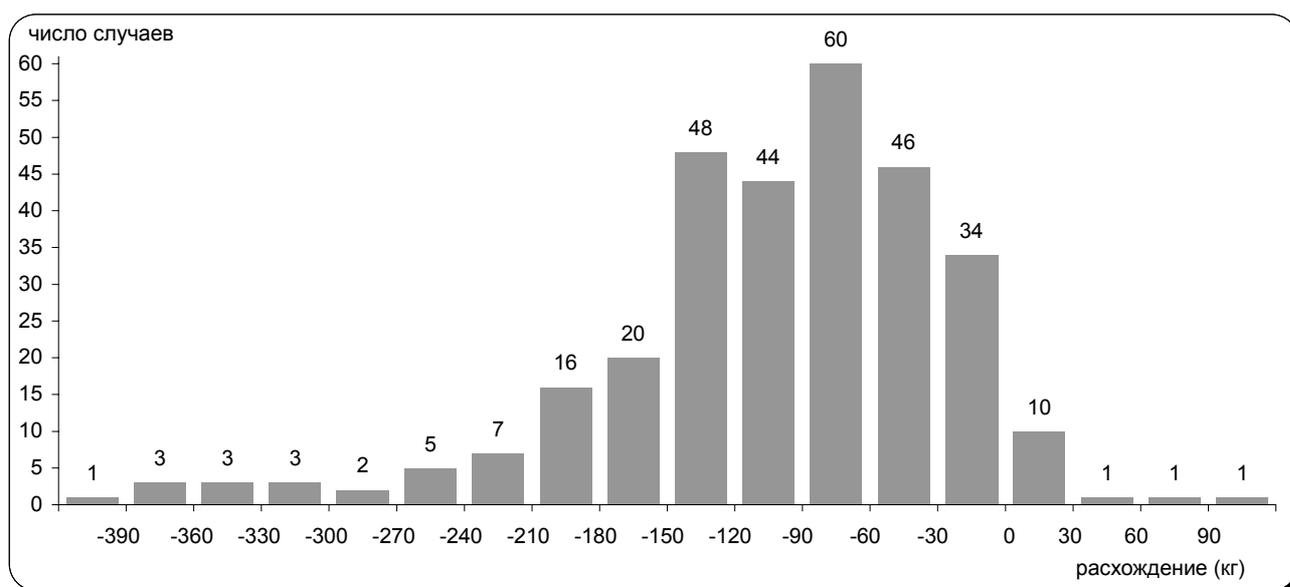


Рис. 1. Расхождения массы в товарно-транспортных накладных и журнале приема нефтепродуктов (кг)

Распределения, близкие к Гауссову, возникают как следствие одной существенной причины, которой сопутствует множество случайных независимых факторов, приводящих к незначительным взаимопогашающимся отклонениям от средней величины совокупности в большую или меньшую сторону. Это означает, что в рассматриваемой ситуации объяснение природы недостач могло быть сведено к поиску одной универсальной причины. Это облегчало задачу, которая является исключительно актуальной, поскольку общая сумма зафиксированных за рассматриваемый период в журнале недостач составила величину 33978 кг, то есть почти 34 тонны. Пересчет массы недостач (излишков) в объем – как частное массы и плотности¹ - дает

¹ Для расчета объема расхождений (недостач, излишков), возникших при приеме железнодорожных цистерн с нефтепродуктами, использовалась средняя арифметическая плотности, указанной в накладной, и плотности, измеренной операторами нефтебазы. Это усреднение оправдано, поскольку средняя плотность дает примерно тот же результат, если для расчета объема расхождений использовать или плотность, указанную в накладной, или плотность, найденную операторами: отклонения в ту или в другую сторону не превышают $\pm 0,1\%$ (± 2 литров).

величину примерно 43293 литра недостач. 34 тонны (43 тыс.литров) – величина слишком значительные, чтобы не принимать их во внимание, тем более что она сформировалась за счет небольших «порций» недостач в среднем по 104 кг (140 литров), то есть в рамках допустимой нормы погрешности измерений $0,5 \div 0,8\%$, а потому по формальному признаку не могла быть предъявлена поставщику. Кроме того, была и другая причина, также требовавшая выяснить причину недостач: дело в том, что они практически никак не давали знать о себе в последующем. В частности, на дату последней инвентаризации на нефтебазе имелись даже небольшие излишки нефтепродуктов (в пределах норм), что на фоне 34 тонн недостач, зафиксированных в журнале учета их поступления, выглядит по меньшей мере странно.

Гипотеза первая: неточные измерения плотности?

Первоначально было принято предположение, что появление недостач обусловлено занижением плотности при замерах, производимых операторами нефтебазы при приеме. С целью проверки этой гипотезы были найдены зависимости плотности от температуры (рис.2-4), однако последующий их анализ привел к несколько неожиданным результатам.

Но сначала небольшое пояснение. Для единообразия на рис.2-4 приняты следующие обозначения: треугольники – плотность при той или иной температуре согласно товарно-транспортным накладным; крестики – плотность, найденная операторами нефтебазы. Функция в нижнем левом углу соответствует линейному тренду плотности в накладных; функции в верхнем правом углу соответствуют линейному тренду плотности, найденной операторами нефтебазы (несмещенная y и смещенная y').

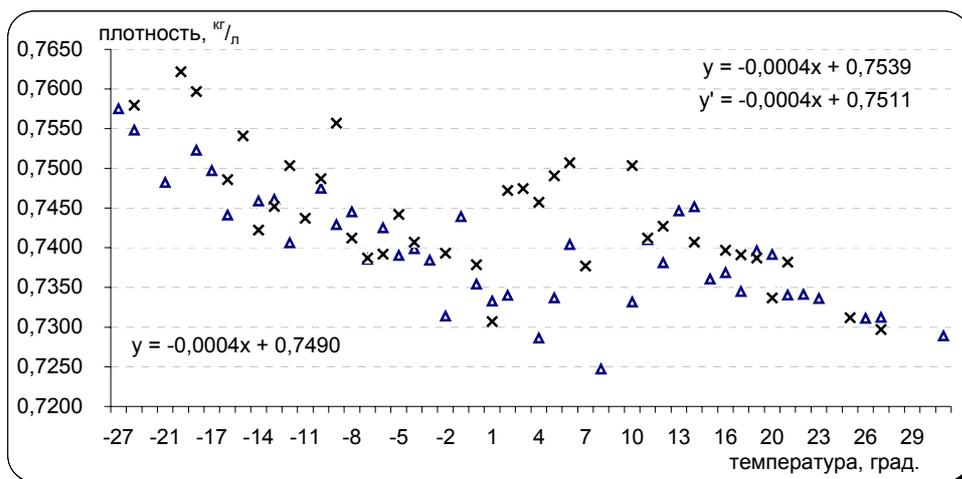


Рис.2. Плотность бензина АИ-80, указанная в накладных и установленная при приемке

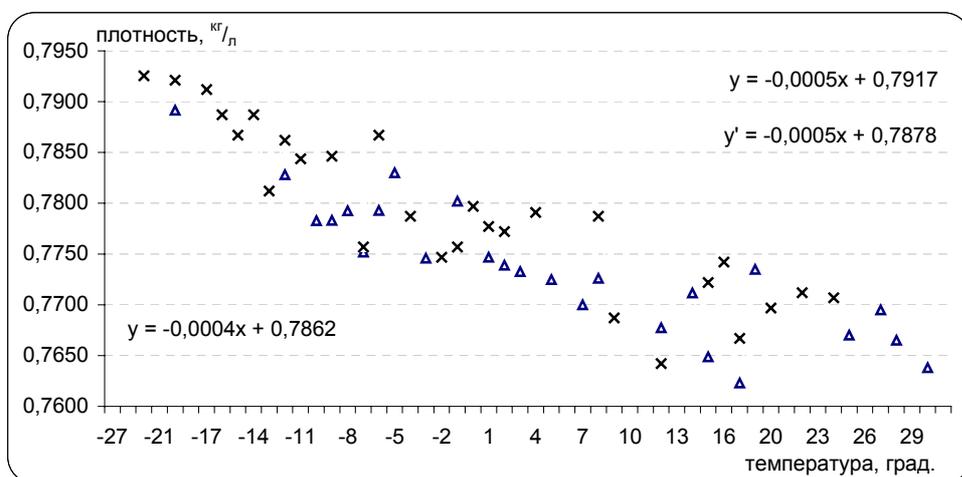


Рис.3. Плотность бензина АИ-92, указанная в накладных и установленная при приемке

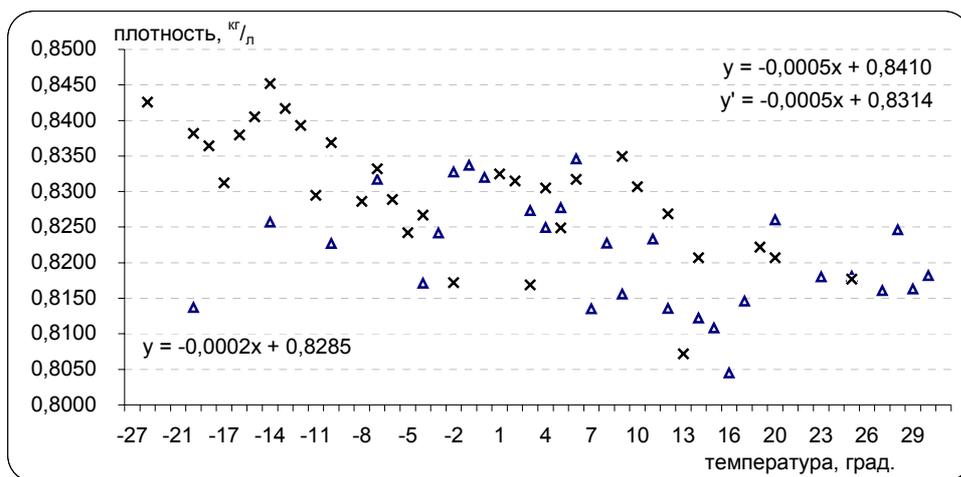


Рис.4. Плотность дизельного топлива, указанная в накладных и установленная при приемке

Как оказалось, плотность, находимая операторами нефтебазы, устойчиво превышает плотность, указываемую в накладной, но это вполне естественно, поскольку нефтебаза расположена много севернее пункта налива цистерн. В частности, за рассматриваемый период средний температурный перепад составил 7°C для бензина АИ-80; $7,8^{\circ}\text{C}$ для бензина АИ-92 и $19,3^{\circ}\text{C}$ для дизельного топлива. Чтобы элиминировать влияние данного фактора, в отношении уравнений трендов плотности, найденной операторами нефтебазы, была выполнена операция сдвига вдоль оси абсцисс в соответствии с температурным перепадом по каждому виду нефтепродукта. Тем самым была найдена смещенная функция плотности от температуры, которая показана в правом углу рис.2-4 в виде функции y' . Но и после корректировки плотность, определяемая операторами нефтебазы, преимущественно была больше, чем при прочих равных условиях указывалась в накладных. В частности, для бензина АИ-80 это справедливо при любых температурах, для бензина АИ-92 справедливо при температурах ниже $+16^{\circ}\text{C}$, для дизельного топлива справедливо при температурах ниже $+42^{\circ}\text{C}$ (то есть практически всегда). Все это нужно было понимать в том смысле, что замеры плотности не могли быть той причиной, которая обусловила систематические недостатки при приеме нефтепродуктов – скорее наоборот, при прочих равных условиях эти замеры могли бы привести к констатации излишков нефтепродуктов при их приеме.

Гипотеза вторая: неточное определение объема?

После того, как была отброшена гипотеза о неточном определении плотности, на первый план вышла другая, она же последняя гипотеза: неточное определение объема нефтепродукта в цистерне. Согласно ей, систематические недостатки при приеме могли быть увязаны только с объемными характеристиками нефтепродуктов, в частности, с разницей ΔV между объемом V_2 , зафиксированным операторами нефтебазы в ходе приемки, и объемом V_1 , который указан в товарно-транспортной накладной. (Небольшое уточнение: поскольку значения V_2 и V_1 непосредственно в журнале и накладных не фигурируют, то их величины могут быть установлены или через высоту взлива, или как частное массы и плотности.)

Совокупность систематических недостатков представляет собой распределение, приведенное на рис.5 и имеющее следующие статистические характеристики:

- среднее расхождение составляет -955 литров (настолько меньше в среднем на одну цистерну объем при приемке в сравнении с объемом при наливе);
- медиана распределения равна -895 литров, мода равна -870 литров;
- среднеквадратическое (стандартное) отклонение составляет 700 литров;
- эксцесс распределения равен 1,8 и коэффициент асимметрии равен -0,7;

- минимальное значение составляет -3704 литра, максимальное значение равно 925 литрам;
- число случаев (цистерн) равно 308;
- сумма величин расхождений равна -294041 литр (настолько меньше суммарный объем нефтепродуктов в цистернах при приемке в сравнении с объемом при наливе);
- не принят во внимание один случай аномально большого отклонения, существенно выделяющегося из основной группы (-5336 литров).

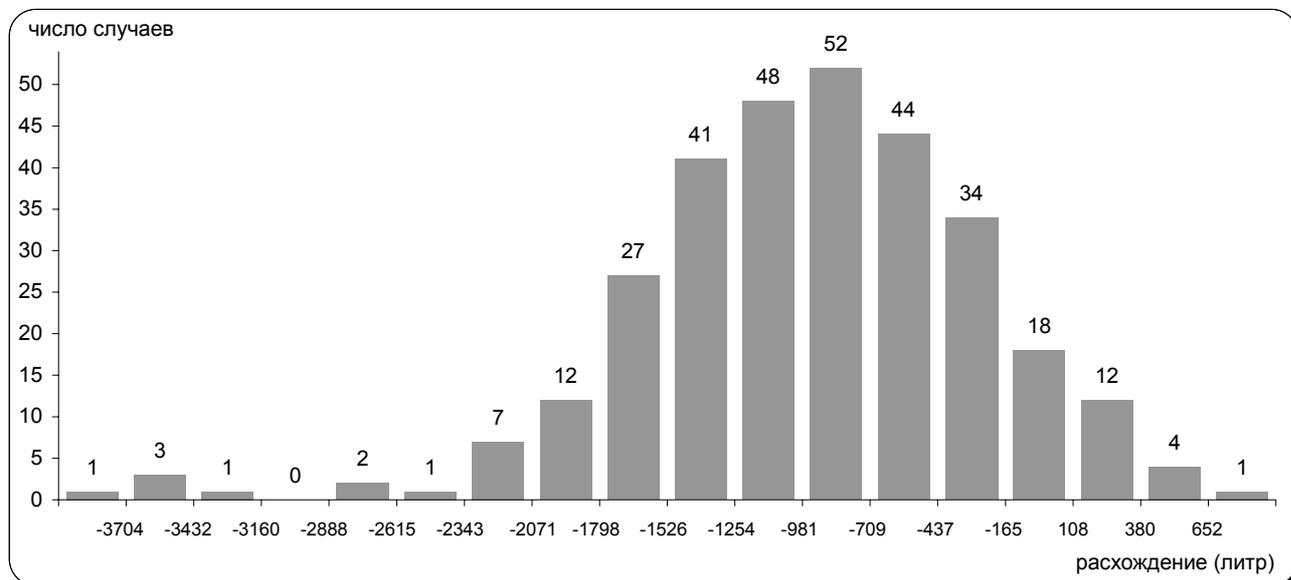


Рис.5. Расхождения между объемом нефтепродукта, зафиксированным в журнале приема нефтепродуктов, и объемом, указанным в товарно-транспортной накладной (литр), ΔV

Распределение является почти Гауссовым, но это пока еще ни о чем не говорит. Дело в том, что объем недостачи (излишка) Δv , если найти его как произведение массы недостачи (излишка) и плотности нефтепродукта, при прочих равных условиях никак не должен коррелировать с разницей ΔV , равной разнице между объемом V_2 , установленным операторами нефтебазы при приеме цистерны, и объемом V_1 , указанным в накладной.

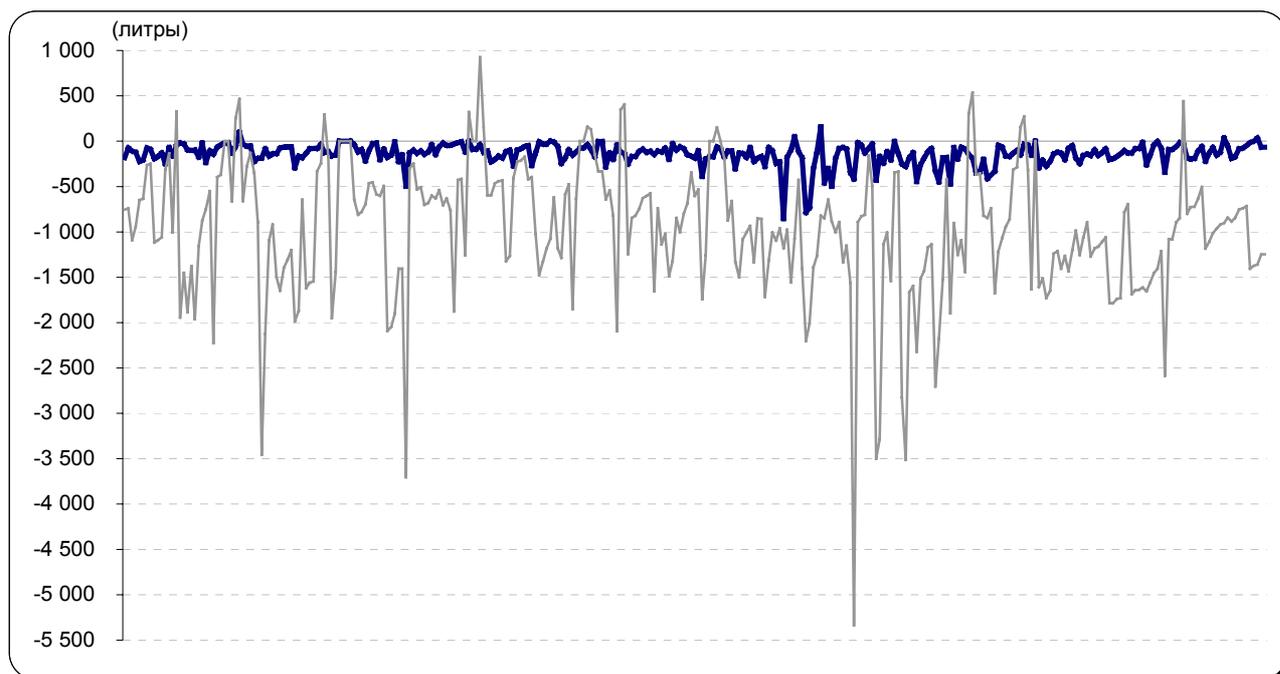


Рис.6. Объем недостач или излишков при приемке Δv (график темно-синего цвета) и расхождения по объему продукта в цистерне ΔV (график светлого оттенка) на временной оси

И что это так, подтверждает, на первый взгляд, рис.6: никакой явно выраженной зависимости действительно не обнаруживается, если не считать того, что как график недостат нефтепродукта Δv , так и график разницы в объеме нефтепродукта ΔV , залитого в цистерну и слитого из нее обратно, располагаются преимущественно ниже оси абсцисс.

Однако картина предстала в несколько ином свете, когда эти графики были построены не на временной оси, как на рис.6, а ранжированы по возрастанию объема недостат (рис.7).

Если даже сами графики опять же имеют мало общего, то сравнение графика недостат Δv с трендом разницы объемов нефтепродукта в цистерне при наливке и сливе ΔV (тренд показан крестиками, а ниже дано уравнение этого тренда) говорит совсем другое. Хотя достоверность аппроксимации весьма низкая (всего 18%), но подобие графика недостат и тренда расхождений объемов продукта в цистерне является по меньшей мере удивительным.

Поскольку это подобие не может быть следствием изменения физических свойств нефтепродуктов (температуры, плотности и объема) при их перевозке от пункта налива цистерны до нефтебазы, то, стало быть, оно является следствием причин иного рода. Таковыми могли быть только те, которые имеют место при измерении объема нефтепродукта (а если точнее, то взлива нефтепродукта в цистерне) непосредственно после заполнения цистерны и непосредственно перед ее сливом. Статистически подтверждался странный факт, что процесс измерений, являющийся в известной мере субъективно-психологическим явлением, вносит свой вклад в появление систематических недостат, фиксируемых при приеме цистерн.

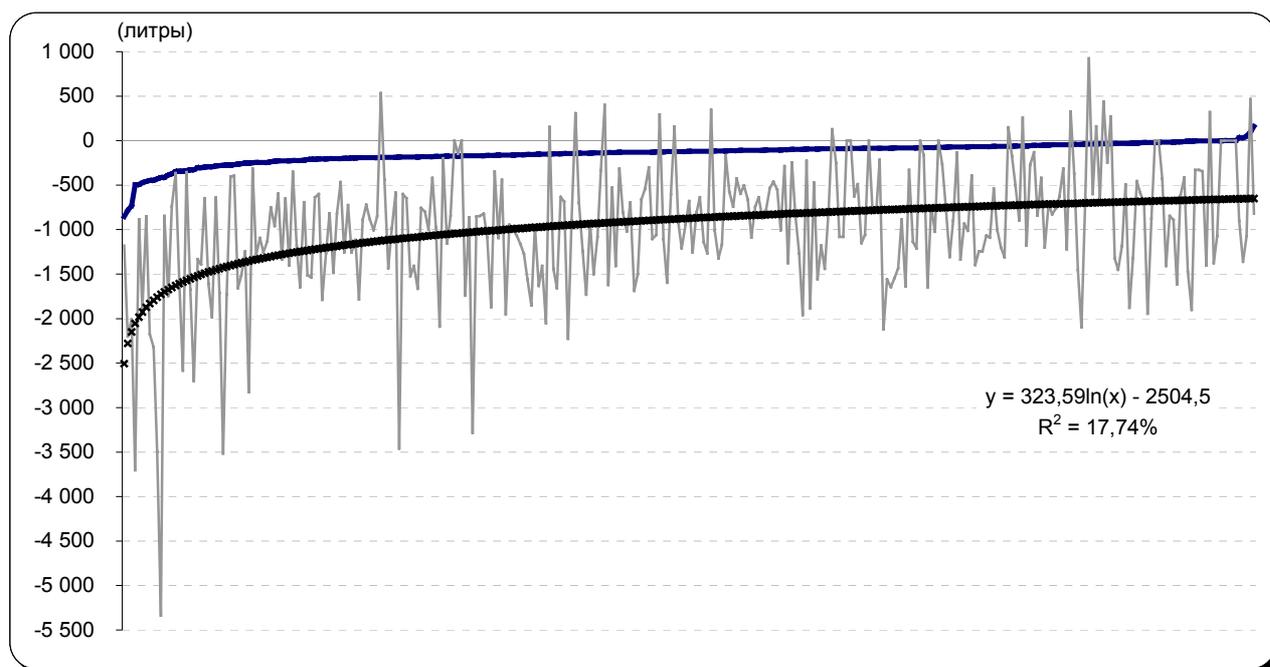


Рис.5. Объем недостат или излишков при приемке Δv (верхний график темно-синего цвета) и расхождения по объему продукта в цистерне ΔV (график светлого оттенка), упорядоченные по возрастанию объема недостат или излишков Δv

Поскольку средняя недостача на одну цистерну, составляющая 104 кг, или в среднем 132 литра, причем при достаточно малом среднеквадратическом отклонении (78 кг, или 98 литров), как было уже сказано, могла возникнуть только в результате одной существенной причины, то последнюю нужно было установить обязательно, тем более что необычная связь недостат (излишков) с разницей в объеме нефтепродукта при ее отгрузке и при ее приеме подсказывала, что эта причина может крыться в процедуре замеров. А потому взгляд был обращен к величине взливов в цистерне, которые указываются в товарно-транспортных накладных и журналах поступивших нефтепродуктов.

А ларчик просто открывался...

Все взливы – как при отгрузке, так и при приеме – в накладных и в журнале поступивших нефтепродуктов были показаны в целых сантиметрах. Это заинтересовало, поскольку дружный строй целых сантиметров мог возникнуть только в одном случае – если неполные миллиметры округлялись до целых сантиметров по правилам математики. Так оно и оказалось: правила использования калибровочных таблиц железнодорожных цистерн, утвержденных Департаментом вагонного хозяйства МПС РФ, предполагают, что полученный при измерении высоты взлива в цистерне результат округляется до целого сантиметра, то есть величина менее 0,5 см отбрасывается, а 0,5 см и более считается за целый сантиметр.

На первый взгляд, ничего сверхъестественного в этом округлении нет. Данное правило, применяемое в идеальных условиях для больших совокупностей (а число поступивших цистерн составляет 309, что дает основание считать рассматриваемую совокупность большой) приведет к тому, что округления в большую и меньшую сторону будут взаимно компенсировать друг друга и в конечном счете не приведут к искажению результата. Но это справедливо для идеальных условий. А вот существуют ли они?

Даже сугубо теоретически это округление вовсе не так безобидно. 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 значений натуральных чисел, то есть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 (нуль в этом "клобе" не состоит – он и так уже круглый). Теперь приглядимся к этому ряду: ряд симметричен относительно реперной отметки 5 мм. Что это значит?

А то, что при прочих равных условиях в достаточно 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, вот ведь в чем дело. А следовательно, при тех самых прочих равных условиях, в тех же самых в больших совокупностях, 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

$$\frac{1}{10} \times \frac{1}{9} \times 5 \times X = \frac{5}{90} \approx 0,055X, \text{ где}$$

$\frac{1}{10}$ – объем, приходящийся в среднем на 1 мм высоты при данном уровне взлива;

$\frac{1}{9}$ – вероятность появления взлива с неполным сантиметром, оканчивающимся цифрой 5;

5 – высота в миллиметрах, которой соответствует округление до полного сантиметра;

X – объем 1 полного сантиметра на высоте взлива в цистерне. При характерном для перевозок нефтепродуктов уровне взлива данная величина у различных типов цистерн составляет от 100 до 400 литров. В частности, для цистерн типа **20** – 80-90 литров; **25, 25а** – 130-140 литров; **53** – 140 литров; **62, 69, 72** – 160-170 литров; **66, 79, 80** – 180-190 литров; **31, 61** – 300-330 литров; **71** – 380-400 литров.

Другими словами, даже в идеальных условиях, при идеально производимых замерах высоты взлива в цистерне после ее наполнения и до ее слива, в случае больших совокупностей покупателю будет фатально неизбежно доставлено известное количество нефтепродукта, которое фигурирует только в товарно-транспортных накладных, но которого нет в действительности. В частности, этим способом на нефтебазу в рассматриваемом нами случае могло быть с вероятностью, практически равной 100%, доставлено 3000 литров (2400 кг)

виртуальных нефтепродуктов, которые рано или поздно обернутся реальной недостатчей.

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

Для этого достаточно вспомнить, что продавец, как известно, **продает**, а покупатель **покупает**. А это значит, что при прочих равных условиях обеим сторонам – как отгружающей, так и принимающей – свойственна известная степень лукавства, тем более что факт ее наличия или отсутствия, кроме как статистически, выявить проблематично. Она находит свое проявление в том, что граница округления может начинаться не с 0,5 см, а ...немного выше или немного ниже.

Поставщик безусловно выигрывает от округления вверх (поскольку это слегка завышает объем нефтепродукта в цистерне, и соответственно массу, за которую производится денежный расчет), поэтому ему есть резон снизить границу. Но снизить немного, чуть-чуть, поскольку понятно, что выигрыш покупателя есть не что иное, как обворовывание покупателя, а это, как бы сказать, не очень красиво, да вдобавок еще и грешно. А потому операторы поставщика, делающие замер взлива в цистерне после ее наполнения, вероятнее всего, в качестве границы округления вниз или вверх обычно принимает уровень 0,4 см, но ниже – вряд ли.

Что же касается покупателя, в данном случае в лице операторов нефтебазы, то им уже невыгодно округлять вверх. Обычная человеческая психология не позволит оператору принять 0,5 см в качестве целого сантиметра, и тем самым признать приемку несуществующего в реальности (точнее, в цистерне) нефтепродукта. Но та же самая человеческая психология легко простит оператору округление вниз с высоты больше 0,5 см, то есть с высоты, большей предусматриваемой правилами замеров в цистерне. Последнее тем более вероятно, так как количество нефтепродукта, которое найдет отражение в учете нефтебазы, при прочих равных условиях соответствует количеству в накладной, и именно за это учетное количество будет в ответе оператор (в качестве материально-ответственного лица). А потому операторы нефтебазы стараются поднять планку округления, скорее всего, максимально возможно, то есть до 0,9 см.

И если принять такие вполне реалистичные допущения, то расчеты покажут, что на тех высотах взлива, которые были зафиксированы в накладных и журналах учета поступивших нефтепродуктов за рассматриваемый период на нефтебазе, суммарная систематическая погрешность, вносимая при подобном алгоритме округления взлива, выразится в виде:

- примерно 9 тыс.литров (7,1 тыс.кг) нефтепродуктов, которых не существовало в действительности, поскольку они обязаны своим происхождением округлению высоты взлива вверх, начиная с 0,4 см, при наполнении цистерн операторами поставщика. Это завышение обернется для покупателя (нефтебазы) вполне реальной недостатчей, за часть которой, вполне возможно, придется расплачиваться или материально-ответственным лицам (в данном случае операторам нефтебазы);
- примерно 30 тыс.литров (23,5 тыс.кг) нефтепродуктов недостачи, которой тоже не существовало в действительности, поскольку она возникла в результате округления высоты взлива вниз, начиная с 0,9 см, при приемке цистерн операторами нефтебазы;
- таким образом, суммарная недостача, которая могла возникнуть в результате округления высоты взлива до целых сантиметров, составит примерно 39 тыс.литров (30,6 тыс.кг). Это составляет примерно 90% величины недостач, которые были зафиксирована в журнале поступивших нефтепродуктов: они, напомним, были равны 43 тыс.литров (34 тыс.кг).

Но чем же тогда объяснить остальные 10% недостач?

На наш взгляд, наиболее реальны следующие две причины:

- вполне возможно, что при замерах высоты взлива в цистерне после ее наполнения неполный сантиметр может заканчиваться одной из цифр 5, 6, 7, 8 или 9 чаще, чем одной из цифр 1, 2, 3 или 4, то есть с вероятностью большей, чем $\frac{1}{9}$. Кроме того, погруженный в цистерну метросток может располагаться не строго вертикально, а чуть с наклоном. При обычных

для цистерн высотах разлива отклонение всего в 2° от вертикали приведет к завышению высоты разлива на 2 миллиметра, то есть на 15-30 литров в зависимости от типа цистерны. И если эти два предположения время от времени оказывались справедливыми, то завышение объема нефтепродукта в цистерне операторами поставщика могло быть также больше рассчитанных выше 9 тыс.литров. Понятно, что это завышение также ляжет недостатком на покупателя (нефтебазу) со всеми вытекающими последствиями;

- вероятным также будет предположение, что операторы нефтебазы при замерах высоты разлива нефтепродукта в цистерне округляли вниз не только любой неполный сантиметр, но и целый сантиметр и более. Это вполне реально, поскольку операторы стараются приступить к сливу цистерн как можно быстрее после их доставки на нефтебазу, и соответственно замеры в цистернах начинают производиться, когда в цистерне еще может сохраниться остаточное незначительное круговое движение нефтепродукта. В этих условиях оператор вполне может принять 282,1 см за 281,9 см, а затем округлить вниз до 281 см. Занижение высоты разлива, таким образом, может составить 1,1 см, а это, в свою очередь, приведет далее к занижению объема и соответственно массы нефтепродукта в цистерне по сравнению с фактическим. Хорошо еще, что это мнимое занижение не берется во внимание в бухгалтерском учете и никак не влияет на финансовые результаты нефтебазы.

Резюме

Чтобы избежать появления в журнале учета поступивших нефтепродуктов (ф.13-НП) реальных и несуществующих недостач, при наполнении (поставщиком) и приемке (покупателем) железнодорожных цистерн нефтепродуктами необходимо фиксировать высоту разлива с точностью до 1 мм. Ничего нового, кстати, тут нет, поскольку это будет всего лишь восстановление в правах незаслуженно забытых пунктов 2.9 и 2.19 Инструкция о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях системы Госкомнефтепродукта СССР, утвержденная постановлением государственного комитета СССР по обеспечению нефтепродуктами от 15 августа 1985г. № 06/21-8-446:

- "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 метроштоком через горловину котла цистерны в двух противоположных точках горловины по оси цистерны. При этом необходимо следить за тем, чтобы метрошток опускался на нижнюю образующую котла и не попадал в углубления для нижних сливных приборов. **Уровень следует отсчитывать с точностью до 1 мм**".

Итак, поскольку калибровочные таблицы цистерн имеют шкалу в целых сантиметрах, то расчет объема неполного сантиметра следует производить пропорционально доле, приходящейся на 1 мм высоты на данной высоте разлива. Например:

- разлив нефтепродукта в цистерне типа 61 составил **284,6 см**. В случае принятого в настоящее время алгоритма округления в товарно-транспортной накладной следовало бы указать разлив 285 см, а массу нефтепродукта определять исходя из объема 136640 литров;
- между тем на высоте разлива **284 см** объем цистерны составляет **136360 литров**, а на высоте **285 см – 136640 литров**. Это значит, что объем полного сантиметра от высоты 284 см до высоты 285 см составляет **280 литров**, а следовательно, на **1 мм** высоты приходится в среднем **28 литров**;
- следовательно, объем нефтепродукта в цистерне составляет $136360 + (28 \times 6) = 136528$ литров (иначе говоря, применяемый повсеместно алгоритм округления высоты разлива приводит к завышению объема нефтепродукта в цистерне по сравнению с фактическим на

112 литров). Именно эта величина – **136528 литров** – должна быть использована далее операторами поставщика для расчета массы нефтепродукта в товарно-транспортной накладной.

И весьма важное, что нужно отметить обязательно.

В статье "Прием нефтепродуктов и допустимое отклонение фактического количества от количества, указанного в сопроводительных документах: не пора ли навести в этой сфере порядок?" мы указывали на необходимость прекращения применения допустимой (предельной) погрешности измерений при приеме нефтепродуктов покупателем. И если такое станет реальностью, то предлагаемый алгоритм замеров высоты разлива в железнодорожных цистернах станет естественным и гармоничным правилом, в каком-то смысле даже жизненно необходимым, при приеме нефтепродуктов, доставленных железной дорогой.