

НОВЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ларин А.Н., Гарбуз С.В., Ковалёв А.А.

Национальный университет гражданской защиты Украины
ул.Чернышевского, 94, 61000, г. Харьков

На примере резервуара РВС-5000 показана экологическая опасность процесса его дегазации, произведён расчёт концентрации вредных веществ (углеводородов) в атмосферном воздухе для действующего в Украине способа дегазации на всех его стадиях. Основана необходимость изучения международного опыта по внедрению установок улавливания паров углеводородов. Предложено использование нового эжекторно-вихревого способа принудительной вентиляции резервуаров. *Ключевые слова:* дегазация резервуаров, принудительная вентиляция, вредные вещества, экологическая опасность, способ дегазации.

Новий екологічно безпечний процес примусової вентиляції резервуарів зберігання світлих нафтопродуктів. Ларін О.М., Гарбуз С. В., Ковальов О.О. На прикладі резервуара РВС-5000 показано екологічну небезпеку процесу його дегазації, здійснено розрахунок концентрації шкідливих речовин (вуглеводнів) в атмосферному повітрі для діючого в Україні способу дегазації, на всіх його стадіях. Обґрунтовано необхідність міжнародного досвіду з впровадження установок уловлювання парів вуглеводнів. Запропоновано використання нового ежекторно-вихревого способу примусової вентиляції резервуарів. *Ключові слова:* дегазация резервуарів, примусова вентиляция, шкідливі речовини, екологічна небезпека, спосіб дегазації.

New environmentally friendly process of forced ventilation of light oil storage tanks. Larin A., Garbuz S., Kovalev A. For example of tank PBC-5000 shows the environmental hazard of degassing, calculation promoted the concentration of harmful substances (hydrocarbons) in the air for operating in Ukraine degassing method, at all stages. The necessity of international experience in the implementation of hydrocarbon vapor recovery facilities is substantiated. The use of a new jet-vortex method of forced ventilation of tanks is proposed. *Keywords:* degassing of reservoirs, forced ventilation, harmful substances, ecological danger, method of degassing.

Ежегодно Украина потребляет более 20 млн т. нефти и продуктов её переработки [1], что предполагает содержание достаточно большого резервуарного парка страны. Установлено, что на 1 тонну добываемой или перерабатываемой нефти необходимый объём хранения должен составлять 0,4-0,5 м² [2].

Для надёжной и безопасной эксплуатации резервуаров хранения нефтепродуктов, согласно действующим в Украине правилам технической эксплуатации резервуаров хранения нефтепродуктов и руководству по их ремонту [3], резервуары выводятся из эксплуатации для проведения плановых, внеплановых и капиталь-

ных ремонтных работ, а также периодической очистки. Металлические резервуары подвергаются периодической зачистке в следующие сроки:

- не менее 2 раз в год – для топлив реактивных двигателей, авиационных бензинов, авиационных масел и их компонентов, прямогонных бензинов;
- не менее 1 раза в год – для присадок к смазочным маслам и масел с присадками;
- не менее 1 раза в два года – для остальных масел, автомобильных бензинов, дизельных топлив, парафинов и других аналогичных им по физико-химическим свойствам нефтепродуктов.
- от 2 раз в год до 1 раза в два года (по условиям сохранения качества нефтепродукта) – для мазутов, моторных топлив и других, аналогичных по свойствам нефтепродуктов.

Самой сложной и экологически опасной технологической операцией выполняемой при выводе резервуаров с остатками нефтепродуктов из эксплуатации, является их дегазация [4].

При дегазации резервуара в атмосферный воздух поступает значительное количество углеводородных паров, что вызывает негативные последствия:

- пары углеводородов высокотоксичны и оказывают отравляющее действие на организм человека и прилегающие экосистемы;
- пары углеводородов легковоспламеняемы, вытеснение из резервуара значительного количества углеводородных паров повышает пожарную опасность процесса дегазации;
- прямой экономический ущерб вследствие потерь нефтепродукта при рассеивании паров углеводородов в атмосфере. При этом действующий

в Украине ВБН В.2.2 58.1 94 только рекомендует для уменьшения экономических потерь применение на резервуарах установок улавливания паров нефтепродуктов.

В Украине дегазация резервуаров хранения светлых нефтепродуктов в большинстве случаев осуществляется путём принудительной вентиляции внутреннего газового пространства. Согласно действующим в Украине правилам проведения дегазации резервуаров [5], при выбросе газовой смеси из резервуара наибольшая концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы (См) не должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации См ПДК, которая составляет 5 мг/м³. Для поддержания концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы в рамках ПДК экологически опасный процесс дегазации «растягивают» от 2 до 4 суток, разделяя его на 6 стадий:

- 1-я стадия – естественная вентиляция с открытым световым люком;
- 2-я стадия – естественная вентиляция с 2 открытыми световыми люками;
- 3-я стадия – принудительная вентиляция с подачей воздуха 3000 м³/ч;
- 4-я стадия – принудительная вентиляция с подачей воздуха 5000 м³/ч;
- 5-я стадия – принудительная вентиляция с подачей воздуха 10000 м³/ч;
- 6-я стадия – принудительная вентиляция с подачей воздуха 40000 м³/ч.

Принудительная вентиляция резервуаров хранения нефтепродуктов путём подачи атмосферного

воздуха применяется только после снижения концентрации паров нефтепродуктов в резервуаре ниже 0,5 нижнего предела воспламенения (НПВ), поэтому на 1 и 2 стадиях применяется естественная вентиляция.

При отсутствии залпового выброса вредных веществ (углеводородов) в атмосферный воздух опасность для здоровья человека и прилегающих экосистем возможна и при продолжительном воздействии малых выбросов, учёт которых обязателен при оценке экологической опасности дегазации. Поэтому в Европейском союзе (ЕС) директивой 94/63/ЕС введены нормативы на улавливание паров углеводородов. К 2000 году все АЗС, а к 2004 г. все резервуарные парки нефтебаз и терминалы загрузки светлых нефтепродуктов (в том числе и автоцистерны), эксплуатируемые в странах ЕС, были оснащены системами улавливания паров, обеспечивающих полноту улавливания от 98% углеводородов [6].

В странах ЕС, США, Канаде и Японии законодательно ограничены выбросы паров углеводородов из резервуаров на уровне 98-99%. Эксплуатируемые в этих странах резервуары оснащены различными типами установок для улавливания паров углеводородов. Наибольшее распространение, здесь получили установки для улавливания паров, основанные на следующих принципах работы [7-9]:

1. Углеродно-вакуумная адсорбция (CVA по классификации ЕС) – эффективный и простой в эксплуатации технологический процесс рекуперации паров, благодаря чему он является самой популярной технологией в мире. Узел CVA состоит из двух оди-

наковых емкостей, наполненных активированным углем (рис 1). Каждая емкость может работать в двух режимах: «режим адсорбции» и режим «вакуумной регенерации». Емкость, готовую к режиму адсорбции, подключают к газоуравнительной линии и начинают пропускать через нее воздушную смесь, насыщенную углеводородами. Углеводороды адсорбируются на поверхности активированного угля, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. После насыщения угля емкость переводится в режим вакуумной регенерации, во время которого насыщенный углеводородный пар выкачивается вакуумными насосами из активированного угля и направляется в абсорбционную колонну. В этой колонне большая часть углеводородов абсорбируется встречным потоком жидкого абсорбента поступающего из резервуарного парка или трубопровода. Присутствующий при этом незначительный объем воздуха, попавший во время воздушной продувки на стадии регенерации, выходит через верхнюю часть абсорбционной колонны, что приводит к потере незначительной части углеводородов, подлежащих в дальнейшем возврату в угольный адсорбер, находящийся в стадии адсорбции. Поочередно используя емкости в режимах адсорбции и регенерации, получают систему, работающую непрерывно.

2. Углеродно-вакуумное конденсирование под давлением (CVPC по классификации ЕС) технологически представляет ту же углеродно-вакуумную адсорбцию (CVA), но дополненную узлом циркуляции и компрессии абсорбента внутри установки (рис 2), которое используется в слу-

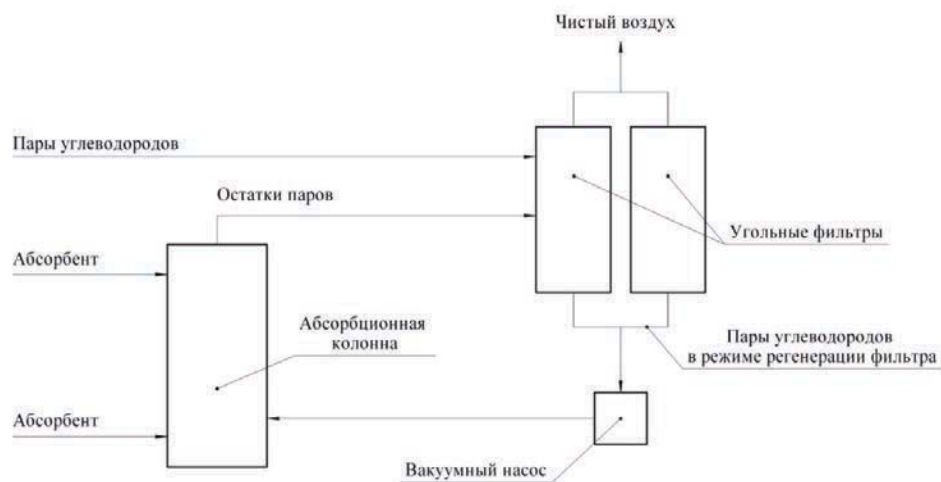


Рис. 1. Технологическая схема углеродно-вакуумной адсорбции

чае отсутствия возможности подачи свежего абсорбента из резервуарного парка. Все восстановленные пары сжимаются и содержатся в установке в качестве абсорбента до тех пор, пока восстановленный продукт не будет возвращен в соответствующую емкость хранения.

3. Холодная жидкая абсорбция (CLA по классификации ЕС) – двухступенчатый процесс атмосферной абсорбции (рис 3.). На первом этапе пары направляются в абсорбционную колонну, где они абсорбируются потоком холодного керосина. Не абсорбированные пары остаются в верхней части колонны, а

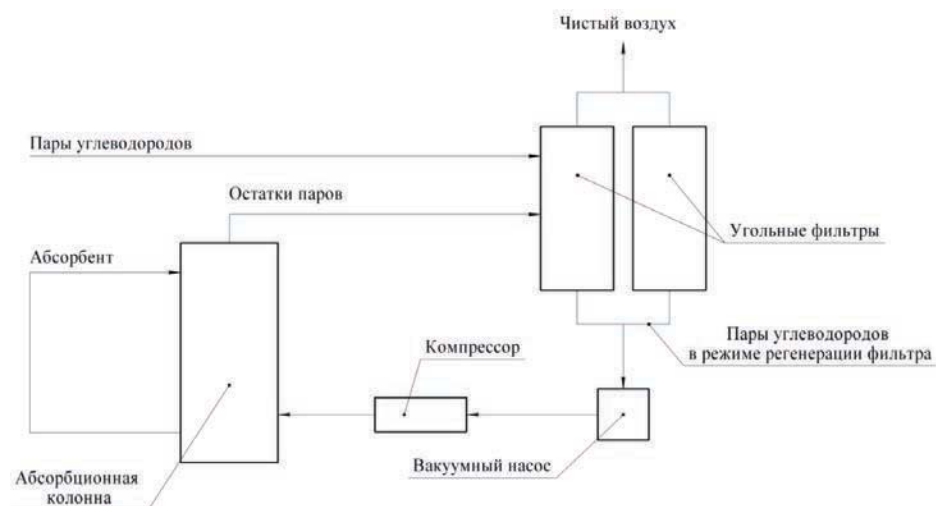


Рис. 2. Технологическая схема углеродно-вакуумного конденсирования под давлением

смесь абсорбированных/конденсированных углеводородов и обогащенный керосин перекачиваются в головную технологическую часть установки. Обогащенный керосин предварительно подогревается и направляется в десорбционную колонну, а очищенный возвращается в абсорбционную колонну. Десорбированные углеводороды высвобождаются через верхнюю часть десорбера, охлаждаются и направляются в абсорбционную колонну второй ступени, где в качестве абсорбента используется сырая нефть.

4. Мембранная фильтрация выполняется путём разделения паровоздушной смеси на азеотропных мембранах, обладающих определенной селективностью (рис. 4). При поступлении углеводородных паров на установку первой стадией является их компрессия, после чего смесь попадает в конденсатор, где происходит частичная конденсация. Затем смесь перекачивается в сепаратор, где отделяется от конденсированного продукта и после сепаратора возвращается из установки в резервуар хранения. Оставшаяся часть ПВС проходит через мембрану, которая улав-

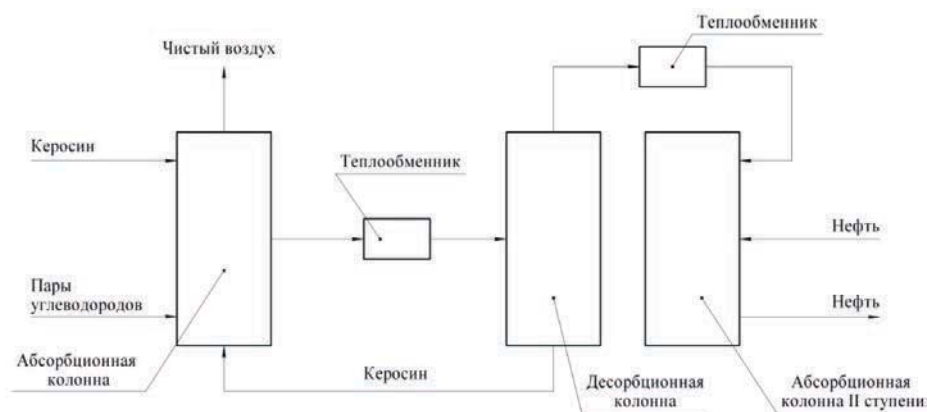


Рис. 3. Технологическая схема холодной жидкой абсорбции

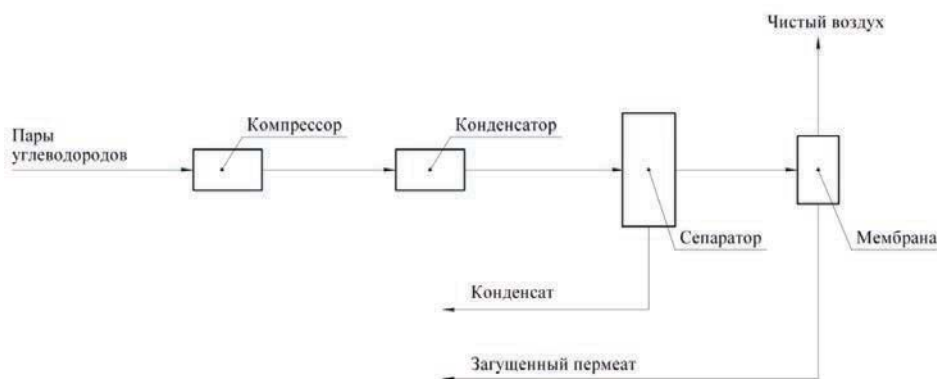


Рис. 4. Технологическая схема мембранной фильтрации

ливают большую часть углеводородов. После прохождения мембраны чистый воздух выводится в атмосферу, а часть ПВС в виде загущенного пермеата возвращается в резервуар, где конденсация происходит естественным путем, а абсорбентом является продукт, находящийся в резервуарах.

Для повышения экологической и пожарной безопасности процесса дегазации резервуаров существуют способы проведения дегазации с подачей во внутреннее пространство резервуара инертных газов [10] и с применением различных схем подачи и отведения воздуха [11, 12].

Постановка задачи и её решение. Для повышения экологической

безопасности процесса дегазации резервуаров необходимо определить экологическую опасность существующего способа проведения дегазации резервуаров и разработать технические решения и рекомендации, направленные на снижение уровня экологической опасности дегазации путём использования системы улавливания паров углеводородов.

Для определения степени негативного экологического воздействия и основных технологических параметров существующего способа принудительной вентиляции резервуаров для хранения светлых нефтепродуктов создан экспериментальный стенд (ЭС), геометрически подобный резервуару

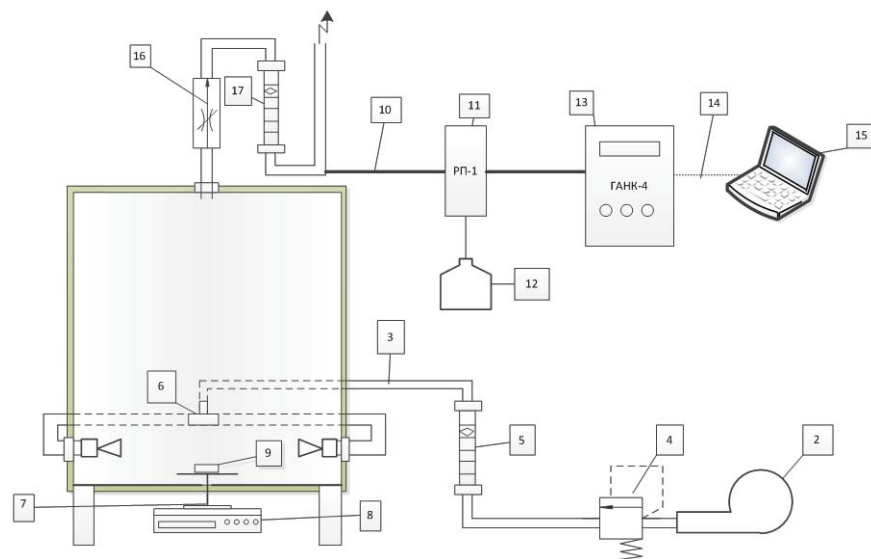


Рис. 5. Принципиальная схема экспериментальной установки

1 – экспериментальный резервуар; 2 – воздуходувка (вентилятор); 3 – линии подачи воздуха; 4 – клапан сброса избыточного давления воздуха; 5 – ротаметр; 6 – тройник; 7 – штатив; 8 – электронные весы «AND EK-1200i»; 9 – емкость с нефтепродуктом; 10 – поливиниловые трубки для отбора проб на газовый анализ; 11 – разбавитель (РП-1); 12 – сорбционный фильтр (ФС-1); 13 – газоанализатор универсальный «ГАНК-4»; 14 – кабель для подключения к ПЭВМ; 15 – ПЭВМ; 16 – регулируемая заслонка на линии удаления паров (имитация фильтра); 17 – ротаметр; 18 – воздушные эжекторы

РВС-5000, объемом 5000 м³ [13], схема которого представлена на рис. 5.

ЭС изготовлен из органического стекла толщиной 3 мм в виде вертикального цилиндрического сосуда и конструктивно представляет собой сосуд. Масштаб ЭС равен 1:17 от промышленного резервуара РВС-5000.

Исходные данные, используемые в расчетах, и результаты проведенного эксперимента показаны в таблице 1.

Продолжительность каждого этапа вентиляции рассчитывается по формуле [14]:

$$\tau = \frac{V}{q \cdot \eta} \cdot \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (1)$$

где V – вместимость резервуара (5000 м³); q – производительность вентиляции м³/ч; C₁, C₂, г/м³ – концентрация паров нефтепродуктов до и после вентиляции;

η – коэффициент, учитывающий условия выхода газовой смеси.

Коэффициент η для каждого этапа вентиляции определяют по формуле:

$$\eta = 0,54 \cdot \left(\frac{q}{v} \right) \cdot 0,132, \quad (2)$$

Таблица 1

**Исходные расчётные данные и результаты эксперимента
д пересчёте для резервуара РВС-5000**

Параметр вентиляции и выбросов паров нефтепродуктов	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4	Стадия 5	Стадия 6
Вместимость резервуара V	5000 м ³					
Концентрация паров нефтепродуктов до начала вентиляции C ₁ (C>0,5 НПВ)	300 г/м ³	100 г/м ³	50 г/м ³	10 г/м ³	5 г/м ³	0,3 г/м ³
Концентрация паров нефтепродуктов после вентиляции C ₂	100 г/м ³	50 г/м ³	10 г/м ³	5 г/м ³	0,3 г/м ³	0,1 г/м ³
Количество газоотводных труб	1	1	1	1	1	2
Диаметр устья трубы	0,16 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м	0,25 м
Высота трубы	14,9 + 2 = 16,9 м (14,9 м – высота резервуара; 2 м – высота газоотвода)					
Производительность вентиляции Q	500 м ³ /ч	1000 м ³ /ч	3000 м ³ /ч	5000 м ³ /ч	10000 м ³ /ч	40000 м ³ /ч
	0,14 м ³ /ч	0,28 м ³ /ч	0,83 м ³ /ч	1,4 м ³ /ч	2,8 м ³ /ч	11,1 м ³ /ч
Скорость выхода газовой смеси v	5,6 м/с	5,6 м/с	16,8 м/с	28 м/с	50 м/с	50 м/с

где q – производительность вентиляции; v – скорость выхода газовой смеси.

Количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу для каждого этапа вентиляции, определяют по формуле [14]:

$$M = \frac{V \cdot (C_1 - C_2)}{1000}, \quad (3)$$

где V – вместимость резервуара (5000 м³); q – производительность вентиляции м³/ч; C_1, C_2 , г/м³ – концентрация паров нефтепродуктов до и после вентиляции;

Выброс паров нефтепродуктов в секунду для каждого этапа вентиляции рассчитываем по формуле:

$$m = \frac{M}{3600 \cdot \tau}, \quad (4)$$

где M – количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу на каждом этапе вентиляции; τ – продолжительность этапа вентиляции.

Результаты расчета значений формул 1-4 представлены в таблице 2.

Результаты выполненных расчетов показывают значительную экологическую опасность существующего процесса дегазации резервуаров для

здоровья человека и прилежащих экосистем. Процесс принудительной вентиляции резервуара РВС-5000 занимает 91,15 часа, при этом в атмосферный воздух поступает 1,5 т паров нефтепродуктов.

Использование установок улавливания паров углеводородов из резервуаров в сочетании с действующим в Украине технологическим регламентом проведения дегазации резервуара путём принудительной вентиляции не возможно из-за наличия аэродинамического сопротивления (перепада давлений) в этих установках, которое составляет 250-450 Па [15]. Наличие аэродинамического сопротивления установки улавливания паров углеводородов не позволяет организовать 1 и 2 стадии естественной вентиляции резервуара.

Учитывая необходимость применения фильтрационной системы для улавливания паров углеводородов из резервуаров и повышения общей эффективности принудительной вентиляции резервуаров, предложен принципиально новый, эжекторно-вихревой способ подачи приточного воздуха во внутреннее пространство резервуара, суть которого состоит в следующем:

Таблица 2

Характеристики процесса принудительной вентиляции

Параметр вентиляции и выбросов паров нефтепродуктов	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4	Стадия 5	Стадия 6
Продолжительность вентиляции	54 ч.	17,2 ч.	11,5 ч.	2,75 ч.	1,3 ч.	4,4 ч.
Коэффициент η	0,30	0,40	0,47	0,46	0,55	0,64
Количество нефтепродуктов, удаляемых в атмосферу	1000 кг	250 кг	200 кг	25 кг	23,5 кг	1,0 кг
Выброс паров нефтепродуктов в секунду	5 г/с	4 г/с	3,5 г/с	2,5 г/с	1,48 г/с	0,06 г/с

- для интенсификации конвективного массообмена и степени перемешивания внутреннего и подаваемого воздуха с парами нефтепродукта подача воздуха осуществляется с использованием воздушного эжектора, который устанавливается внутри резервуара, на внутреннем фланце люка-лаза (рис. 6).

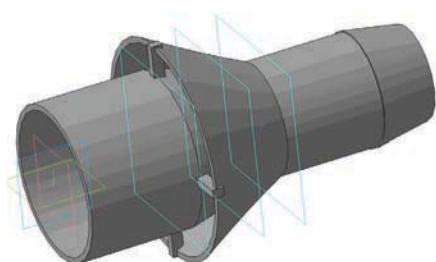


Рис. 6. Воздушный эжектор

- для обеспечения постоянной подвижности воздуха во внутреннем пространстве резервуара и создания восходящего воздушного потока путём закручивания подаваемого и имеющегося в резервуаре воздуха вдоль его стенок предложено при проведении принудительной вентиляции резервуара подачу воздуха осуществлять с двух осисимметричных (противоположных) сторон резервуара (рис. 7). При этом для создания кругового движения воздуха воздушные эжекторы размещены под углом к внутренней стенке резервуара.

Эффективность дегазации резервуаров оценивается временем, за которое концентрация паров углеводородов во внутреннем пространстве резервуара достигнет требуемого значения, как правило, 2 мг/м³. Поэтому время дегазации является общепризнанным критерием технико-экономической эффективности.

Для оценки эффективности предложенного «эжекторно-вихревого» способа принудительной вентиляции резервуаров проведены экспериментальные исследования изменения потерь масс однокомпонентных и многокомпонентных жидкостей в сравнении с существующим способом. При обработке опытных данных по потере массы жидкостями в процессе вентиляции использовали средние относительные значения величин массы, которые выражены формулой:

$$\bar{m} = \frac{m_i}{m_{av}}, \quad (5)$$

где m_i – масса жидкости в i -ую единицу времени, гр.

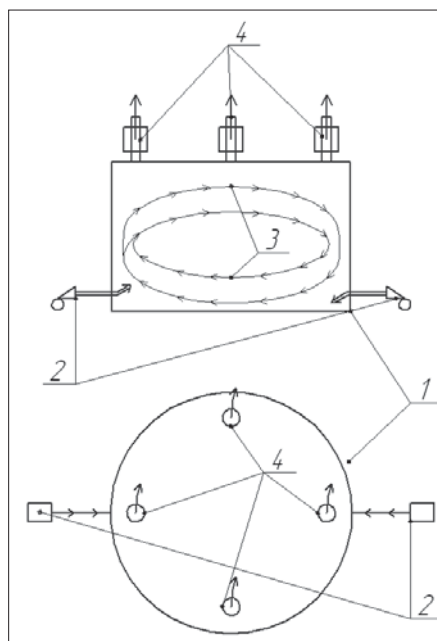


Рис. 7. Принципиальная схема эжекторно-вихревого способа подачи приточного воздуха во внутреннее пространство резервуара: 1 – резервуар; 2 – ветродуйный агрегат; 3 – тип воздушных потоков внутри резервуара; 4 – система фильтрации исходящего воздуха

m_ж – масса заливки жидкости в экспериментальную емкость, гр.

В качестве однокомпонентных жидкостей использовались вода и толуол, многокомпонентных – бензин А-92 и дизельное топливо. При проведении эксперимента подача и отведение воздуха осуществлялись по следующим схемам:

- существующий способ подачи и отведения воздуха;
- существующий способ подачи воздуха, дополненный фильтрующей системой и исключающий 1 и 2 стадии естественной вентиляции;
- эжекторно-вихревой способ подачи воздуха с отведением паровоздушной смеси через фильтрующую систему, при этом исключаются 1 и 2 стадии естественной вентиляции.

Система фильтрации паров углеводородов смоделирована регулируемой шиберной задвижкой, создающей перепад давлений на линии отведения паровоздушной смеси в 250 Па. При проведении эксперимента в 17 мерных емкостях, равномерно расположенных на дне ЭС, заливался равный объем исследуемой жидкости (50 мл.). Затем

резервуар закрывался и в их пространство подавался приточный воздух от вентилятора. При помощи секундомера засекался промежуток времени (60 мин.), по истечению которого подача приточного воздуха прекращалась, емкости накрывались специальными крышками и взвешивались. При вычитании из массы емкости, взвешенной до начала опыта, массы емкости, взвешенной после его завершения, устанавливалась масса жидкости, оставшаяся в емкости и масса жидкости, испарившаяся в процессе вентиляции. Результаты проведенных экспериментов представлены на рисунках 8-11.

Результаты экспериментальных исследований показывают крайне низкую скорость потери массы однокомпонентных и многокомпонентных жидкостей для существующего способа подачи воздуха, дополненного фильтрующей системой. При этом скорость изменения относительных значений потери масс для предложенного «эжекторно-вихревого» способа подачи воздуха существенно выше для всех исследуемых жидкостей. Зависимость изменения относительных значений

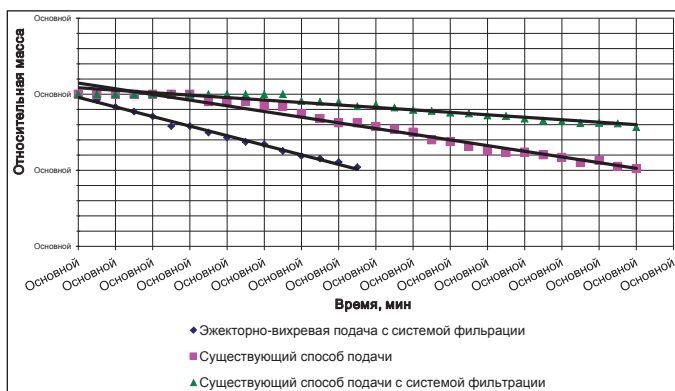


Рис. 8. Зависимость потери массы воды при исследуемых схемах подачи приточного воздуха

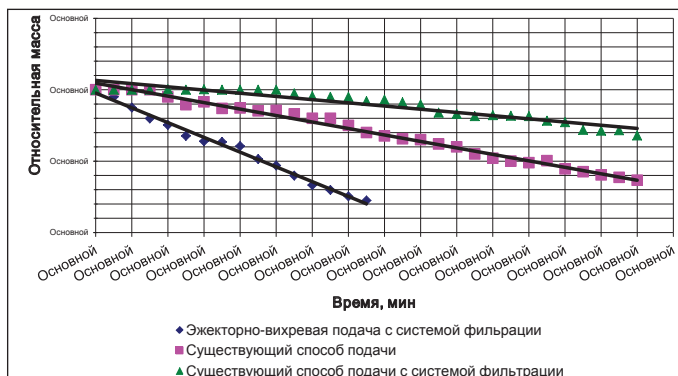


Рис. 9. Зависимость потери массы толуола при исследуемых схемах подачи приточного воздуха

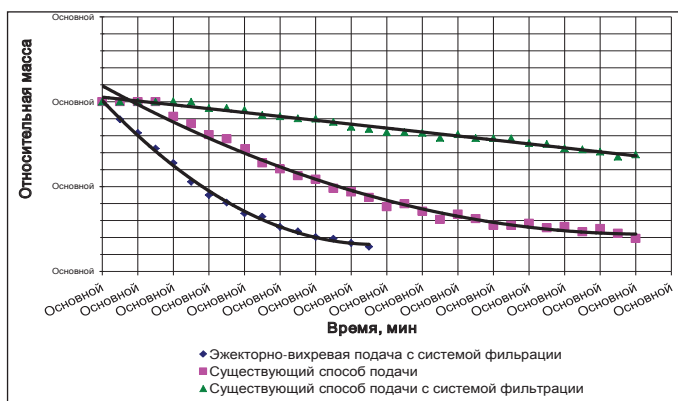


Рис. 10. Зависимость потери массы бензина АИ-92 при исследуемых схемах подачи приточного воздуха

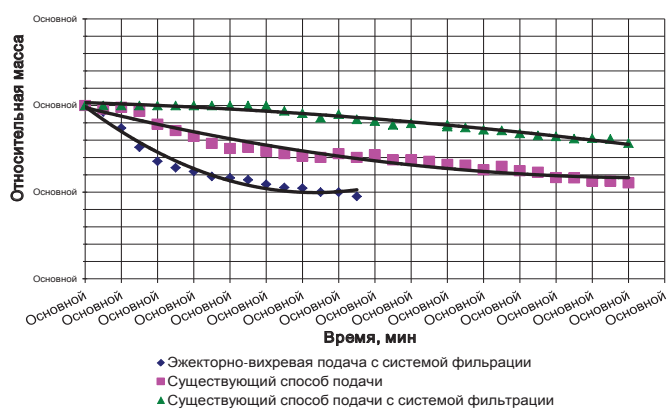


Рис. 11. Зависимость потери массы дизельного топлива при исследуемых схемах подачи приточного воздуха

потерь массы является линейной для однокомпонентных жидкостей и нелинейной – для многокомпонентных.

Выводы

Для повышения экологической безопасности дегазации резервуаров обоснована необходимость применения фильтрующих систем при дегазации резервуаров. Разработан экспериментальный стенд геометрически

подобный промышленному резервуару РВС-5000, который позволил оценить экологическую опасность процесса принудительной вентиляции и изучить закономерности процесса вентиляции резервуаров с остатками нефтепродуктов. Разработан новый эжекторный способ подачи воздуха во внутреннее пространство резервуаров, на основании которого создана новая технология принудительной вентиляции резервуаров;

Литература

1. Статистический ежегодник «Украина в цифрах». Государственный комитет статистики Украины. – К., 2014. – 600 с.
2. Ларионов В.И. Оценка и обеспечение безопасности объектов хранения и транспортировки углеводородного сырья [Текст] / В.И. Ларионов. – СПб.:ООО «Недра», 2004. – 190 с.
3. Временная инструкция по дегазации резервуаров от паров нефтепродуктов методом принудительной вентиляции. Утв. Госкомнефтепродуктом РСФСР 08.09.1981 г. – М. : Стройиздат, 1982. – 32 с.
4. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / М.В. Бесчастнов. – М.: Химия, 1991. – 430 с.
5. Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов. Утв. Госкомнефтепродуктом СССР 10.11.89. – М. : Стройиздат, 1990. – 41 с.
6. EU (1994). European Parliament and Council Directive 94/63/EC of 20 December 1994 on the control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations [Текст] Official Journal L 365. 1994.
7. European Commission (2006). Integrated Pollution Prevention and Control Best Available Techniques on Emissions from Storage, July 2006.
8. AEAT (2001). Measures to reduce emissions of VOCs during loading and unloading of ships in the EU [Текст] Report No AEAT/ENV/R/0469 Issue 2 – AEA Technology, Abingdon. 2001.
9. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). Environmental Code of Practice for Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks. Prepared by the National Task Force on Vapour Recovery in Gasoline Distribution Networks [Текст] – CCME. Canada. 1991
10. Yinchang Li. Experimental study on inert replacement ventilation of oil vapor in oil tank [Текст] / Yinchang Li, Yang Du, Peili Zhang // Department of Petroleum Supply Engineering, Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China.– 2012. – 45. – С. 546-551
11. Robinson M. Recommendations for the design of push-pull ventilation systems for open surface tanks [Текст] / M. Robinson, D.B. Ingham // The Annals of Occupational Hygiene. – 1996. – 6. – С. 693–704
12. Fardell P.J. The evaluation of an improved method of gas-freeing an aviation fuel storage tank [Текст] / P.J. Fardell, B.W. Houghton // Journal of Hazardous Materials. – 1976. – 1(3). – С. 237–251
13. Выбор технических средств для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров и транспортных емкостей. Методическое пособие / И.С. Бронштейн, В.Ф. Вохмин, В.Е. Губин, П.Р. Ривкин. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1969. – 182 с.
14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Утв. Госкомитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 04.08.86. – СПб ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ. – 1986. – 79 с.
15. Кулагин А.В. Прогнозирование и сокращение потерь бензинов от испарения из горизонтальных подземных резервуаров АЗС / А.В. Кулагин. – Уфа, Спектр, 2003. – 154 с.