
УДК 622.691.24

Система дыхания резервуара РВС-3000

Кайзер Ю.Ф., Горбунова Л.Н., Лысянников А.В.

При хранении и перекачках на складах различных видов топлива актуальна проблема сокращения его потерь от испарения в результате «больших и малых дыханий» резервуаров. В результате «больших и малых дыханий» при понижении давления в резервуаре («вдохе»), происходит заполнение газового пространства резервуара атмосферным воздухом, содержащем значительное количество паров воды, которые в дальнейшем конденсируются, накапливаются и остаются в топливе, существенно ухудшая его свойства. Предложена система сокращения потерь топлива от испарения, которая приведёт к снижению загрязнения окружающей среды, сокращению экономических потерь предприятий, сохранению количественного состава топлив и повышению пожаровзрывобезопасности резервуарных парков складов горюче-смазочных материалов. Разработана конструкция влагопоглотителя, представляющий собой цилиндрический сосуд, заполненный адсорбентом. По результатам анализа обосновано использование в качестве адсорбента для поглощения паров воды силикагеля по ряду преимуществ (низкая температура, требуемая для регенерации, низкая себестоимость при производстве, высокая механическая прочность по отношению к истиранию и раздавливанию и др.). Разработаны рекомендации по определению ориентировочного срока эксплуатации адсорбента в зависимости от температуры окружающей среды и абсолютного влагосодержания воздуха по объему, поступившего в резервуар в результате «больших дыханий».

Ключевые слова: резервуар, дыхательный клапан, горюче-смазочные материалы, силикагель.

Respiratory system RVS-3000

Kayzer Y.F., Gorbunova L.N., Lysyannikov A.V.

When storing and pumping fuel in warehouses there is an urgent problem of reducing fuel losses caused by evaporation due to «large and small breaths» of the tank. As a result of these «breaths», low pressure in the reservoir («breath») leads to filling the tank vapor space with atmospheric air. The tank contains a significant amount of water vapor, which then condenses to accumulate and remain in the fuel, significantly degrading its properties. The system has been developed to reduce fuel loss caused by evaporation. It will provide reducing environment pollution and economic losses of enterprises, as well as keeping up quantitative fuel composition. The system will help increase fire safety and nonexplosiveness of fuel and lubricant stock. A specially designed drying agent is a cylindrical vessel filled with an adsorbent. The analysis results let us use silica gel for absorption of water vapor thanks to its advantages (low regeneration temperature, low production costs, high mechanical strength against abrasion and crushing, etc.). The recommendations have been given to find out the adsorbent life depending on ambient temperature and absolute air moisture content. It can be determined by the air amount entering the reservoir as a result of «big breaths».

Keywords: reservoir, vent valve, fuel and lubricating materials, silica gel.

Введение

Сохранение окружающей среды в последние годы стало одной из важнейших проблем человечества. Сегодня экологическое мышление является необходимым для решения самых насущных прикладных задач человеческого общества. В этой связи, современная экология вышла за рамки академической

науки и приобрела множество прикладных направлений. Одно из таких направлений – обеспечение экологической безопасности при хранении и перекачках топлив на складах горюче-смазочных материалов. Кроме этого, выброс паров топлив в воздух приносит значительные экономические потери для предприятий и повышает пожаровзрывоопасность

объекта, а также происходит ухудшение качества топлива за счёт потерь ценных легких фракций.

Значительные потери топлив от испарения происходят в результате «больших и малых дыханий» резервуаров. При заполнении резервуара авиационным керосином («большие дыхания») на каждый закачанный 1 м^3 топлива через дыхательный клапан резервуара вытесняется в атмосферу в летнее время – примерно 0,55 кг, а в зимнее – 0,35 кг керосина. Таким образом, в средней зоне при заполнении резервуара вместимостью 3000 м^3 авиационным керосином теряется летом около 1,65 т, а зимой – 1,05 т керосина [1, 2].

Среднегодовые потери авиационного керосина при длительном хранении («малые дыхания») в наземных резервуарах составляют в среднем 1,4 кг на 1 м^3 парового пространства, а потери при хранении в полуподземных резервуарах – в среднем 0,5 кг на 1 м^3 парового пространства [1, 2].

В результате «больших и малых дыханий» при понижении давления в резервуаре («вдохе»), происходит заполнение газового пространства резервуара атмосферным воздухом, содержащем значительное количество паров воды, которые в дальнейшем конденсируются, накапливаются и остаются в топливе, существенно ухудшая его свойства.

Актуальность работы обусловлена необходимостью реконструкции системы дыхания существующих резервуаров с целью сокращения потерь топлив от испарения, а также предотвращения их обводнения.

Целями работы являются разработка системы сокращения потерь топлива от испарения и поиск адсорбента для поглощения паров.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработана принципиальная схема системы сокращения потерь топлива от испарения и предотвращения обводнения систе-

мы дыхания на примере резервуара РВС-3000 и конструкция влагопоглотителя;

- обоснована целесообразность применения силикагеля в качестве адсорбента для поглощения паров воды;
- предложены рекомендации по определению ориентировочного срока эксплуатации адсорбента влагопоглотителя.

Принцип работы системы сокращения потерь топлива от испарения

Авторами предлагается разработка системы дыхания, на примере резервуара РВС-3000. Схема данной системы представлена на рис. 1.

Для этого предлагается под штатное место дыхательного клапана резервуара РВС-3000 установить тройник, к которому монтируется трубопровод подачи паровоздушной смеси (ПВС) 5 из резервуара 9 к эжектору 4. Принцип работы системы сокращения потерь топлива от испарения состоит в следующем. При повышении уровня в резервуаре происходит «выдох» ПВС из резервуара, которая через трубопровод 5 поступает к эжектору 4. Рабочая жидкость (топливо) подается в эжектор 4 через сопло с помощью насоса и увлекает за собой пассивный поток паровоздушной смеси из резервуара, в результате чего давление в газовом пространстве резервуара 9 падает и тем самым исключается срабатывание дыхательного клапана 6, а, следовательно, отсутствуют потери от испарения. Часть энергии рабочей жидкости в процессе смешения фаз передается пассивному потоку, сжимая его. Одновременно происходит процесс интенсивной конденсации паров углеводородов. Образовавшаяся на выходе из эжектора жидкостно-газовая смесь разделяется в сепараторе 11, после чего осушенный сжатый воздух идет на дальнейшую очистку или в атмосферу, а рабочая жидкость (топливо) подается через приемо-раздаточный патрубок 1 в резервуар 9. Обратный клапан 10 не даёт поступать потоку топлива в сепаратор 11.

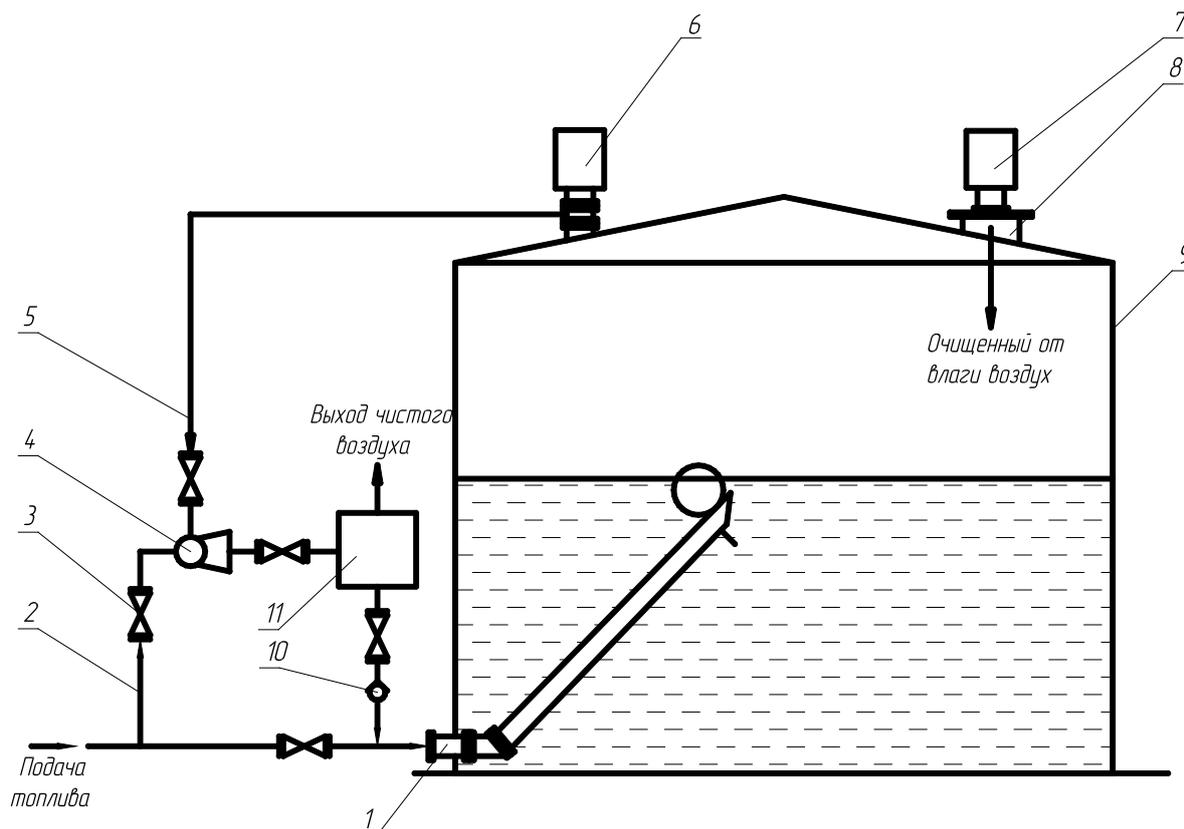


Рис. 1. Принципиальная схема системы сокращения потерь топлива от испарения и предотвращения обводнения:

- 1 – приемо-раздаточный патрубок; 2 – байпасный трубопровод; 3 – задвижка; 4 – эжектор;
 5 – трубопровод подачи паровоздушной смеси из резервуара; 6 – дыхательный клапан;
 7 – влагопоглотитель; 8 – световой люк; 9 – резервуар; 10 – обратный клапан; 11 – сепаратор.

Конструкция влагопоглотителя и принцип его действия

Для предотвращения поступления паров воды в резервуар, разработана конструкция влагопоглотителя (рис. 2).

Влагопоглотитель включает в себя следующие основные элементы: патрубок 1, корпус 2, проставки 3 и 9, крышка 4, клапан 5, основание 10, смотровой глазок 12, адсорбент 23, и воздушный фильтр 24.

Влагопоглотитель представляет собой цилиндрический сосуд, который заполняется адсорбентом. Разработанный влагопоглотитель устанавливается на крышку светового люка резервуара РВС-3000.

Принцип действия влагопоглотителя состоит в следующем. Прежде чем воздух поступит в резервуар, он проходит через воз-

душный фильтр 24, где происходит улавливание механических частиц (пыли) и влаги.

Далее очищенный от пыли и частично от влаги воздух с парами воды проникает в объем с адсорбентом, где происходит процесс адсорбции воды на гранулах адсорбента.

Очищенный от паров воды воздух через клапан 5 по патрубку 1 под действием разрежения поступает в резервуар РВС-3000. В это время клапан вакуума штатного дыхательного клапана закрыт, так как давление срабатывания клапана 5 отрегулировано так, чтобы он открывался раньше, чем клапан вакуума штатного дыхательного клапана.

По литературным источникам выполнен анализ основных видов пористых адсорбентов. Они подразделяются на активные угли, силикагели, активный оксид алюминия, пори-

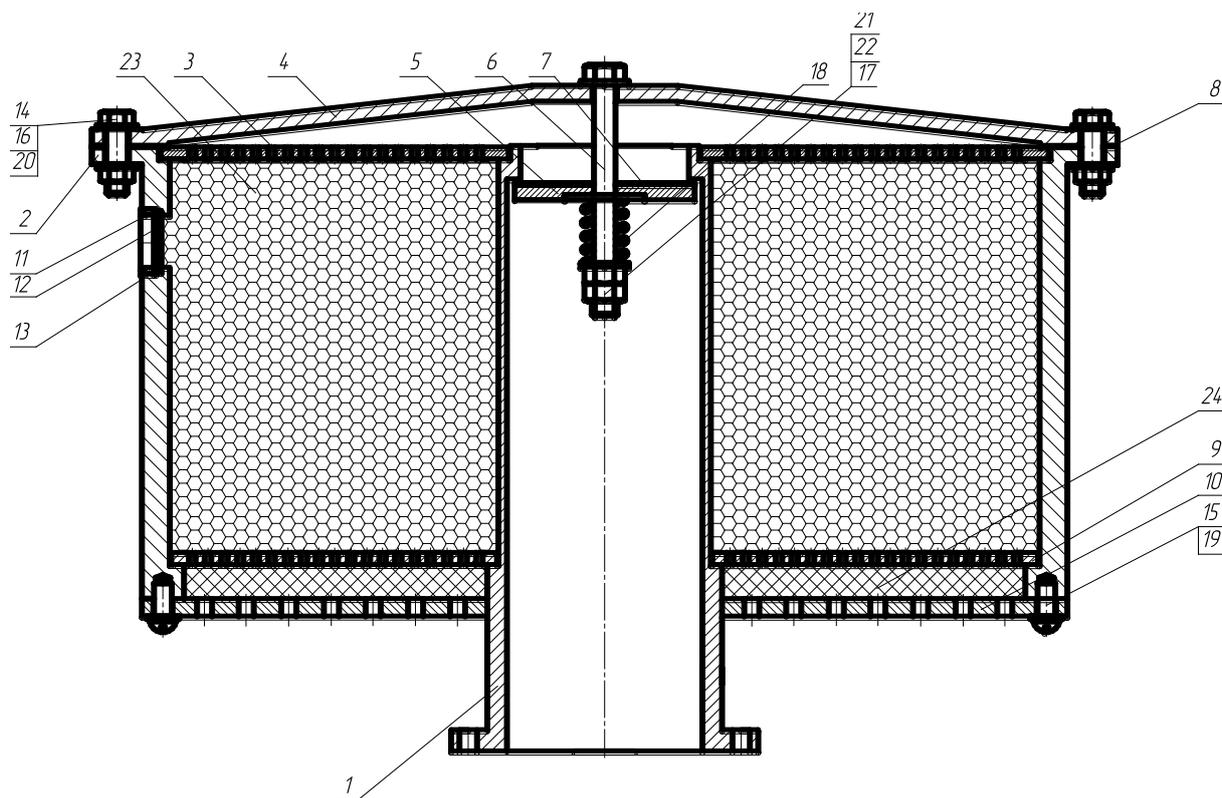


Рис. 2. Влагопоглотитель:

1 – патрубок; 2 – корпус; 3, 9 – проставка; 4 – крышка; 5 – клапан; 6 – шток; 7, 8, 13 – прокладка;
10 – основание; 12 – смотровой глазок; 14 – болт; 15 – винт; 16, 17 – гайка; 18 – пружина;
19–22 – шайба; 23 – адсорбент; 24 – воздушный фильтр.

стые стекла, природные глинистые породы, цеолиты (природные, синтетические общего назначения, синтетические кислотостойкие) и смешанные адсорбенты.

В результате анализа установлено, что в качестве адсорбента для поглощения паров воды наиболее эффективно применять силикагель по ряду следующих преимуществ [3, 4]:

- низкая температура, требуемая для регенерации (110–200 °С), и, как следствие, более низкие энергозатраты;
- возможность синтеза силикагелей в широком интервале заданных структурных характеристик при использовании достаточно простых технологических приемов;
- низкая себестоимость при производстве;
- высокая механическая прочность по отношению к истиранию и раздавливанию.

Перед применением сухой силикагель в течение 10-ти ч смешивается с 7,5%-ным

водным раствором гексагидрата хлорида кобальта. Готовый к эксплуатации силикагель получает окраску ярко-синего цвета. При поглощении воды, он меняет окраску от синей через фиолетовую до розовой (в зависимости от количества адсорбированной силикагелем воды). Такое изменение цвета позволяет определить, когда необходима замена адсорбента. Розовая окраска соответствует сроку замены или регенерации адсорбента (табл. 1).

Для контроля степени насыщения адсорбента водой служит смотровой глазок 12 (рис. 2), в который можно наблюдать изменение окраски адсорбента.

Авторами разработаны рекомендации по определению ориентировочного срока эксплуатации адсорбента влагопоглотителя в зависимости от температуры окружающей среды и абсолютного влагосодержания воздуха по объему, поступившего в резервуар воздуха в результате «больших дыханий» (табл. 2).

После определения ориентировочного ресурса адсорбента, через смотровой глазок 12 влагопоглотителя производится контроль окраски силикагеля и определяется степень влагонасыщенности адсорбента согласно табл. 2. После того, как микропоры адсорбента полностью заполнились парами воды, на что указывает розовый цвет гранул силикагеля через смотровой глазок 12, адсорбент можно использовать вновь после его регенерации, путем нагревания.

При нагревании насыщенного водой силикагеля до 200 °С и выдержки в течение 1,5 ч происходит удаление физически адсорбированной воды и восстановление его адсорбционных свойств.

В случае дальнейшего повышения температуры начинается выделение воды за счет ОН-групп поверхности, что приводит к их разрушению и ухудшению адсорбционных свойств силикагеля.

Таблица 1

**Зависимость окраски силикагеля
от степени влагонасыщенности адсорбента водой**

Параметр	Окраска адсорбента					
	синий	сине-фиолетовый	темный сине-фиолетовый	розово-фиолетовый	красный	розовый
Степень влагонасыщенности силикагеля, %	0	5	25	50	75	100

Таблица 2

**Рекомендации по определению ресурса эксплуатации
адсорбента влагопоглотителя**

Объем поступившего воздуха в РВС-3000, м ³	Температура окружающей среды, °С														
	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
	Абсолютное влагосодержание воздуха, г/м ³														
	0,15	0,5	1,0	1,6	2,1	2,7	3,6	4,8	6,7	9,4	12,5	19,0	26,0	35,0	44,0
1200															
1600															
2000															
3000															
4400															
6000															
8400															
11600															
15600															
20800															
26600															
35000															
56000															
112000															
373400															

Заключение

Внедрение предложенной системы на предприятиях гражданской авиации и других объектах топливообеспечения позволит значительно сократить обводнение и потери топлива от испарения, что приведёт к снижению загрязнения окружающей среды, сокращению экономических потерь предприятий, сохранению качественного и количественного состава топлив и повышению пожаровзрывобезопасности резервуарных парков складов горюче-смазочных материалов.

Литература

1. Арбузова Ф.Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Арбузова. – М.: Недра, 1981.
2. Кайзер Ю.Ф. Система хранения авиационных топлив // Перспективы развития Восточного Донбасса: сб. науч. тр. Ч. 1 / Шахтинский ин-т (филиал) ГОУ ВПО ЮРГТУ

(НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2010. – с. 225-228.

3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники: 2-е изд. – М., 1984. – 247 с.
4. Аксельруд Г.А. Введение в капиллярно-химическую технологию / Г.А. Аксельруд, М.А. Альтшулер. – М.: Химия, 1983. – 264 с.

References

1. Arbuzova F.F. Loss control of oil and petroleum products during transportation and storage. – Moscow: Nedra, 1981.
2. Kayzer Y.F. Storage of aviation fuels // Processing of Eastern Donbas Prospects. Part 1. – Novochoerkassk SRSTU, 2010. – P. 225-228.
3. Keltsev N.V. Fundamentals of adsorption technology: 2nd ed. – Moscow, 1984. – 247 p.
4. Akselrud G.A. Introduction to the capillary-chemical technology. – Moscow: Chemistry, 1983. – 264 p.

Статья поступила в редакцию 20 января 2013 г.

Кайзер Юрий Филиппович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Авиационные горюче-смазочные материалы» Института нефти и газа Сибирского федерального университета. E-mail: Kajser170174@mail.ru

Горбунова Любовь Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» Политехнического института Сибирского федерального университета. E-mail: Brigitta_81@mail.ru

Лысянников Алексей Васильевич – ассистент кафедры «Авиационные горюче-смазочные материалы» Института нефти и газа Сибирского федерального университета. E-mail: Lysynnikov.Alek@mail.ru

Kayzer Yuriy Phillipovich – Ph.D., Oil and Gas Institute of the Siberian Federal University. E-mail: Kajser170174@mail.ru

Gorbunova Lyubov Nikolaevna – Ph.D., Siberian Federal University. E-mail: Brigitta_81@mail.ru.

Lysyannikov Aleksey Vasiljevich – Teacher, Oil and Gas Institute of the Siberian Federal University. E-mail: Lysynnikov.Alek@mail.ru