

## ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ИЗЛИШКИ – 2

Описанный в статье случай основывается на единичном факте. Но, с другой стороны, очень может быть и так, что он вовсе не уникален: как-никак, возраст нефтебаз в России более чем почтенный...

В зимний период во время инвентаризаций нефтепродуктов на N-ской нефтебазе в резервуаре № 12 стали появляться значительные излишки продукта. Они никак не подтверждались балансом прихода и расхода из данного резервуара. Для объяснения данных излишков следовало бы признать, что ежемесячно на нефтебазу доставлялось дизельного топлива на 9-15 тонн больше, чем указывалось в железнодорожных накладных, что, конечно же, нереально.

Сначала было сделано предположение, что каким то образом стала меняться конфигурация дна резервуара. Это было вполне вероятно, поскольку резервуар был не первой молодости, и его днище резервуара было полностью в буграх, из-за которых приходилось корректировать объема продукта с учетом днища на  $10 \text{ м}^3$ :  $V = V_{H_{\text{взлива}}} + 10499 \text{ дм}^3$ .

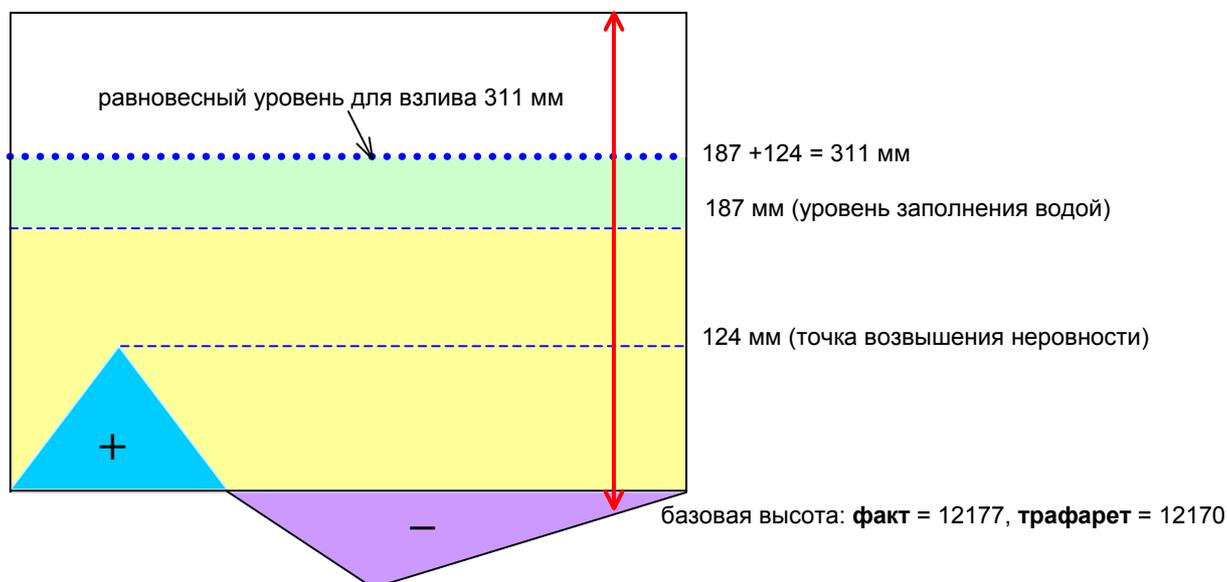


Рис.1. Профиль дна резервуара № 12 и формирование равновесного уровня продукта

Но выявился еще один феномен, который нельзя было приписать только лишь деформациям днища резервуара. Дело в том, что излишки, во-первых, коррелировали с объемом продукта в резервуаре (чем больше объем продукта, тем больше излишек); во-вторых, они скачком возрастали в момент принятия очередной партии (10-15 цистерн) с продуктом, а затем, по мере расхода продукта из резервуара, постепенно уменьшались.

Единственно разумным было принять предположение, что контур днища резервуара № 12 имеет не строго горизонтальное положение, и соответственно стенки резервуара также не являются строго вертикальными. Кроме того, следовало допустить, что угол наклона варьирует в зависимости от степени заполнения резервуара: чем больше заполнение, тем больше угол.

Если резервуар имеет наклон в ту сторону, где находится замерной люк, то это будет приводить к перетоку продукта в сторону замерной люка, и соответственно при замерах будет фиксироваться большая высота влива, нежели равновесный уровень, соответствующий строго горизонтальному расположению днища. Как это может выглядеть, показано на рис.2.

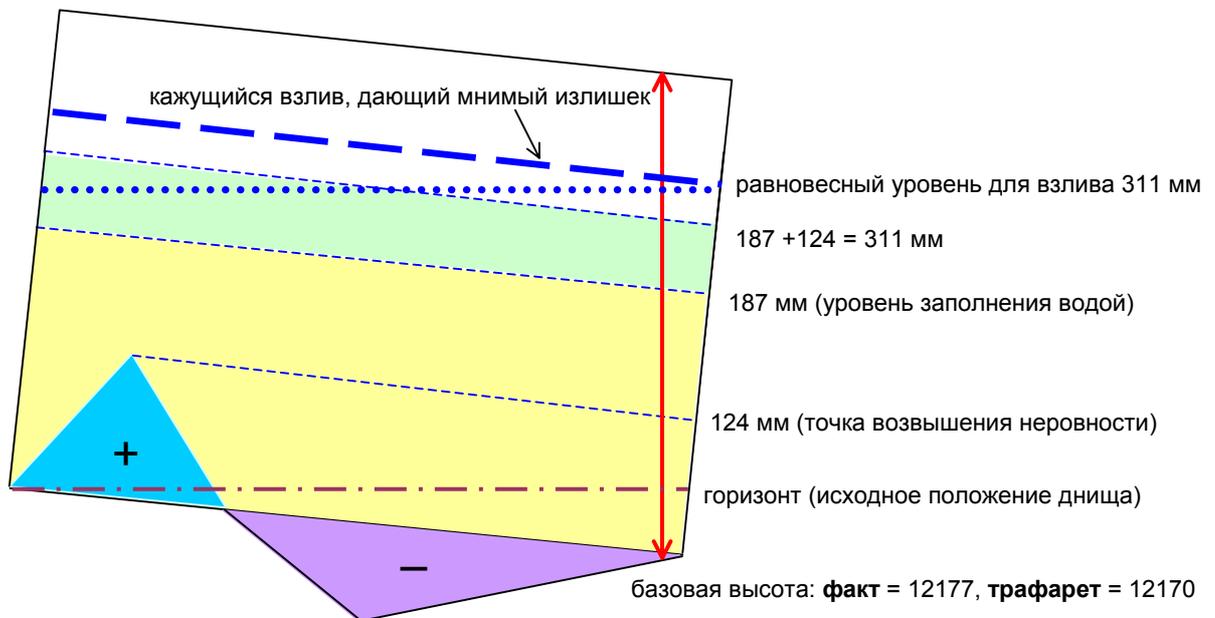


Рис.2. Профиль дна резервуара № 12 с учетом возможного наклона и формирование равновесного уровня

Подобный наклон мог возникнуть, если учесть особенности расположения резервуаров с дизельным топливом на нефтебазе (рис.3).

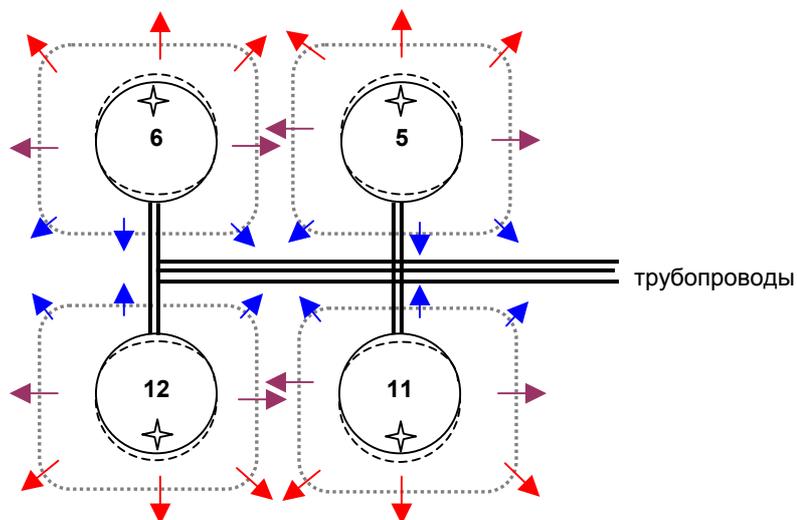


Рис.3. Вид сверху на резервуары №№ 5, 6, 11, 12

На рис.3 островки, на которых располагаются резервуары, показаны пунктиром, трубопроводы – прямыми отрезками, резервуары – окружностями, точки расположения замерных люков на резервуарах – звездочками.

Поскольку островки возвышаются над прилегающей территорией, то, очевидно, создаваемое в течение длительного времени давление заполненных резервуаров будет способствовать постепенному проседанию островков, особенно если учесть, что понижения между островками способствуют накоплению снега и воды и соответственно имеют более рыхлую структуру, поддающуюся давлению со стороны островков (векторы давления и соответствующим им направления проседания показаны стрелками).

Однако давление островков с резервуарами в различные стороны окажется разным.

В частности, принципиальное значение приобретает располагающаяся посередине

между резервуарами система трубопроводов, которая начинает играть в известной степени роль ребер жесткости, подпирающих резервуары и не дающих им наклоняться в сторону трубопроводов. В результате этого давление островков в сторону трубопроводов будет в значительной мере компенсировано жесткостью системы трубопроводов (эти векторы показаны синим цветом).

Далее, векторы давления в направлениях, параллельных линиям трубопроводов (на рис.3 соответственно слева направо и справа налево), будут иметь примерно одинаковые значения, но противоположные направления, то есть они будут взаимно погашать друг друга (эти векторы показаны фиолетовым цветом), и соответственно их совокупное воздействие (равнодействующая сил) на резервуар будет примерно равным нулю.

Наконец, давления во внешние стороны резервуаров (они показаны красным цветом) будут абсолютно доминировать и определять единственно возможное направление проседания островков и соответственно наклона резервуара. Таким образом, естественно ожидать, что избыточное давление будет формировать более быстрое проседание в первую очередь на внешнюю сторону резервуаров. Иначе говоря, со временем они приобретут наклон как раз в том направлении, где расположены замерные люки резервуаров. Проекция крышки резервуара при таком наклоне показана штриховыми круговыми линиями. При этом возникший наклон резервуаров от вертикали будет постепенно все время увеличиваться и даже ускоряться благодаря все возрастающему избытку продукта на внешней стороне резервуара.

Как показывают расчеты, даже наклон по горизонтали и соответственно по вертикали на  $0,5^\circ$ , что не приводит к деформации корпуса резервуара и не фиксируется визуально, в состоянии привести к следующим последствиям для резервуара № 12:

- опустившаяся внешняя сторона резервуара (та, где находится замерной люк) будет ниже противоположной примерно на 160-170 мм ( $19000 \text{ мм} \times \sin 0,5^\circ$ ). Соответственно равновесный уровень жидкости в резервуаре под замерным люком поднимется на половину этой величины, то есть на 85 мм;
- рулетка при опускании в замерной люк покажет высотный трафарет 12171 мм, то есть на 1 мм больше ( $12170 \text{ мм} : \cos 0,5^\circ$ ). Это величина, на порядок меньшая реальных деформаций днища резервуара, и соответственно на результаты замеров практически не влияющая;
- для взлива 3990 мм, наблюдавшегося при последней инвентаризации, равновесный уровень в случае идеально горизонтального днища был бы ниже на 85 мм, то есть находился бы в точке 3905 мм. Данному взливу соответствует объем продукта 1070782 литра, или, с учетом коррекции на неровности днища, 1081281 литр. Это на 24685 литров меньше, чем указано в акте инвентаризации на 1 марта 2006г. Таким образом, масса продукта только в резервуаре № 12 во время последней инвентаризации была завышена приблизительно на 20691 кг.

Таким образом, можно предполагать наличие отклонения резервуара № 12 от горизонтали и вертикали в пределах  $0,5 \div 1^\circ$ , которое объясняет происхождение излишка, не стыкующегося с балансом прихода и расхода из резервуара в зимние месяцы.

Аналогичный вывод, по всей видимости, касается и резервуаров № 6, в котором во время последней инвентаризации также был выявлен излишек. Это же справедливо и в отношении резервуара № 11, в котором имели место излишки шестью месяцами ранее.

В общем случае, если резервуар имеет наклон, направленный не по линии, соединяющей центр резервуара и замерной люк, объем продукта в резервуаре должен рассчитываться по следующей формуле:

$$V = H_{H-\Delta h}, \text{ где}$$

$V$  – фактический объем продукт в резервуаре;

$H$  – найденный при замере уровень взлива в резервуаре;

$\Delta h$  – корректировка взлива с учетом наклона резервуара, определяемая по формуле:

$$\Delta h = R \cdot \frac{R}{R-r} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi, \text{ где}$$

$R$  – радиус резервуара;

$r$  – расстояние от центра замерного люка до кромки резервуара ;

$\alpha$  – угол наклона резервуара по вертикали;

$\varphi$  – угол между линией, соединяющей центр резервуара с замерным люком, и направлением уклона резервуара;

Необходимость использования приведенных выражений обусловлена тем, что формулы (12) и (14) ГОСТ 8.570-2000 «Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки» не могут быть использованы для расчета объема продукта в резервуарах, имеющих наклон, по двум причинам:

- во-первых, не все параметрам формул (12) и (14) дан необходимый комментарий (видимо, недосмотр разработчиков стандарта), поэтому элементарно неясно, как ими пользоваться;
- во-вторых, если при поверке резервуар имел нулевой наклон, то образовавшийся после поверки наклон, каким бы он ни был, в силу особенностей формул (12) и (14) вносит ... нулевую поправку к градуировочной таблице. Иначе говоря, наклон, возникший после поверки, не влияет на результаты измерений объема продукта в резервуаре, каким бы ни был этот наклон.

Исходя из сказанного, а также учитывая возраст резервуарного парка нефтебазы и то, что его эксплуатацию планируется продолжать и далее, есть основания полагать, что, во-первых, необходимо укрепить островки резервуаров; во-вторых, наиболее значимые резервуары необходимо оснастить двумя (лучше тремя) замерными люками с тем, чтобы регулярно фиксировать изменения высотного трафарета в двух (трех) точках.

Если резервуары №№ 6, 11, 12 действительно водит, то укрепление островков и три замерных люка – не роскошь, а средство предотвращения последствий куда более неприятных, чем излишки или недостачи  $\pm 20$  тонн.

И, разумеется, в летнее время необходимо ежегодно производить замеры наклона резервуаров средствами метрологии.

И тогда, возможно, экзотических излишков не будет.