

Организация производства и обеспечение безопасности и экологичности производственных процессов в нефтегазовой отрасли

Organization of production and ensuring the safety and environmental friendliness of production processes in the oil and gas industry

2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки)

УДК 681.5

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-2-104-115

Повышение эффективности системы управления парком топливных горизонтальных резервуаров

В. М. Спасилов*, М. А. Киреева

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

**spasibovm@tyuiu.ru*

Аннотация. Активное использование вертолетного транспорта для обеспечения строительства и эксплуатации нефтегазовых объектов Крайнего Севера привело к созданию пунктов дозаправки, включающих в себя резервуарные парки топлива. Испарение топлива при наливке и хранении в резервуарах является основной причиной потери продукта, приводящей к экономическому ущербу и загрязнению окружающей среды. Из-за отсутствия научно обоснованных технических решений для предотвращения потерь полностью исключить потери топлива не представляется возможным. Целью статьи является разработка метода создания системы управления парком горизонтальных резервуаров, минимизирующей потери топлива. В основу разработки положено исследование факторов, влияющих на объем испарений, которые подразделяются на контролируемые неуправляемые и контролируемые управляемые. Результатом является схемное решение автоматизированной системы управления, осуществляющей конденсацию паров топлива, испаряющихся в процессе эксплуатации резервуарного парка, а также определяющей приоритетность использования резервуаров в зависимости от величины давления паров в них, что позволяет пятикратно снизить потери топлива.

Ключевые слова: резервуарный парк, горизонтальный резервуар, потери топлива, система управления

Для цитирования: Спасилов, В. М. Повышение эффективности системы управления парком топливных горизонтальных резервуаров / В. М. Спасилов, М. А. Киреева. – DOI 10.31660/0445-0108-2024-2-104-115 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2024. – № 2. – С. 104–115.

Improving the efficiency of the fuel horizontal tank fleet management system

Victor M. Spasibov*, Maria A. Kireeva

Abstract. The active use of helicopter transportation to facilitate the construction and operation of oil and gas facilities in the Far North has resulted in the establishment of refueling points, which include fuel tank farms. The evaporation of fuel during the filling and storage of fuel in tanks is the primary cause of product loss, which results in economic damage and environmental pollution. The lack of scientifically substantiated technical solutions to prevent fuel losses means that it is not possible to completely eliminate fuel losses. The objective of this article is to develop a control system for a fleet of horizontal tanks that minimizes fuel losses. The development is based on a study of the factors affecting the volume of evaporation, which are divided into three categories: those that can be controlled, those that cannot be controlled, and those that can be controlled and influenced. The result is a schematic solution of the automated control system that performs condensation of fuel vapours evaporating in the process of tank farm operation, and also determines the priority of tank use depending on the value of vapour pressure in them. This makes it possible to reduce fuel losses by a factor of five.

Keywords: tank farm, horizontal tank, fuel losses, control system

For citation: Spasibov, V. M., & Kireeva, M. A. (2024). Improving the efficiency of the fuel horizontal tank fleet management system. *Oil and Gas Studies*, (2), pp. 104-115. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-2-104-115

Введение

Развитие нефтегазовой отрасли в России связано с разработкой крупнейших нефтегазоконденсатных месторождений Крайнего Севера, Западной и Восточной Сибири. В весенне-летний период использование наземного транспорта в этих регионах затруднительно, поэтому воздушный транспорт стал приоритетным способом перевозки грузов и пассажиров. Потребовалась инфраструктура, обеспечивающая обслуживание вертолетного парка, одной из важнейших структурных единиц которой является резервуарный парк топлива. Поэтому обеспечение эффективности эксплуатации парка топливных резервуаров является актуальной задачей. Эффективность эксплуатации резервуарного парка можно рассматривать с разных точек зрения. В настоящей работе эффективность исследовалась исходя из критерия минимизации эксплуатационных потерь топлива. По причинам возникновения потери делятся на аварийные и эксплуатационные. Аварийные потери возникают вследствие нарушений правил эксплуатации, техногенных повреждений оборудования и трубопроводов, износа, террористических актов. Эксплуатационные потери возникают вследствие несовершенства применяемых технологий. При эксплуатации резервуарного парка в штатном режиме возникают два источника потери топлива: испарения при наливе топлива и испарения в резервуарах в статическом режиме. Налив топлива может осуществляться двумя способами: открытой струей и под уровень. По сравнению с наливом топлива под уровень налив топлива открытой струей приводит к большим потерям топлива за счет испарения [1]. Технологии налива не являются предметом

данного исследования. Потери продукта за счет испарений, возникающих при операциях заполнения и опорожнения резервуаров, классифицируются как потери от «больших дыханий». Потери за счет испарений, зависящих от суточных колебаний температуры, физико-химических свойств продукта, конструкции резервуаров, классифицируются как потери от «малых дыханий». Исследованию проблематики потери нефтепродуктов от испарений в резервуарах посвятили работы многие специалисты: Ф. Ф. Абузова, Н. И. Белоконь, А. Р. Валеев, В. Б. Галеев, С. В. Глушков, Н. Н., Константинов, А. А. Коршак, М. Ю. Левин, Р. Е. Левитин, В. И. Черникин, В. Ф. Новоселов, С. А. Коршак, П. И. Тугунов, Дж. Р. Бекман и др. Разработано большое число методик расчетов потерь продукта, но все они используют большое количество исходных данных, требуют учета климатических особенностей региона и, как следствие, обладают большими погрешностями. Более того, предназначены для вертикальных резервуаров больших объемов, где продуктом является нефть, обладающая отличными от авиационного керосина физико-химическими характеристиками. Научно обоснованных методов и средств, обеспечивающих кардинальное снижение потерь топлива в горизонтальных резервуарах малой емкости, предложено не было, хотя потери авиационного керосина при заполнении резервуара могут достигать от 1 до 4 литров на 1 м³ подаваемого топлива, что приводит к значительному экономическому ущербу и загрязнению окружающей среды. Поэтому появилась необходимость разработки метода и средств, минимизирующих потери топлива.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является резервуарный парк, расположенный на территории Новопортовского месторождения и являющийся пунктом дозаправки вертолетов МИ-8 (так называемым «аэродромом подскока») на пути следования Новый Уренгой — Новый Порт — Новый Уренгой. Как правило, такие резервуарные парки состоят из горизонтальных резервуаров (РГС). Предметом исследования стали источники эксплуатационных потерь топлива и способы их минимизации. Цель — разработка метода создания системы управления парком горизонтальных резервуаров, минимизирующей потери топлива. Решаемые задачи — определение и исследование источников потерь топлива; выявление факторов, влияющих на объем потерь, в том числе контролируемых и управляемых; выбор способов, схемных решений и устройств, обеспечивающих уменьшение потерь топлива. Для решения первой части задач, используя методы системного анализа, рассмотрим «универсальные» формулы для расчета потерь нефти от «больших дыханий»: формула В. И. Черникина [2], методики Ф. Ф. Абузовой [3] и А. А. Коршака [1]. Результаты расчета потерь для резервуара РВС-20000 по данным формулам и результаты, полученные посредством инструментальных измерений, приведены в таблице 1 [4].

Результаты расчетов потери нефти для резервуара РВС-20000

Номер замера	Инструментальные данные, потери, кг	Расчет потерь по методикам					
		Методика А. А. Коршака		Методика Ф. Ф. Абузовой		Методика В. И. Черникина	
		Потери, кг	Относительная погрешность, %	Потери, кг	Относительная погрешность, %	Потери, кг	Относительная погрешность, %
1–2	704,4	701,9	0,4	406,9	42,2	437,4	37,9
3–4	6 392,9	6 095,8	4,7	3 918,3	38,7	1 784	72,1
5–6	6 844,3	6 801,4	0,6	4 151,2	39,4	1 729,7	74,7

Из приведенной таблицы следует, что наибольшей точностью обладают расчеты, проведенные по методике А. А. Коршака. Однако предложенная методика А. А. Коршака предназначена только для вертикальных резервуаров, где площадь испарения продукта является постоянной, а самим продуктом является нефть, обладающая отличными от авиационного топлива физико-химическими характеристиками. Следовательно, использовать методику в полной мере для анализа потерь авиационного керосина в горизонтальных резервуарах не представляется возможным. При этом методов и средств, обеспечивающих кардинальное снижение потерь топлива, предложено не было.

Расчет испарений из горизонтальных резервуаров осложняется изменением зеркала испарения по мере наполнения или опорожнения резервуара — максимальная площадь зеркала наблюдается при заполнении резервуара наполовину. Для оценки факторов, влияющих на потери топлива из-за испарений, воспользуемся работой М. Ю. Левина, С. А. Нагорнова, Е. Ю. Левиной [4], доработавших расчетную формулу методики А. А. Коршака [1], которая для горизонтальных цилиндрических резервуаров представлена как

$$G = \frac{1}{\rho} \cdot \left[\beta \dot{F}(C_S - C) + M \cdot \left(\frac{1}{V - b} \cdot \dot{V} - \frac{2a}{P + \frac{a}{V^2}} \cdot \dot{V} - \frac{\dot{R}}{R} - \frac{\dot{T}}{T} \right) \right], \quad (1)$$

где ρ — плотность углеводородов, кг/м³; β — коэффициент массоотдачи кг·м²/с; F — площадь поверхности испарения резервуара, м²; C_S — концентрация насыщенных паров углеводородов; C — средняя концентрация паров в ГП резервуара; M — масса углеводородов, кг; a — молекулярное давление; b — собственный объем молекул; P — давление паровоздушной смеси; V — объем газового пространства; R — газовая постоянная, Па·м³/моль·К; T — температура, К.

Параметры ρ ; β ; C ; a ; b ; R являются контролируруемыми, но не управляемыми. Основным независимым, контролируемым и управляемым параметром является F — площадь зеркала — поверхности испарения жидкости, которая для горизонтальных цилиндрических сосудов определяется как

$$F = 2L \cdot \sqrt{h(D_{\text{вн}} - h)}, \quad (2)$$

где L — длина цилиндрической части сосуда, м; $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр емкости, м; h — расстояние от верхнего края сосуда до уровня жидкости, м.

Из уравнения (1) видно, что с целью уменьшения потерь требуется управление режимом работы резервуара, обеспечивающим минимизацию площади испарения. Измерение величины F в режиме реального времени представляет определенную сложность. В то же время, F есть функция от h , величина которой достаточно точно измеряется существующими уровнемерами. Изменение h одного резервуара в существующем парке осуществляется только дискретно, в моменты налива топлива и заправки вертолетов. Поэтому использование классических систем регулирования h с применением П-, ПИ-, ПИД-законов регулирования не представляется возможным. Управление h с целью минимизации площади F резервуара возможно с помощью оператора, обладающего информацией об уровнях топлива в резервуарах парка и определяющего приоритетность их заполнения и заправки вертолетов.

Становится актуальной задача поиска технических решений и создания автоматизированной системы управления резервуарным парком (АСУ РП), обеспечивающих минимизацию потерь топлива.

Проанализируем факторы, влияющие на потери продукта за счет испарения по причине «малых дыханий», зависящих от суточных колебаний температуры, объема паров и др. Резервуары, как правило, оснащены воздушными клапанами. Промышленный расчет потерь топлива через «воздушку» в РГС-200 резервуарного парка в штатном режиме, хранящем авиационный керосин, осуществляется с использованием методики РМ 62-91-90 («Методика расчета вредных выбросов из нефтехимического оборудования» [6]) по формуле

$$P_i = 12,2 \cdot \frac{M_i}{(t + 273)} \cdot V_i, \quad (3)$$

где M_i — молекулярная масса i -го вещества; t — температура жидкости, °С; V_i — объем паров, образующихся в результате диффузии, м³/с.

Объем паров определяется как [6]

$$V_i = 2,3 \cdot K_6 \cdot \frac{F}{h} \cdot D_t \cdot C \cdot \lg \left[\frac{1}{(1 - k_i x_i)} \right], \quad (4)$$

где K_6 — коэффициент, учитывающий снижение выбросов ($K_6 = 0,07$); F — зеркало испарения жидкости, м²; D_t — коэффициент молекулярной диффузии; C — коэффициент, учитывающий тяжесть паров по отношению к воздуху; k_i — константа равновесия между паром и жидкостью; x_i — мольная доля вредного вещества в растворе.

Площадь зеркала испарения жидкости рассчитывается по формуле (2).

Коэффициент молекулярной диффузии находится как [6]

$$D_t = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,8 / \sqrt{M_i} \cdot \left(\frac{273 + t}{273} \right)^2. \quad (5)$$

По приведенным формулам (3)–(5) произведен расчет испарения авиационного керосина из резервуара РГС-200. Резервуар принят заполненным на 90 %, диаметр РГС составляет 3,4 м, длина равна 24,4 м, температура — 20 °С. Найденный коэффициент молекулярной диффузии составляет $5,3 \cdot 10^{-6}$, площадь зеркала испарения равна 58,42 м². Количество испарений топлива составляет 1,5 м³/год, при парке из двух резервуаров РГС-200 — 3,0 м³/год, что соответствует трем заправкам вертолета.

Оценка потери продукта от «больших дыханий» (выбросов из резервуаров хранения при сливе–наливе жидкостей, кг/год), осуществляется по методике РМ 62-91-90 [6]

$$P_i = 13,4 \cdot Q_p \cdot K_i X_i \frac{M_i}{(273 + t_{zn})} K_2 K_3, \quad (6)$$

где Q_p — объемный расход жидкости, наливаемой в резервуар или группу резервуаров в течение года, м³/год; X_i — мольная доля i -го вещества в жидкости, для однокомпонентной жидкости $X_i = 1$; t_{zn} — температура газового пространства резервуара, °С; K_i — константа равновесия между паром и жидкостью i -го вещества при температуре газового пространства t_{zn} и атмосферном давлении P_a ; K_2 — коэффициент, учитывающий выбросы в атмосферу от «малых дыханий» (для северной климатической зоны $K_2 = 1,07$); K_3 — коэффициент, учитывающий технические средства сокращения потерь.

Температура газового пространства резервуара [6]

$$t_{гп} = 0,5(t_{жс} + t_{ов}), \quad (7),$$

где $t_{жс}$ — температура жидкости в резервуаре, °С; $t_{ов}$ — среднегодовая температура окружающего воздуха в данном географическом пункте.

В ходе каждой операции перекачки топлива из передвижных средств в резервуар на каждый кубический метр подаваемого объема топлив, в атмосферу вытесняется 1,1–1,4 м³ паровоздушной смеси (ПВС), в зависимости от климатических условий, содержащей от 1 до 3,6 литров топлива [8].

Из уравнения (6) видно, что все параметры не являются управляемыми, за исключением Q_p — объемного расхода топлива, который определяется потребностью парка. Однако важное значение имеет K_3 — коэффициент, учитывающий технические средства сокращения потерь. Для резервуаров, оборудованных дыхательными клапанами, K_3 принят равным 1,0, в то время как для резервуаров, включенных в газоуравнительную систему группы резервуаров, K_3 равняется 0,2. Следовательно, создание газоуравнительной системы всех резервуаров парка приведет к пятикратному снижению потерь топлива. Отсюда актуальной становится задача поиска технических решений создания АСУ РП, обладающей функциями газоуравнительной системы.

При создании новых или модернизации существующих резервуарных парков важно выбрать при заданной производительности правильное соотношение между количеством резервуаров и их объемом. Результаты расчета, полученные при моделировании заполнения бензином АИ-92 горизонтальных резервуаров различного объема, представлены в таблице 2 [5].

Таблица 2

Удельные потери бензина для резервуаров

Объем резервуара, м ³	Удельные потери, г/с·м ³
3	0,125622
5	0,0941578
10	0,0775408
25	0,0582368
50	0,0489456
75	0,0427144
100	0,0320358

Из таблицы 2 видно, что при увеличении объема горизонтального резервуара удельные потери топлива снижаются.

Результаты

Анализ технических решений АСУ РП с изложенными выше функциями показал, что перспективным направлением создания является система, реализующая три режима работы резервуарного парка топлива: заполнение резервуаров, заправка вертолетов, внутрипарковая перекачка топлива. Система управления автоматизированная. Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора получает информацию об уровнях топлива в резервуарах парка и определяет приоритетность их заполнения и заправки вертолетов. Внутрипарковая перекачка топлива осуществляется автоматически, в промежутке времени между заправкой вертолета и заполнением резервуаров топливом, решая задачу газоуравнивания всех резервуаров. В качестве основы технического решения заложен принцип эжектора, работающего по закону Бернулли. Эжектор служит для передачи кинетической энергии от одной среды, движущейся с большой скоростью, к другой. Принцип работы эжектора показан на рисунке 1. Для трубопроводов с изменяющимися диаметрами в сужающемся сечении создается пониженное давление одной среды (активного потока), что вызывает подсос в поток второй среды (пассивного потока) [6].

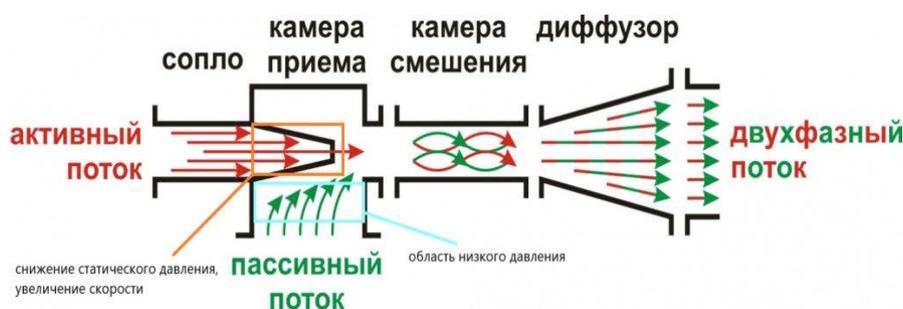


Рис. 1. Схема движения газожидкостной смеси в эжекторе

Техническое решение для снижения потерь керосина от «больших дыханий» — использование эжектора при закачке топлива из бензовоза в резервуар. Схема перекачки топлива посредством эжекторного модуля представлена на рисунке 2 [8]. Керосин перекачивается из бензовоза насосом в резервуар под высоким давлением. При этом в сужающем устройстве создается зона пониженного давления, в которую происходит засасывание через обратный клапан паров из резервуара, и понижение температуры смешенного потока, что приводит к конденсации из паровоздушной смеси (ПВС) части паров керосина. Полученный конденсат возвращается в резервуар и смешивается с топливом. Оставшиеся пары ПВС под высоким давлением перемещаются через слой жидкости в верх резервуара, при этом часть углеводородов растворяется в топливе, оставшаяся доля ПВС вновь затягивается в эжектор. Обратный клапан не пропускает топливо через соединительный патрубков в резервуар.

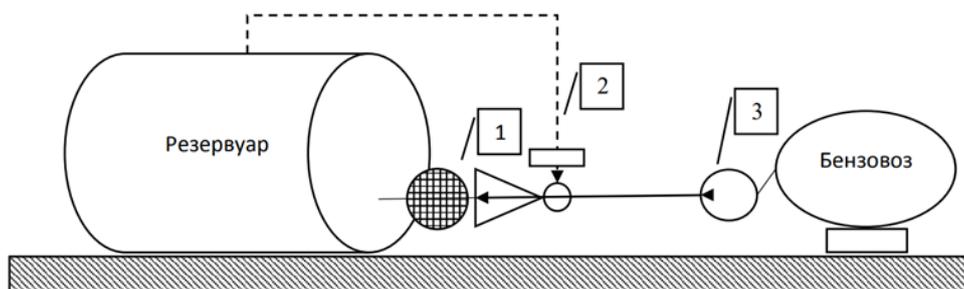


Рис. 2. Схема перекачки топлива посредством эжекторного модуля:
 1 — эжекторный модуль; 2 — подача паров углеводородов из резервуара;
 3 — насос

Об эффективности использования эжекторного модуля можно судить по результатам испытаний на РГС объемом 200 литров, наполняемого керосином с 10 до 90 %, приведенным в таблице 3 [8].

Таблица 3

Результаты испытаний работы эжекторного модуля на РГС 200

Номер эксперимента	Температура среды, °С	Температура бензина, °С	Атмосферное давление, атм	Масса конденсата ПВС без эжектора, г	Масса конденсата ПВС с эжектором, г	Снижение потерь, %
1	25	24	1	21	4	80
2	25	24	1	23	6	75
3	24	24	1	22	5	77
4	25	25	1	22	5	77
5	26	25	1	21	4	80

Из таблицы видно, что масса конденсата в ПВС существенно снижается при использовании эжектора, применение которого уменьшает потери углеводородов от «большого дыхания» до 80 %.

Обсуждение

В основу технической реализации газоуравнительной функции системы управления, как и при наливке резервуара, положен принцип эжектора. Поскольку резервуарный парк предполагает наличие двух и более резервуаров, наполняемых и опустошаемых последовательно, допустима установка как одного общего эжектора, так и монтаж эжекторов непосредственно перед каждым резервуаром. Учитывая большую протяженность

труб в случае установки одного эжектора и его невысокую стоимость, целесообразней оснастить каждый резервуар индивидуальным эжекторным модулем. На рисунке 3 представлена схема резервуарного парка с эжекторным модулем. Отслеживание давления паровоздушной смеси в РГС осуществляется датчиками давления. На схеме показано состояние задвижек при приеме топлива на хранение. Насос Н1/1 наполняет резервуар РГС1/1, при этом топливо проходит через эжектор, и происходит компрессия выделяющихся в емкости паров от «больших дыханий». Также посредством открытия и закрытия задвижек происходит наполнение РГС1/2 и выдача топлива потребителю. Оборудование для выдачи топлива не указано на схеме.

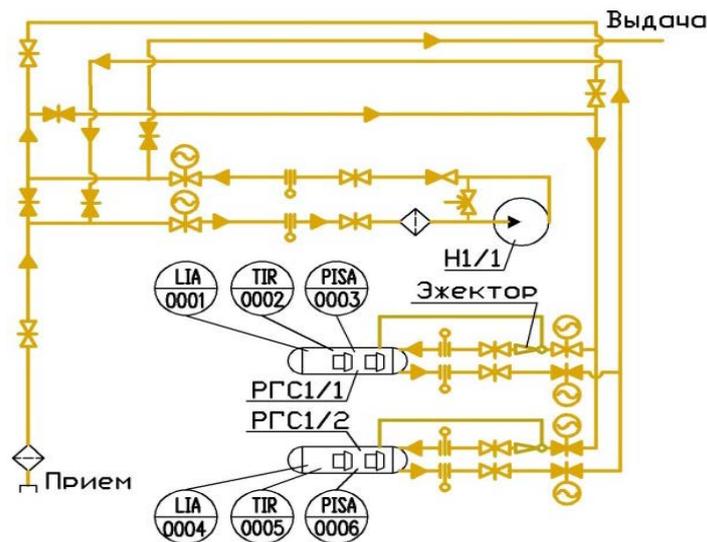


Рис. 3. Структурная схема резервуарного парка с эжекторами

Предлагаемая система управления включает следующие датчики:

- ультразвуковой уровнемер;
- измерительные преобразователи температуры;
- датчик давления ПВС.

Параметром для реализации функции газоуравнивания выбрано давление паровоздушной смеси. Для установления приоритетности выбора резервуаров для проведения операций внутрипарковой перекачки сигналы с выходов датчиков давления поступают на контроллер и на АРМ оператора. Контроллер выполняет функцию селектирования сигналов: выбирает максимальный и минимальный сигналы. Наибольшее удельное испарение наблюдается при низком уровне жидкости в резервуаре. У резервуара с наименьшим давлением (наиболее заполненного) по команде с контроллера (посредством пускателя — усилителя мощности и исполнительного механизма) включается насос, который подает топливо в жидкостно-газовый эжектор (ЖГЭ) и с помощью переключающей арматуры по трубопроводу в

резервуар с наибольшим давлением ПВС (наименее заполненный). ЖГЭ при этом отсасывает избыток ПВС из наполняемого резервуара, компримирует, конденсирует и смешивает его с рабочей жидкостью резервуара. Насос отключается по команде с контроллера при достижении разницы давлений в пределах 1 кПа. При другом числе резервуаров контроллер выбирает, аналогично предыдущему, другую пару резервуаров, и процесс происходит по прежнему алгоритму. Внутрипарковая перекачка завершается при достижении рассогласования давлений в резервуарах парка в пределах 1 кПа.

Выводы

В статье рассмотрены причины потери топлива от испарения в горизонтальных резервуарах, определены факторы, влияющие на величину потерь, в том числе контролируемые и управляемые. Произведен расчет потерь для горизонтальных резервуаров от «малых и больших дыханий». Для повышения эффективности системы управления парком топливных горизонтальных резервуаров предложена автоматизированная газоуравнительная схема с использованием эжекторного устройства.

Список источников

1. Коршак, А. А. Нефтебазы и АЗС : учебное пособие / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 416 с. – Текст : непосредственный.
2. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : учебное пособие / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов, А. А. Коршак А. М. Шаммазов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2002. – 658 с. – Текст : непосредственный.
3. Абузова, Ф. Ф. Исследование потерь нефти и нефтепродуктов и эффективности средств сокращения их в резервуарах : специальность 05.15.06 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Абузова Фатиха Фиттяховна ; Уфимский нефтяной институт – Уфа, 1975. – 334 с. – Текст : непосредственный.
4. Медникова, М. И. Сравнительный анализ методик расчета потерь нефти от испарений / М. И. Медникова, Н. В. Чухарева. – Текст : электронный // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сборник статей ЛП международной студенческой научно-практической конференции. – 2017. – № 4 (51). – С. 229–233. – URL: [https://sibac.info/archive/technic/4\(51\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/4(51).pdf) (дата обращения: 08.12.2023).
5. Левин, М. Ю. Метод расчета потерь топлива при заполнении наземных горизонтальных цилиндрических резервуаров / М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов, Е. Ю. Левина. – DOI 10.35887/2305-2538-2019-5-119-124. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2019. – № 5 (41). – С. 119–124.
6. Методика расчета вредных выбросов в атмосферу из нефтехимического оборудования РМ 62-91-90 // Библиотека нормативной документации : [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294846/4294846260.htm> (дата обращения: 17.12.2023). – Текст : электронный.

7. Эжектор и инжектор: устройство и принцип работы. – Текст : электронный // Altenergetika : сайт. – URL: <https://altenergetika.ru/ezhektor-i-inzhektor-ustroystvo-i-printsip-raboty> (дата обращения: 17.12.2023).

8. Левин, М. Ю. Сокращение потерь топлива при заполнении наземных горизонтальных цилиндрических резервуаров / М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов. – Текст : непосредственный // Наука в центральной России. – 2019. – № 1 (37). – С. 99–103.

References

1. Korshak, A. A., Korobkov, G. E., & Muftakhov, E. M. (2006). Neftebazy i AZS. Ufa, DizaynPoligrafServis Publ., 416 p. (In Russian).

2. Tugunov, P. I., Novoselov, V. F., Korshak A. A., & Shammazov A. M. (2002). Tipovye raschety pri proektirovanii i ekspluatatsii neftebaz i nefteprovodov. Ufa, DizaynPoligrafServis Publ., 658 p. (In Russian).

3. Abuzova, F. F. (1975). Issledovanie poter' nefti i nefteproduktov i effektivnosti sredstv sokrashcheniya ikh v rezervuarakh. Diss. ... dokt. tekhn. nauk. Ufa, 334 p. (In Russian).

4. Mednikova, M. I. (2017). Sravnitel'nyy analiz metodik rascheta poter' nefti ot ispareniiy. Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki: sbornik statey LII mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. (In Russian). Available at: [https://sibac.info/archive/technic/4\(51\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/4(51).pdf)

5. Levin, M. Yu, Nagornov, S. A., & Levina, E. Yu. (2019). The method for calculating loss of fuel from horizontal cylinder reservoirs in the ground. Science in the central Russia, 5(41), pp.119-124. (In Russian). – DOI 10.35887/2305-2538-2019-5-119-124.

6. Metodika rascheta vrednykh vybrosov v atmosferu iz neftekhimicheskogo oborudovaniya RM 62-91-90. (2023). (In Russian). Available at: <https://files.stroy-inf.ru/Data2/1/4294846/4294846260.htm>

7. Ezhektor i inzhektor: ustroystvo i printsip raboty.(2023). (In Russian). Available at: <https://altenergetika.ru/ezhektor-i-inzhektor-ustroystvo-i-printsip-raboty>

8. Levin, M. Yu., & Nagornov, S. A. (2019). Reduction of losses of fuel in filling ground-horizontal cylindrical tanks. Science in the central Russia, 1(37), pp. 99-103. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Спасилов Виктор Максимович, доктор технических наук, профессор кафедры кибернетических систем, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень spasibovvm@tyuiu.ru

Victor M. Spasibov, Doctor of Engineering, Professor at the Department of Cybernetic Systems, Industrial University of Tyumen, spasibovvm@tyuiu.ru

Киреева Мария Александровна, магистрант кафедры кибернетических систем, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Maria A. Kireeva, Master's Student at the Department of Cybernetic Systems, Industrial University of Tyumen

Статья поступила в редакцию 30.01.2024; одобрена после рецензирования 11.02.2024; принята к публикации 15.02.2024.

The article was submitted 30.01.2024; approved after reviewing 11.02.2024; accepted for publication 15.02.2024.