

А.А. Коршак, А.В. Кулагин

Уфимский государственный нефтяной технический университет

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕРЬ БЕНЗИНОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ АЗС

ВВЕДЕНИЕ.

Основной особенностью подземных емкостей является то, что они не подвержены влиянию суточных колебаний температуры, а также солнечной радиации. В связи с этим методика расчета потерь нефти и нефтепродуктов из подобных емкостей несколько отличается от применяемых для наземных резервуаров.

Основные расчетные уравнения для вычисления потерь углеводородов из подземных емкостей приведены в [1]. Однако в их основе лежит использование коэффициента диффузии, который характеризует только свободную (естественную) конвекцию в газовом пространстве. В действительности на массоперенос влияет также турбулизация паровоздушной смеси и поверхности жидкости при операциях закачки – выкачки. В связи с этим разработка методического обеспечения, позволяющего определить потери нефтепродуктов из заглубленных емкостей, по-прежнему, актуальна.

При решении теоретических задач всегда желательно получить законченное аналитическое выражение, но при этом оно не должно быть достигнуто путем упрощающих допущений, приводящих в итоге к заметному отклонению результатов расчета от экспериментальных данных. Широкое распространение ЭВМ позволило изменить приоритеты в решении теоретических задач: достаточно расписать систему уравнений, а уж ее решение представляется «делом техники».

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Расчет потерь бензинов из заглубленных емкостей за время τ_0 может быть выполнен по очевидной формуле

$$G = \rho_y \cdot \int_0^{\tau_0} c_k \cdot Q_{ПВС} \cdot d\tau, \quad (1)$$

где ρ_y - плотность паров углеводородной жидкости при данных термодинамических условиях;

c_k – концентрация углеводородов в ПВС, выходящей в момент времени τ с расходом $Q_{ПВС}$ через дыхательный клапан.

Расчет величины $Q_{ПВС}$ ведется согласно методике [74] на основе уравнения состояния ПВС в газовом пространстве резервуара, записываемого в виде

$$\frac{d}{d\tau}(PV) = \frac{d}{d\tau}(GRT), \quad (2)$$

где P , V , G , R , T – текущие величины (в момент времени τ) соответственно давления, объема, массы ПВС, ее газовой постоянной и температуры в газовом пространстве.

В уравнении (2) изменение объема газового пространства $\frac{dV}{d\tau} = -Q_3$, а изменение давления при открытом дыхательном клапане $\frac{dP}{d\tau} = 0$.

Изменение массы паровоздушной смеси в газовом пространстве связано, с одной стороны, с ее вытеснением в атмосферу, а с другой – с донасыщением ПВС при испарении бензина, т.е.

$$\frac{dG}{d\tau} = J_3 \cdot F - \rho_{ПВС} \cdot Q_{ПВС}, \quad (3)$$

где $\rho_{ПВС}$, $Q_{ПВС}$ – плотность и объемный расход паровоздушной смеси, вытесняемой в атмосферу;

J_3 – плотность потока массы вещества испаряющегося с поверхности площадью F .

С учетом (3) перепишем уравнение состояния (2) в виде

$$-F \cdot Q_3 = R \cdot T (J_3 \cdot F - \rho_{ПВС} \cdot Q_{ПВС}). \quad (4)$$

Учитывая, что $\frac{P}{RT} = \rho_{ПВС}$, получаем

$$Q_{ПВС} = Q_3 + \frac{J_3 \cdot F}{\rho_{ПВС}}, \quad (5)$$

Из (5) видно, что мгновенный расход паровоздушной смеси, вытесняемой в атмосферу, превышает расход закачки на величину соответствующей массе нефтепродукта, испаряющейся в единицу времени.

Отсюда мгновенная величина коэффициента превышения при закачке

$$\kappa_{Пз} = \frac{Q_{ПВС}}{Q_3} = 1 + \frac{J_3 \cdot F}{\rho_{ПВС} \cdot Q_3} . \quad (6)$$

Среднее значение коэффициента превышения за операцию закачки определяется следующим выражением

$$\bar{\kappa}_{Пз} = \frac{1}{\tau_6} \int_0^{\tau_3} \left(1 + \frac{J_3 \cdot F}{\rho_{ПВС} \cdot Q_3} \right) d\tau . \quad (7)$$

С учетом того, что в расчетах принимаются средние значения полного потока массы, плотности ПВС и расхода закачки, получим

$$\bar{\kappa}_{Пз} = 1 + \frac{\bar{J}_3}{\tau_6 \cdot \bar{\rho}_{ПВС} \cdot Q_3} \int_0^{\tau_3} F d\tau . \quad (8)$$

Учитывая (8), получаем среднее значение расхода вытесняемой в атмосферу паровоздушной смеси

$$Q_{ПВС} = \bar{\kappa}_{Пз} \cdot Q_3 . \quad (9)$$

Определение величин ρ_y и τ_6 в формуле (1) не вызывает затруднений, но необходимо дать рекомендации по определению мгновенной величины c_k .

На рисунке 1 показан характер распределения концентрации углеводородов по высоте ГП в первой стадии насыщения (когда их концентрация под кровлей $c_k = 0$), и во второй (когда $c_k > 0$). В работе [1] это распределение рекомендуется описывать выражением

$$c(y) = a \cdot y^n + b, \quad (10)$$

где a , b и n – эмпирические коэффициенты.

Экспериментально установлено, что в резервуарах типа ЖБР $n \approx 2$ [1], а в подземных резервуарах типа РГС: при заполнении $n \approx 0,9$ в осенне-зимний период и $n \approx 1,5$ в весенне-летний периоды, а при хранении и опорожнении во все периоды $n \approx 1,3$ [2]. Таким образом, распределение концентраций по высоте будет полностью определено, если выразить величины коэффициентов a и b в произвольный момент времени τ .

Для первой стадии насыщения, используя краевые условия $c(y_c) = 0$ и $c(H_{ГП}) = c_s$, получим

$$a = \frac{c_s}{H_{ГП}^n - y_c^n}; \quad b = \frac{c_s}{1 - \left(\frac{H_{ГП}}{y_c}\right)^n}. \quad (11)$$

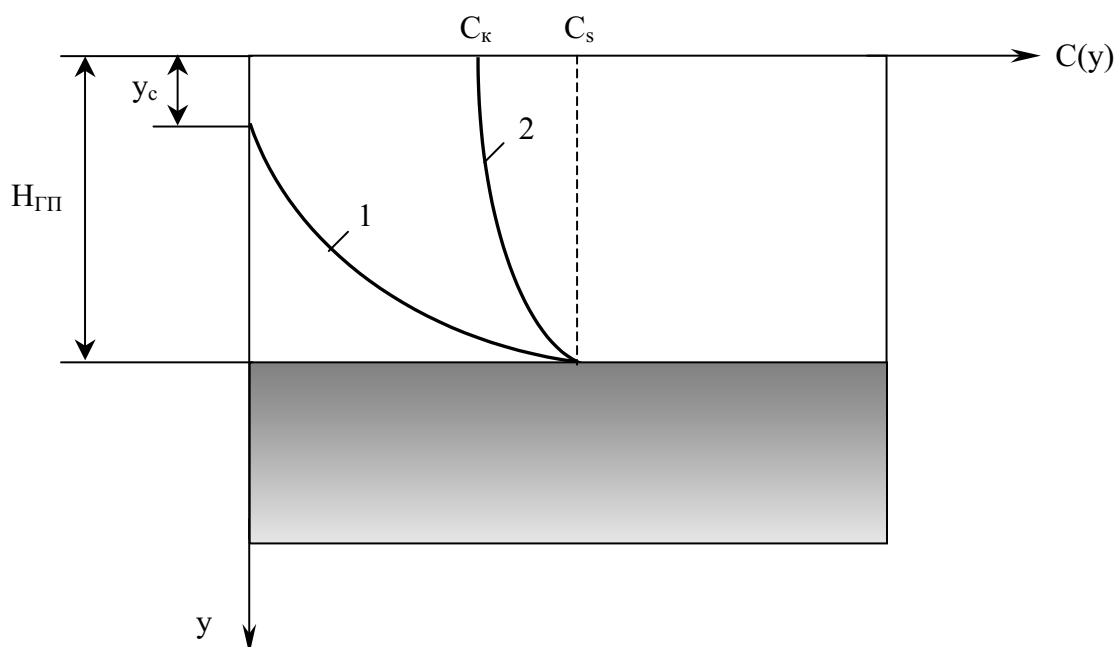


Рис. 1. Расчетная схема к задаче описания распределения концентрации углеводородов по высоте ГП заглубленной емкости.

1 – первая стадия насыщения; 2 – вторая стадия насыщения.

Неизвестная величина y_c находится через среднюю концентрацию углеводородов в ГП равную c

$$c = \frac{1}{H_{ГП}} \int_{y_c}^{H_{ГП}} (ay^n + b) dy = \frac{1}{H_{ГП}} \left[\frac{a}{n+1} (H_{ГП}^{n+1} - y_c^{n+1}) + b(H_{ГП} - y_c) \right]. \quad (12)$$

Знание распределения концентрации углеводородов в этой стадии необходимо для определения момента времени, когда начинается *вторая стадия насыщения* ГП. Применительно к ней краевые условия имеют вид: $c(0) = c_k$ и $c(H_{ГП}) = c_s$. Соответственно находим

$$a = \frac{c_s - c_k}{H_{ГП}^n}; \quad b = c_k, \quad (13)$$

Неизвестная мгновенная величина концентрации углеводородов под кровлей находится аналогично первой стадии, что дает

$$c_k = \frac{c(n+1) - c_s}{n}, \quad (14)$$

где c – средняя концентрация углеводородов по высоте газового пространства резервуара.

Расчет изменения средней концентрации углеводородов в ГП подземной емкости ведется через плотность потока массы испаряющегося бензина для соответствующей технологической операции по методике описанной в [3].

Концентрация углеводородов в его ГП находится методом последовательных приближений в следующей последовательности:

- 1) задаются средней (за операцию) концентрацией c углеводородов в ГП;
- 2) вычисляют кинематическую вязкость паровоздушной смеси ν и коэффициент диффузии паров нефтепродукта D_m при этой концентрации и средней температуре процесса T ;
- 3) вычисляют плотность потока массы J_3 и общую массу Δm_y испаряющегося нефтепродукта;
- 4) находят массовую \bar{c} и объемную c концентрации углеводородов в ГП к концу рассматриваемой технологической операции.

Необходимо добиться равенства величин c и \bar{c} .

Выводы

1. Разработана методика прогнозирования потерь бензинов при операциях заполнения резервуара на основе использования новых критериальных уравнений массотдачи. Предложенная методика, по сравнению с ранее разработанными, учитывает турбулизацию паровоздушной смеси и поверхности жидкости при операциях закачки.
2. Среднеквадратическая погрешность расчета величины потерь от «больших дыханий» по данной методике по сравнению с экспериментальными данными составляет 16,3 %.

Литература

1. Абузова Ф.Ф., Бронштейн И.С., Новоселов В.Ф. и др. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении. – М.: Недра, 1981. – 248 с.
2. Гиззатов М.А. Сокращение потерь бензинов от испарения на автозаправочных станциях нефтебаз. Дис... канд. техн. наук. – Уфа, 1987, - 244 с.
3. Коршак А.А. Современные средства сокращения потерь бензинов от испарения. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001 г. -144 с.