



Сариллов М. Ю., Лисков П. А., Жмак М. Д.
M. Yu. Sarilov, P. A. Liskov, M. D. Zhmak

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКОВ-ОТРАЖАТЕЛЕЙ И РЕЗЕРВУАРОВ-ГАЗГОЛЬДЕРОВ
С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРОВ**

**APPLICATION OF DISK-REFLECTORS AND TANKS-GAZGOLDER WITH
THE PURPOSE OF REDUCING THE LOSS OF OIL PRODUCTS FROM TANKS**

Сариллов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов химических производств Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Mr. Mikhail Yu. Sarilov – D. Sc. in engineering, Head of the Department of Chemical Industry Machinery and Equipment, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Лисков Павел Андреевич – магистрант кафедры машин и аппаратов химических производств Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: pasha.liskov.95@mail.ru.

Mr Pavel A. Liskov – master's degree student Chemical Industry Machinery and Equipment, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: pasha.liskov.95@mail.ru.

Жмак Максим Дмитриевич – магистрант кафедры машин и аппаратов химических производств Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: maxim_zhmak_95@mail.ru.

Mr Maxim D. Zhmak – master's degree student Chemical Industry Machinery and Equipment, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: maxim_zhmak_95@mail.ru.

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема потерь нефтепродуктов при их хранении в резервуарных парках нефтеперерабатывающих заводов; кратко рассмотрены причины потерь нефтепродуктов из резервуаров. Для решения данной проблемы предложены два способа сокращения потерь с описанием предлагаемых технологий. Первый способ состоит в применении недорогих дисков-отражателей, второй – в улавливании паров нефтепродукта путём создания комплекса газоуравнительной системы с использованием мягких резервуаров-газгольдеров. Произведён экономический расчёт при внедрении данных технологических решений.

Summary. This paper deals with the problem of oil products losses during their storage in tanks. The authors briefly discuss the reasons of oil losses out of the tanks. The ways to reduce losses are proposed and described in the article. The economic calculation for the implementation of these technological solutions is given.

Ключевые слова: нефтепродукты, потери, резервуары, сокращение, газоуравнительная система, диски-отражатели, бензин.

Key words: petroleum products, losses, tanks, heat reduction, gas equalizing system, wheels reflectors, petrol.

УДК 650.98

Введение

Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их хранении в резервуарах на нефтебазах – это один из важных путей экономии топливных и энергетических ресурсов на нефтеперерабатывающем предприятии. За последнее время основано много мероприятий, на которых объём потерь нефтепродуктов значительно снижен. Несмотря на принимаемые меры, при транспортировании, хранении и сливно-наливных операциях теряется около 2 % объёма всей добываемой в стране нефти. Особенно велики потери испарения легкоиспаряющихся нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо), хранимых в резервуарных парках предприятия [1]. Каковы причины потерь?

1. От вентиляции газового пространства: потери происходят через открытые люки резервуаров посредством простого выдувания бензиновых паров ветром.

2. Потери от больших «дыханий» происходят в результате вытеснения закачиваемым нефтепродуктом паров хранимого в резервуаре нефтепродукта из газового пространства резервуара.

3. Потери от «обратного выдоха» происходят таким образом: вошедший в резервуар воздух начинает насыщаться парами нефтепродукта, и спустя некоторое время из резервуара может произойти выход насыщающейся газовой смеси.

4. Потери происходят от насыщения газового пространства.

5. Потери от «малых дыханий» происходят от суточного колебания температуры и от расширения паровоздушной смеси.

Все известные методы сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров можно разделить на пять групп:

1) сокращение объёма газового пространства резервуара: достигается применением различных покрытий – слоя микрошариков из пластмасс, плавающих защитных эмульсий, понтонов и плавающих крыш;

2) хранение нефтепродуктов под избыточным давлением – уменьшается амплитуда колебания температуры газового пространства резервуара;

3) уменьшение амплитуды колебания температуры газового пространства резервуара посредством окраски его лучеотражающими покрытиями; применение тепловой изоляции, водяное орошение, экранирование резервуара;

4) улавливание паров нефтепродуктов посредством применения газоуравнительной системы (ГУС), газовой обвязки резервуаров и системы улавливания лёгких фракций (УЛФ);

5) организационно-технические мероприятия: подготовка высококвалифицированных кадров, хранение нефтепродуктов при максимально возможных взливах, поддержание в исправном состоянии самих резервуаров и дыхательного оборудования и т. д. [2].

В данной работе предлагаются два способа сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров: применение недорогих дисков-отражателей и улавливание паров нефтепродукта путём создания комплекса газоуравнительной системы с использованием мягких резервуаров-газгольдеров (газгольдеров-накопителей).

Применение дисков-отражателей

Диски-отражатели предназначены для уменьшения потерь нефтепродуктов при сбросе дыхательными клапанами избыточного давления в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами.

Механизм сокращения потерь состоит в том, что диск-отражатель, подвешенный под монтажным патрубком дыхательного клапана, не даёт струе входящего в резервуар воздуха свободно распространяться вглубь газового пространства, изменяет её направление с вертикального на почти горизонтальное. Поэтому перемешивание паровоздушной смеси в основном происходит в слоях, примыкающих к кровле резервуара. Наиболее насыщенные слои газового пространства, расположенные у поверхности продукта, почти не участвуют в процессе конвективного перемешивания. Таким образом, диск-отражатель уменьшает концентрацию паров и потери от испарения.

По данным исследований Института проблем транспорта энергоресурсов республики Башкортостан (ИПТЭР) и Управления научными исследованиями (УНИ), среднегодовая эффективность дисков-отражателей для сокращения потерь составляет 25 % от потерь при «больших дыханиях» резервуаров.

Преимущества: малозатратное решение (40 тыс. р. за 1 ед.), лёгкость монтажа и демонтажа, длительный срок эксплуатации, установка на любой резервуар без необходимости его переоборудования.

Недостатки: низкая среднегодовая эффективность дисков-отражателей для сокращения потерь по сравнению с другими способами.

Схема диска-отражателя представлена на рис. 1. Диск устанавливается под монтажным патрубком дыхательного клапана с соответствующим условным проходом. Отражатель состоит

из стойки 3, фланца 12, раскладывающегося диска, основания 1, крыла 2 и крыла среднего 11, а также осей 4, 6 и петли 5.

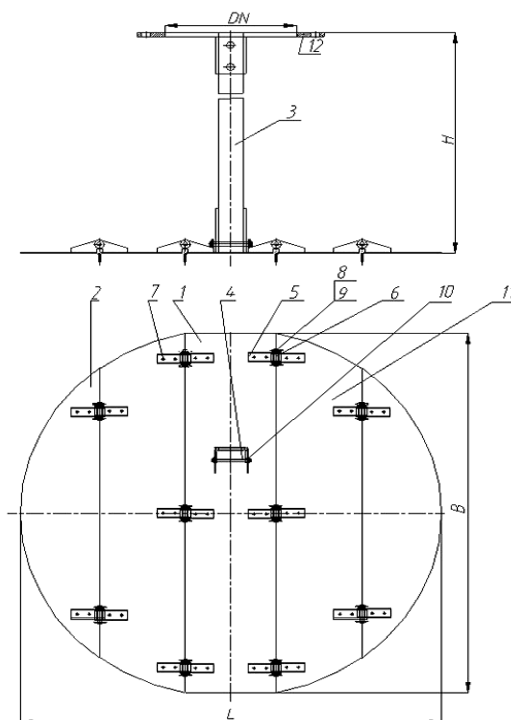


Рис. 1. Схема диска-отражателя

Для нормального функционирования диска-отражателя при монтаже необходимо расположить его концентрично с горизонтальным сечением монтажного патрубка.

Технологические параметры оборудования и экономический эффект при внедрении
Технические характеристики диска-отражателя описаны в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики диска-отражателя

Параметр	Значение					
	100	150	200	250	350	500
Условный проход (ДУ), мм	100	150	200	250	350	500
Высота монтажного патрубка не более, мм	400		500			
Габаритные размеры						
D открытого ОТР, мм	250	350	350	500	630	650
D закрытого ОТР, мм	60	136	140	250	360	444
Высота открытого ОТР, мм	680				850	1222
Масса, кг	4		5	6	8	11

Рассчитаем экономический эффект. Для расчёта возьмём бензиновую и керосиновую фракции при хранении в резервуарах в тёплое время года (апрель – сентябрь).

Допустим, что каждый день из резервуарного парка в среднем отгружается:

- 1) от 1100 т бензина АИ-92;
- 2) 866 т авиакеросина;
- 3) 133 т бензина АИ-95;
- 4) 1333 т прямогонного бензина.

Потери нефтепродуктов от испарения из резервуаров с данными нефтепродуктами определяются суммированием потерь за 6 наиболее тёплых месяцев:

$$\Pi_{\text{рез}} = V_{\text{кв}} \cdot \frac{P_{\text{нас}}}{P_{\text{атм}}} \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 10^{-6}, \text{ т},$$

где $V_{\text{кв}}$ – объём нефтепродукта, поступающего в группы резервуаров за апрель – сентябрь;
 $\frac{P_{\text{нас}}}{P_{\text{нас}}} = \frac{550 \text{ мм рт. ст.}}{757,6 \text{ мм рт. ст.}} = 0,73$; K_1 – опытный коэффициент, характеризующий удельные потери углеводородов с учётом среднеквартальной оборачиваемости резервуаров, $K_1 = 0,1$; K_2 – коэффициент, учитывающий наличие технических средств сокращения потерь от испарения и режим эксплуатации резервуара, $K_2 = 1,1$; K_3 – коэффициент, учитывающий влияние климатических условий на испарение, $K_3 = 1,14$.

Рассчитаем плотность паров нефтепродуктов в газовом пространстве резервуара или среднеквартальной температуре газового пространства, кг/м^3 :

$$P_{\text{ср}} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}},$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{61,75 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot \frac{755}{760} \cdot \frac{273}{273 + 26,5} = 2,5 \text{ кг/м}^3,$$

где $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление на момент вычислений, $P_{\text{атм}} = 755 \text{ мм рт. ст.}$; P_0 – атмосферное давление, $P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$; M – молекулярная масса; T_0 – 273 К.

Молекулярная масса M определяется по формуле

$$M = 60 + 0,3 \cdot (t_{\text{нк}} - 30) + 0,001 \cdot (t_{\text{нк}} - 30)^2$$

$$M = 60 + 0,3 \cdot (35 - 30) + 0,001 \cdot (35 - 30)^2 = 61,75 \text{ г/моль},$$

где $t_{\text{нк}}$ – температура начала кипения нефтепродукта.

Значение среднеквартальной температуры газового пространства резервуара, необходимой для определения давления насыщенных паров $P_{\text{нас}}$, будет таким:

$$t_{\text{ср}} = 0,7 \cdot t_{\text{н}} + 0,3 \cdot t_{\text{в}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{ср}} = 0,7 \cdot 25 + 0,3 \cdot 30 = 28,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В расчётах используется 25%-е сокращение потерь диска-отражателя. Бензин АИ-92:

$$\Pi_{\text{резервуаров за 6 мес.}} = 262200 \text{ м}^3 \cdot 0,73 \cdot 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 1,14 = 60200 \text{ кг} = 60,2 \text{ т}.$$

Тоннаж уловленного диском-отражателем нефтепродукта составит 15 000 кг. Бензин АИ-95:

$$\Pi_{\text{резервуара за 6 мес.}} = 32000 \text{ м}^3 \cdot 0,73 \cdot 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 1,14 = 7323 \text{ кг} = 7,3 \text{ т}.$$

Тоннаж уловленного диском-отражателем нефтепродукта составит 1830 кг. Прямогонный бензин:



$$P_{\text{резервуара за 6 мес.}} = 331000 \text{ м}^3 \cdot 0,73 \cdot 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 1,14 = 75758 \text{ кг} = 75,7 \text{ т.}$$

Тоннаж уловленного диском-отражателем нефтепродукта составит 18 939 кг. Авиакеросин:

$$P_{\text{резервуара за 6 мес.}} = 200000 \text{ м}^3 \cdot 0,73 \cdot 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 1,14 = 45771 \text{ кг} = 45,7 \text{ т.}$$

Тоннаж уловленного диском-отражателем нефтепродукта составит 11 442 кг.

По результатам расчётов потерь видно, что данный проект позволит нам улавливать большой объём испаряющихся паров бензина, а это 15 тонн 92-го, 2 тонны 95-го, 19 тонн БГС, 11,5 тонны авиакеросина. Учитываем, что продажа одной тонны 92-го бензина обходится в 28 585 р., 95-го – в 29 802 р., прямогонного – в 22 075 р., авиакеросина – в 22 357 р.; экономия составит 1 163 000 р.

В качестве исходных данных бралась средняя стоимость выбранного оборудования, стоимость работ по проектированию, установке.

Сводный сметный расчёт представлен в табл. 2.

Таблица 2

Сводный сметный расчёт

Наименование	Количество	Стоимость единицы, р.	Общая стоимость, р.
Диск-отражатель	100	40 000	4 000 000
Расходы на монтажные работы – 25 %			1 000 000
Расходы на запчасти – 2 %			80 000
Расходы на транспорт – 5 %			180 000
Расходы на комплектацию – 1,5 %			60 000
Заготовительно-складские расходы – 1,2 %			48 000
Итого по разделу			5 368 000

Экономический расчёт показывает, что затраты на оборудование с монтажными работами составят 5,3 млн р. Первый год будет рассчитан на разработку, закупку, установку дисков-отражателей, а прибыль рассматриваем со следующего года.

Распределение вложения и прибыли по годам показаны в табл. 3.

Таблица 3

Распределение вложения и прибыли по годам

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Затраты на оборудование	5,3 тыс. р.	–	–	–	–
Стоимость сэкономленного нефтепродукта	–	1163 тыс. р.	1163 тыс. р.	1163 тыс. р.	1163 тыс. р.
Прибыль		1163 тыс. р.	1163 тыс. р.	1163 тыс. р.	1163 тыс. р.

Экономический эффект отражён в виде графика точки окупаемости проекта (см. рис. 2).



Рис. 2. График точки окупаемости проекта

Таким образом, с учётом отсутствия прибыли за первый год срок окупаемости составит 5,5 года. И уже на шестом году экономия нефтепродуктов даст положительные показатели.

Применение газоуравнительной системы

Сокращение потерь при использовании метода газовой обвязки оптимально при хранении одного типа нефтепродукта в различных резервуарах. Конструкционной особенностью данного метода является соединение трубопроводом газового пространства резервуаров с последующей конденсацией паров в отдельном резервуаре [3].

Несравненным плюсом данного метода является замкнутость системы резервуаров относительно окружающей среды. Однако этот метод требует использования только одного типа нефтепродуктов в данных резервуарах, а также больших капитальных вложений в строительство данной системы. Способ конденсации паров заключается в том, что пары, образующиеся во время «дыхания» топлива, конденсируются.

Преимущества: уровень снижения потерь нефтепродукта от испарений достигает 90 %, наблюдаются замкнутость системы относительно окружающей среды и сокращение выбросов парогазовой смеси в атмосферу.

Недостатки: большие капиталовложения из-за металлоёмкости конструкции и переоборудования измерительных приборов резервуаров; объединение нескольких резервуаров только одного типа хранения н/п; ГУС служат путём быстрого распространения огня сразу на несколько резервуаров.

Предлагаемая газоуравнительная система заключается в применении мягких резервуаров-газгольдеров.

Полимерный эластичный газгольдер-компенсатор изображён на рис. 3. Он предназначен для рекуперации паров лёгких фракций углеводородов малых и больших «дыханий» резервуарных парков при температуре окружающего воздуха от -45 до $+50$ °С. Эластичный газгольдер-компенсатор монтируется на территории нефтебаз нефтеперерабатывающих заводов, где хранятся и распределяются светлые нефтепродукты. Изготовлены такие газгольдеры из газо- и жидкостонепроницаемого антистатического материала и размещаются на любом пригодном для этих целей участке резервуарного парка.

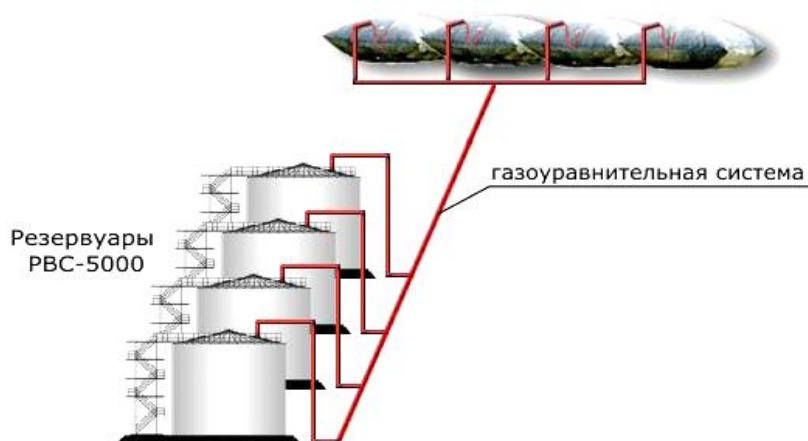


Рис. 3. Газоуравнительная система без дополнительного оборудования

В газгольдер-компенсатор поступает расширившаяся парогазовая смесь из внутренней полости резервуаров хранения при повышении температуры в последних за счёт естественного нагрева (малые «дыхания») в течение дневного времени суток, а также при больших «дыханиях» в процессе заполнения топливом резервуаров. Пары возвращаются обратно в резервуары при снижении температуры их газового пространства в вечернее и ночное время или при отпуске продукта потребителям. Данная система является замкнутой – «резервуар – газгольдер», что исключает расход свежего воздуха на «вдохе» резервуара и, как следствие, не требуется последующая конденсация новых объёмов лёгкой фракции углеводородов из его «выдоха».

Экономический эффект при внедрении технологии

К примеру, в резервуарный парк ежедневно поступает и отгружается 350 т бензина АИ-95; в использовании 4 резервуара объёмом 5000 м³ каждый. Рассчитаем потери за 2 квартала (май – октябрь) по формуле [4].

$$\Pi_{\text{рез}} = V_{\text{кв}} \cdot \frac{P_{\text{нас}}}{P_{\text{атм}}} \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 10^{-6}, \text{ т,}$$

где $V_{(2\text{кв})}$ – количество бензина, поступающего в группу резервуаров за два квартала, $V_{(2\text{кв})} = 86\,914 \text{ м}^3$; $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенных паров бензина в резервуаре, $P_{\text{нас}} = 515 \text{ мм рт. ст.}$; $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, $P_{\text{атм}} = 758 \text{ мм рт. ст.}$; K_1 – опытный коэффициент, характеризующий удельные потери углеводородов с учётом среднеквартальной оборачиваемости резервуаров, $K_1 = 0,1$; K_2 – коэффициент, учитывающий наличие технических средств сокращения потерь от испарения, и режим эксплуатации резервуара, $K_2 = 1,1$; K_3 – коэффициент, учитывающий влияние климатических условий на испарение, $K_3 = 1,625$.

1. Рассчитаем среднюю температуру за май – октябрь:

$$T_{\text{ср}} = \frac{5,4 + 8,9 + 18 + 22 + 12 + 5,5}{6} = 12 \text{ }^\circ\text{C.}$$

2. Найдём молекулярную массу для паров бензиновой фракции, г/моль:

$$M = 60 + 0,3 \cdot (t_{\text{нк}} - 30) + 0,001 \cdot (t_{\text{нк}} - 30)^2$$

$$M = 60 + 0,3 \cdot (35 - 30) + 0,001 \cdot (35 - 30)^2 = 61,5.$$

3. Рассчитаем плотность паров бензина при нормальных условиях:

$$\rho_0 = \frac{M}{22,4} \text{ кг / м}^3,$$

$$\rho_0 = \frac{61,5}{22,4} = 2,74.$$

4. Рассчитаем значение среднеквартальной температуры газового пространства резервуара по формуле $t_{cp} = 0,7 \cdot t_n + 0,3 \cdot t_b$, где t_n – температура бензина в резервуаре, $t_n = 14$ °С; t_{cp} – средняя температура воздуха за два квартала, $t_{cp} = 12$ °С: $t_{cp} = 0,7 \cdot 14 + 0,3 \cdot 12 = 13,4$ °С.

5. Находим плотность паров бензина при среднеквартальной температуре газового пространства, кг/м³: $\rho_{cp} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{P_{атм}}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{cp}}$, где M – молекулярная масса паров бензиновой фракции, $M = 61,5$ г/моль; $P_{атм} = 758$ мм рт. ст.; $T_0 = 273$ К; $P_0 = 760$ мм рт. ст.; $t_{cp} = 13,4$ °С.

$$\rho_{cp} = \frac{61,5}{22,4} \cdot \frac{758}{760} \cdot \frac{273}{273 + 13,4} = 2,64 \text{ кг / м}^3.$$

6. Рассчитаем потери бензина за 2 квартала:

$$\Pi_{\text{резервуара за 6 мес.}} = 86914 \text{ м}^3 \cdot 0,68 \cdot 2,64 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 1,625 = 27890 \text{ кг} = 27,89 \text{ т.}$$

Стоимость одной тонны бензина АИ-95 равна 37 000 р. В итоге объём потерь составляет: $37\,000 \cdot 27,89 = 1\,031\,930$ р. за полгода.

Максимальная вместимость одного резервуара-газгольдера для одного резервуара РВС 5000 составляет 500 м³, эффективность системы – 90 %. Для того, чтобы оснастить парк из четырёх резервуаров РВС 5000, необходимо наличие четырёх резервуаров-газгольдеров.

Тоннаж уловленной системой из резервуаров-газгольдеров бензина составит 25 101 кг, или 928 737 р. Стоимость оборудования с учётом монтажных работ составит 1 550 000 р. В итоге срок окупаемости системы составит 1 год и 7 месяцев.

Использование полимерных резервуаров-газгольдеров в резервуарных парках даёт следующие положительные результаты:

1) исключение потерь бензина на 90 % при больших и частично при малых «дыханиях» резервуара;

2) отсутствие загрязнённости парами бензина рабочих мест обслуживающего персонала и улучшение экологической обстановки предприятия;

3) значительное уменьшение взрывопожароопасности объектов хранения нефти и нефтепродуктов;

4) сохранение качества нефти и нефтепродуктов;

5) сведение к минимуму объёма эксплуатационных расходов;

6) повышение взрыво- и пожаробезопасности на предприятии;

7) эксплуатация газоуравнительной системы с мягкими резервуарами-газгольдерами в режиме малых «дыханий», не требующей затрат какой-либо энергии и постоянного надзора персонала;

8) прямой возврат оживленного из паровоздушной смеси продукта в технологический процесс (без процессов сорбции-десорбции и других дополнительных стадий);

9) простота конструкции, надёжность, неприхотливость и долговечность оборудования;

10) отсутствие необходимости в частых ревизиях и ремонте оборудования, содержании высококвалифицированного обслуживающего персонала.

Недостатком данной технологии является значительная занимаемая площадь.



Опыт применения технологии

В 2007 году системы рекуперации на базе эластичных газгольдеров-рекуператоров нового поколения установлены на двух нефтебазах в Крыму. Эксплуатирующей организацией «Корпорация ТЭС» отмечены исключительная производительность данной замкнутой системы рекуперации ЛФУ и сокращение потерь от «дыханий» до 90 % при практически нулевых эксплуатационных расходах.

Заключение

По итогам проделанной работы была выявлена возможность применения дисков-отражателей и резервуаров-газгольдеров для сокращения потерь лёгких нефтепродуктов из резервуаров.

Данное оборудование позволит:

- 1) уменьшить потери углеводородов из резервуаров и получить дополнительную прибыль за счёт сокращения потерь нефтепродукта;
- 2) сократить потери бензина при больших и малых «дыханиях»;
- 3) обеспечить отсутствие загрязнённости парами бензина рабочих мест обслуживающего персонала;
- 4) снизить вредные выбросы в атмосферу и улучшить экологическую обстановку объекта до требуемых нормативов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абузова, Ф. Ф. Пути сокращения потерь углеводородов от испарения при хранении и транспортировании нефти и нефтепродуктов / Ф. Ф. Абузова, Г. Д. Теляшева, Ю. Ф. Мишин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1989. – Вып. 5. – 56 с.
2. Дегтярев, В. Н. Пути повышения надёжности работы резервуаров с понтонами / В. Н. Дегтярев, С. М. Богачев // Нефтепромысловое дело. – 1984. – № 8. – С. 114-118.
3. Майорова, Н. Газоуравнительные системы. Применение / Н. Майорова, Г. Скоков. – М.: Белый город, 2009. – 127 с.
4. Матлашов, И. А. Расчёт потерь нефти и нефтепродуктов из резервуаров нефтеперерабатывающих предприятий. Методика расчёта / И. А. Матлашов. – Москва, 2000. – 54 с.