

ВИДЫ И ИСТОЧНИКИ ПОТЕРЬ НЕФТЕЙ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Потери нефтей и нефтепродуктов при транспорте и хранении можно разделить на количественные, качественно-количественные и качественные.

Количественные потери происходят в результате утечек, переливов, неполного слива транспортных емкостей и резервуаров. Причины – негерметичность стенок и днищ резервуаров, неисправности запорной арматуры, несоблюдение технологии проведения операций и неисправности контрольно-измерительного оборудования.

Качественно-количественные потери происходят при испарении нефтей и нефтепродуктов.

При этом из-за потерь легких фракций снижается качество нефтепродуктов. {Например, бензины. Из-за потерь легких фракций снижается их октановое число, повышается температура начала кипения и выкипания различных фракций, что ухудшает пусковые качества бензинов, увеличивает расход горючего и износ двигателя. }

Потери от испарения происходят при вытеснении паровоздушной смеси из газового пространства резервуаров и транспортных емкостей в атмосферу вследствие:

✚ Потерь при опорожнении и заполнении резервуара («большие дыхания»). {При выкачке нефтепродукта из емкости в освобождающийся объем газового пространства всасывается атмосферный воздух. При этом концентрация паров в газовом пространстве уменьшается и начинается испарение нефтепродукта. При последующем заполнении резервуара находящаяся в газовом пространстве паровоздушная смесь вытесняется из емкости. Потери от «больших дыханий» составляют 2/3 от суммарных потерь от испарения. }

✚ Потерь от «малых дыханий», которые происходят при суточных колебаниях температуры и при понижении атмосферного давления.

✚ Потерь от вентиляции газового пространства резервуаров, которые происходят при наличии двух отверстий на крыше, расположенных на расстоянии h по вертикали. Вследствие того, что $\rho_{см}$ паровоздушной смеси больше $\rho_{возд}$ в резервуаре образуется газовый сифон, при котором паровоздушная смесь начинает вытесняться через нижнее отверстие, а воздух поступает в резервуар через верхнее отверстие.

✚ Потерь от насыщения газового пространства емкости, которые происходят при начальном заполнении чистого резервуара нефтепродуктом или в случае закачки более теплого нефтепродукта или в случае закачки нефтепродукта, имеющего большее давление насыщенных паров, чем остаток в резервуаре.

Качественные потери возникают в результате смешения, обводнения, загрязнения и окисления нефтепродуктов. {Последовательная перекачка, примеси из атмосферы, продукты коррозии и т.п

МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТЕЙ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении является обязательным мероприятием, обусловленным требованиями природоохранного законодательства и экономическими соображениями.

Выбор определенных методов борьбы с потерями нефтепродуктов ведется на основе технико-экономических расчетов, основой которых является величина потерь для каждого из сравниваемых вариантов.

Все известные методы сокращения потерь нефтепродуктов можно условно разделить на пять групп.

Первая группа - сокращение объема газового пространства резервуара. {Из анализа уравнения потерь следует, что чем меньше объем газового пространства, тем меньше потери, и при $V_1 = V_2 = 0$ в резервуаре практически потери от испарения должны отсутствовать}

Уменьшение в резервуаре объема газового пространства осуществляется путем разобщения его и свободной поверхности нефти и нефтепродукта. С этой целью применяются текучие вещества (эмульсии, микрошарики) или жесткие и полужесткие конструкции (плавающие крыши, понтоны) из материалов, стойких к воздействию нефти или нефтепродуктов. При таком способе сокращения потерь от испарения вещества или конструкции плавают на свободной поверхности нефти или нефтепродукта, перемещаясь вдоль корпуса резервуара при изменении в нем уровня жидкости.

Применение текучих плавающих веществ имеет значительные преимущества перед другими способами из-за простоты его осуществления как наводимых в эксплуатацию резервуарах, так и в действующих. Однако текучие плавающие вещества не получили в настоящее время применения в промышленности вследствие ряда существенных недостатков.

Недостатками применения микрошариков из пластмасс являются:

- относительно низкая эффективность снижения потерь от испарения (30-50%, что недостаточно);
- унос их в трубопровод а процессе выкачки нефти;
- нарушение целостности защитного слоя вследствие размыва его струей нефти при заполнении резервуара;
- смерзание микрошариков на свободной поверхности нефти или нефтепродукта при отрицательных температурах.

Недостатком применения плавающих эмульсий является непродолжительный срок их службы.

Наибольшее практическое применение получили в настоящее время резервуары с плавающими крышами или понтонами, которые позволяют сократить потери от испарения до 90%.

Расчеты показывают, что этот метод наиболее эффективен при коэффициенте годовой оборачиваемости больше 12. Дальнейшее повышение

эффективности плавающих крыш и понтонов может быть достигнуто за счет применения прочных полимерных материалов и улучшения конструкций уплотняющих затворов.

Вторая группа – хранение под избыточным давлением, которое осуществляется в специальных резервуарах. Конструкция этих резервуаров позволяет воспринимать избыточное давление или вакуум, возникающие в газовом пространстве в результате колебания температур (т.е. дыхательный клапан срабатывает при более высоких давлениях и низком вакууме, чем в обычных резервуарах). Хранение нефтепродуктов в таких резервуарах дает возможность ликвидировать потери от «малых дыханий» и сократить потери от «больших дыханий». Наибольший эффект в сокращении потерь от испарения из резервуаров повышенного давления достигается при длительном неподвижном хранении в них легкоиспаряющихся нефтепродуктов или небольшой оборачиваемости.

Третья группа – уменьшение амплитуды колебания температуры газового пространства резервуара. Для создания условий изотермического хранения нефтепродуктов или значительного уменьшения колебаний температур газового пространства и поверхности нефтепродуктов применяют:

- Отражательно-тепловую изоляцию, предназначенную для предохранения вертикальных цилиндрических резервуаров от воздействия солнечной радиации. Ее навешивают на корпус и накладывают на крышу. Изоляция состоит из двойных щитов-экранов с воздушными прослойками между ними. Щиты собираются из асбоцементных листов, поверхность которых окрашивают алюминиевой краской;
- Водяное орошение резервуаров, при котором вода, покрывая тонкой пленкой его поверхность, аккумулирует часть солнечной энергии, вследствие чего уменьшается нагрев кровли и стенок и, следовательно, газового пространства резервуара;
- Окраску резервуаров, которая заключается в применении наружной лучеотражательной (алюминиевая краска) и внутренней окраски. Внутренняя окраска в светлые тона понижает степень черноты и, следовательно, количество излучаемой энергии стенкой резервуара. Кроме того внутренняя окраска продлевает срок службы резервуара из-за уменьшения коррозии.

Четвертая группа – улавливание паров нефтепродуктов, уходящих из емкости. К этой группе методов относится применение газовых обвязок, газоуравнительных систем и систем улавливания легких фракций (УЛФ).

Газовой обвязкой называется система трубопроводов, объединяющих газовые пространства резервуаров с одинаковыми нефтепродуктами. (рис.) В тех случаях, когда операция заполнения одних резервуаров совпадает по времени с опорожнением других, часть паровоздушной смеси из

заполняемых резервуаров вытесняется не в атмосферу, а в опорожняемые резервуары.

Газоуравнительная система отличается от газовой обвязки наличием специального газосборника. Он служит для того, чтобы аккумулировать часть паровоздушной смеси при несовпадении операций закачки-выкачки.

Система УЛФ представляет собой совокупность технологического оборудования, обеспечивающего отбор и утилизацию легких фракций нефтепродуктов при повышении давления в газовом пространстве резервуаров до того, как произойдет их «выдох» в атмосферу. В системах УЛФ применяются следующие методы отделения углеводородов от паровоздушной смеси: конденсация компримированием, конденсация охлаждением, адсорбция, абсорбция.

К четвертой группе можно отнести также применение дисков-отражателей, которые устанавливаются под монтажными патрубками дыхательных клапанов.

Пятая группа – организационно-технические мероприятия, наиболее эффективными из которых являются следующие:

- для уменьшения потерь от «малых дыханий» в атмосферных резервуарах нефтепродукты необходимо хранить при максимальном заполнении, т.к. в этом случае достигается наименьший объем газового пространства;

- для сокращения потерь от «больших дыханий» необходимо максимально сократить внутрибазовые перекачки нефтепродукта из резервуара в резервуар;

- сокращение промежутка времени между выкачкой и закачкой нефтепродукта в одном и том же резервуаре также приводит к сокращению потерь от «больших дыханий». {Это объясняется тем, что при выкачке нефтепродукта поступающий через дыхательный клапан в резервуар воздух при малом интервале времени между выкачкой и закачкой не успевает насытиться парами нефтепродукта. Следовательно, при закачке в атмосферу будет вытесняться паровоздушная смесь с малой концентрацией паров нефтепродукта.};

- хранение легкоиспаряющихся нефтепродуктов в резервуарах большого объема, т.к. потери от «малых дыханий» прямо пропорциональны площади испарения, а с увеличением объема резервуара отношение площади поперечного сечения к объему падает;

- регулярная проверка герметичности крыши резервуара и исправности дыхательной арматуры может предотвратить потери от вентиляции газового пространства.

**Методика подсчета потерь нефтепродуктов
от «малых» и «больших» дыханий**

Пример 5.1. Определить потери бензина в июне от одного «малого дыхания» в стальном цилиндрическом вертикальном резервуаре объемом 4600 м³ ($D = 22,8$ м, $H = 11,4$ м, высота конуса крыши $h = 0,47$ м), установленного в Москве и заполненного наполовину ($H_{\Gamma} = 0,5 H$). Температура начала кипения бензина $t_{н.к} = 46^{\circ}\text{C}$. Среднее атмосферное давление $p_a = 10^5$ Па.

Решение. 1. Определяем температуру в газовом пространстве резервуара.

Согласно данным климатологического справочника среднемесячная температура воздуха в июне в Москве $t_B = 17,8^{\circ}\text{C}$, а среднемесячный минимум $t_B^{\min} = 12,3^{\circ}\text{C}$.

Среднемесячная амплитуда колебания температуры воздуха

$$\frac{\Delta t_B}{2} = t_B^{\text{cp}} - t_B^{\min}; \quad \Delta t_B = 2(17,8 - 12,3) = 11^{\circ}\text{C}.$$

Отношение $F_{\text{ст}}/F_{\text{кр}}$ при половинном заполнении резервуара

$$\frac{F_{\text{ст}}}{F_{\text{кр}}} = \frac{2\pi R H_{\Gamma}}{\pi R \sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{2H_{\Gamma}}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{2 \cdot 5,7}{\sqrt{11,4^2 + 0,47^2}} \approx 1.$$

По кривым на рис. 5.3 для Москвы при $\text{tg } \alpha = \frac{h}{R} = \frac{0,47}{5,7} = 0,082$ и $\alpha = 2,5^{\circ}$ определяем функцию f : $f_1 = 0,819$; $f_2 = 0,036$; $f_3 = 0,72$; $f_4 = 0,016$; $f_5 = 0,855$; $f_6 = 0,0145$; $f_7 = 0,46$; $f_8 = 0,77$.

Амплитуда суточного колебания температуры газового пространства резервуара определяется по формуле (5.5):

$$\Delta t_{\Gamma} = 11,0 \cdot 0,819 + 591 [0,036 \cdot 0,72 + 0,46 \cdot 0,0145 + 0,016(0,77 - 0,855)] = 27,8^{\circ}\text{C}$$

Минимальная температура в газовом пространстве резервуара согласно (5.6)

$$t_{\Gamma}^{\min} = t_B^{\min} = 12,3^{\circ}\text{C}.$$

Максимальная температура в газовом пространстве резервуара определяется по формуле (5.7)

$$t_{\Gamma}^{\max} = t_{\Gamma}^{\min} + \Delta t_{\Gamma} = 12,3 + 27,8 = 40,1^{\circ}\text{C}.$$

2. Определяем температуру верхних слоев нефтепродуктов по формулам (5.9) и (5.10):

$$t_{\text{всп}}^{\min} = t_B^{\text{cp}} - 0,3 \frac{\Delta t_{\Gamma}}{2} = 17,8 - 0,3 \frac{27,8}{2} = 13,7^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{всп}}^{\max} = t_B^{\text{cp}} + 0,3 \frac{\Delta t_{\Gamma}}{2} = 17,8 + 0,3 \frac{27,8}{2} = 21,9^{\circ}\text{C}.$$

3. Определяем объемную концентрацию бензиновых паров в газовом пространстве резервуара (C_1 и C_2).

Пользуясь графиком на рис. 5.1 (четвертая снизу кривая), находим давление насыщенных паров p_y при $t_{всп}^{\min}$ и $t_{всп}^{\max}$: $p_{y_1} = 0,027$ МПа и $p_{y_2} = 0,04$ МПа. Тогда

$$C_1 = \frac{p_{y_1}}{p_a} = \frac{0,027}{0,1} = 0,27 \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{p_{y_2}}{p_a} = \frac{0,04}{0,1} = 0,4.$$

Средняя объемная концентрация

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} = \frac{0,27 + 0,4}{2} = 0,335.$$

4. Определяем молекулярный вес бензиновых паров по формуле (5.14):

$$M_6 = 60 + 0,3t_{н,к} + 0,001 \cdot t_{н,к}^2 = 60 + 0,3 \cdot 46 + 0,001 \cdot 46^2 = 75,9 \text{ кг/моль.}$$

5. Потерю бензина за одно «малое дыхание» определяем по формуле (5.11):

$$G_{м.д}^t = V p_a \left[\frac{1 - C_1}{T_1} - \frac{1 - C_2}{T_2} \right] \frac{C}{1 - C} \cdot \frac{M_6}{R},$$

т. е.

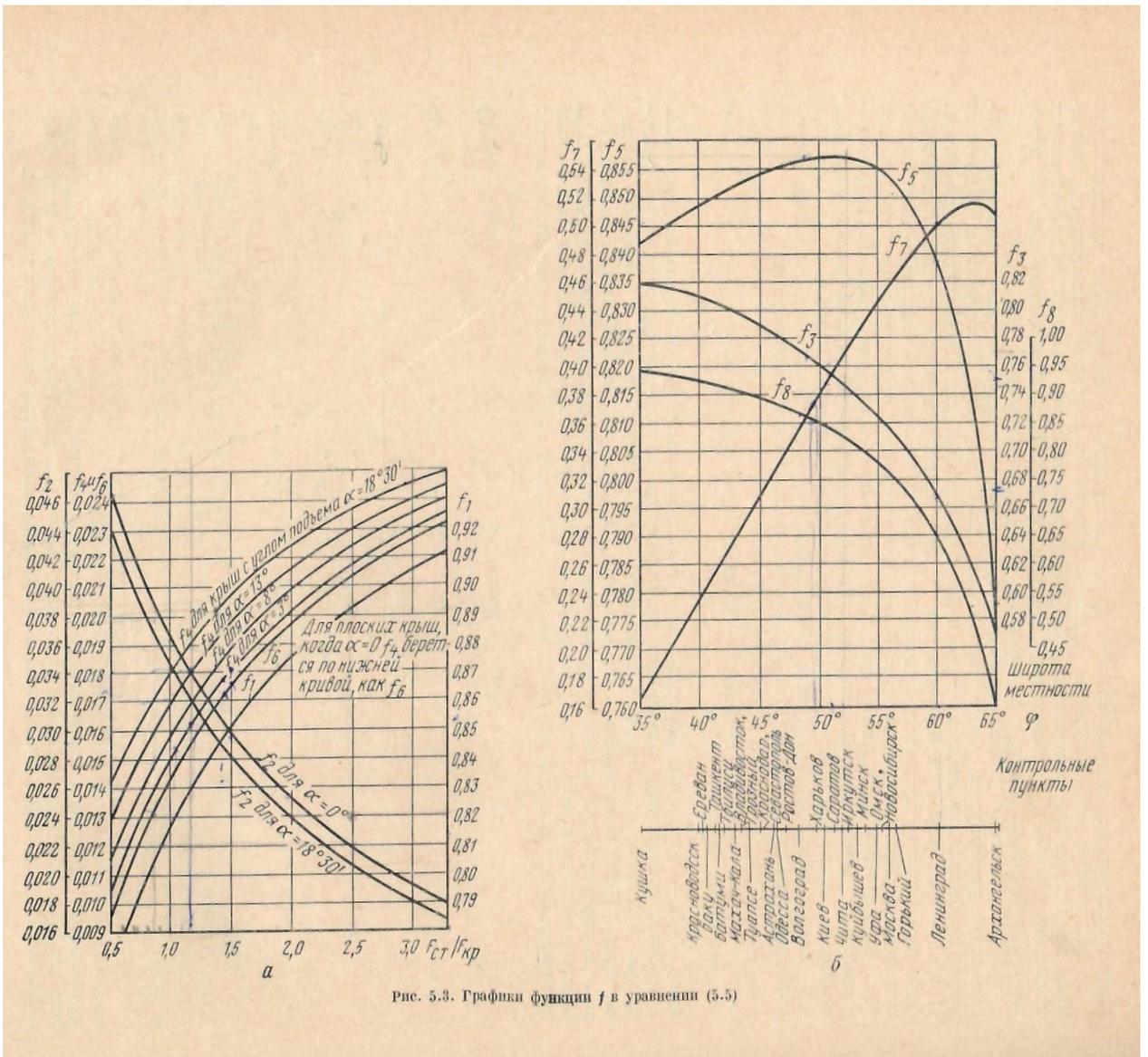
$$G_{м.д}^t = 4600 \cdot 0,5 \cdot 10^5 \left[\frac{1 - 0,27}{273 + 12,3} - \frac{1 - 0,4}{273 + 40,1} \right] \frac{0,335}{1 - 0,335} \cdot \frac{75,9}{8390} = 690 \text{ кг.}$$

Пример 5.2. По условиям примера 5.1 определить потери от одного «большого дыхания». Давление насыщенных паров бензина при его средней температуре $T_{всп}^{ср} \approx T_{в}^{ср} \approx 17,8^\circ \text{C}$ на рис. 5.1 составит $p_y = 0,035$ МПа. Средняя объемная концентрация бензиновых паров в газовом пространстве резервуара $C = \frac{p_y}{p_a} = \frac{0,035}{0,1} = 0,35$. Средняя температура в газовом пространстве резервуара согласно (5.8):

$$t_{Г}^{ср} = \frac{t_{Г}^{\max} + t_{Г}^{\min}}{2} = t_{в}^{ср} + \frac{\Delta t_{Г} - \Delta t_{в}}{2} = 17,8 + \frac{27,8 - 11}{2} = 26,2.$$

Потери бензина за одно «большое дыхание», при коэффициенте использования емкости 0,95 согласно (5.22) составит:

$$G_{б.д} = (V_1 - V_2) \frac{p_a}{T} C \frac{M_6}{R} = 4600 \cdot 0,95 \frac{10^5}{273 + 26,2} 0,35 \frac{75,9}{8390} = 4700 \text{ кг.}$$



Примечание: Данная методика сканирована из Учебника Едигаров С.Г., Бобровский С.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и газохранилищ. М., Недра, 1973