

УДК 504.064:62-641

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ
УТЕЧЕК НЕФТЕПРОДУКТОВ****Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю.***Казанский (Приволжский) федеральный университет, Елабужский институт, Елабуга,
e-mail: danilov-fedor@mail.ru*

В статье рассмотрена проблема потерь нефтепродуктов от утечек при их хранении, приеме и выдаче на нефтебазах и складах горючего. Они являются объектами, которые проливами нефтепродуктов, а также их утечками представляют потенциальную и реальную опасность для окружающей среды. В результате эксплуатационных и аварийных потерь нефтепродукты попадают в атмосферный воздух, сточные воды и почву. Размеры этих утечек могут быть весьма велики, так как обнаруживаются они не сразу и предотвратить их возникновение крайне трудно. Существующая конструкция горизонтальных резервуаров и технология их монтажа практически не позволяют производить периодические осмотры и осуществлять контроль степени коррозии их стенок и днищ. Имеющиеся технические средства экологического контроля недостаточно эффективны. Пролиты и утечки нефтепродуктов, особенно из заглубленных резервуаров, долгое время могут оставаться незамеченными, что приводит к крупномасштабным загрязнениям окружающей среды. Это ухудшает экологическую обстановку в крупных мегаполисах, так как большинство нефтебаз, складов горючего и автозаправочных станций расположено в пределах или вблизи городов. Проанализированы причины и структура потерь углеводородов. Приведена сравнительная характеристика существующих способов для раннего обнаружения утечек нефтепродуктов и оценка их эффективности. Предложены два новых способа и устройства для эффективного обнаружения утечек углеводородов в процессе их хранения, приема и выдачи. Показано, что данные устройства позволяют обеспечить эффективное обнаружение утечек нефтепродуктов, а также повысить эффективность экологической защиты на современных автозаправочных комплексах и нефтебазах.

Ключевые слова: нефтепродукты, утечка, нефтебаза, склад горючего, резервуар, окружающая среда, система автоматического обнаружения

AUTOMATED SYSTEM FOR LEAK DETECTION OF OIL PRODUCTS**Danilov V.F., Shurygin V.Yu.***Kazan (Volga Region) Federal University, Elabuga Institute, Elabuga, e-mail: danilov-fedor@mail.ru*

The article considers the problem of losses of oil products from leaks during their storage, reception and delivery at oil depots and fuel depots. They are the objects that spills of oil products, as well as their leaks, represent a potential and real danger to the environment. As a result of operational and accidental losses, petroleum products enter the atmosphere, sewage and soil. The dimensions of these leaks can be very high, since they are not immediately detected and it is extremely difficult to prevent their occurrence. The existing design of horizontal tanks and the technology of their installation practically do not allow for periodic inspections and control of the degree of corrosion of their walls and bottoms. The available technical means of environmental monitoring are not effective enough. Spills and leaks of petroleum products, especially from buried tanks, can go unnoticed for a long time, which leads to large-scale pollution of the environment. This worsens the ecological situation in large megacities, since most of the oil depots, fuel depots and gas stations are located in or near cities. The causes and structure of hydrocarbon losses are analyzed. Comparative characteristics of existing methods for early detection of oil product leaks and an assessment of their effectiveness are given. Two new methods and devices are proposed for effective detection of hydrocarbon leaks during their storage, reception and delivery. It is shown that these devices allow to provide effective detection of oil product leaks, as well as to increase the efficiency of environmental protection at modern refueling complexes and oil depots.

Keywords: oil products, environment, tank farm, fuel storage, tank, leak, automatic detection system

Нефтебазы и склады горючего являются объектами, которые в силу специфики своей деятельности и выполняемых функций представляют потенциальную и реальную опасность для окружающей среды [1]. Основным источником загрязнения являются хранящиеся на них нефтепродукты, которые в результате эксплуатационных и аварийных потерь, а также в результате испарения попадают в атмосферный воздух, сточные воды и почву.

Размеры этих утечек могут быть весьма велики [2, 3]. Это объясняется в первую

очередь тем, что обнаруживаются они не сразу и предотвратить их возникновение крайне трудно. Поэтому своевременное обнаружение и определение степени загрязнения окружающей среды нефтепродуктами на нефтебазах и складах горючего является одной из важнейших задач экологического контроля и предотвращения производственных потерь дорогостоящего горючего.

Следует понимать, что окружающая среда – быстроизменяющаяся динамическая система, контроль состояния которой требует огромного числа замеров, проведе-

ние которых неавтоматическими методами затруднено и экономически невыгодно. Поэтому, а также с учетом множественности опасных источников загрязнения и необходимости постоянной информации об их состоянии в целом, задачу экологического контроля на нефтебазах и складах горючего способны решить только системы автоматизированного обнаружения утечек нефтепродуктов (САОУН) на базе перспективных методов и средств измерения. Разработка и внедрение таких систем позволит снизить потери нефтепродуктов при выполнении технологических операций, обеспечить экологическую чистоту нефтебаз и складов горючего.

Кроме того, на современных нефтебазах и складах горючего, даже при небольших авариях технологического оборудования, задержки в контроле могут привести к недопустимым загрязнениям территории. В большинстве случаев необходимо проведение экспресс-анализа с минимальной затратой времени между отбором пробы или замерами уровня горючего в резервуаре и получением результата. Идеальным является проведение непрерывного прямого контроля с помощью поточных или дистанционных анализаторов наличия утечки нефтепродуктов на нефтебазах и складах горючего, объединенных в единую САОУН.

САОУН позволяет оперативно контролировать утечки нефтепродуктов из резервуаров, предельный уровень их наполнения и степень загрязнения сточных вод склада горючего нефтепродуктами. Данная система может устанавливаться как на уже существующих, так и на строящихся складах горючего.

С учетом особенностей загрязнения почвы, сточных вод и атмосферного воздуха нефтепродуктами на складах и базах горючего можно заключить, что в качестве параметров контроля для работы САОУН наиболее целесообразными являются:

- контроль утечек нефтепродуктов из резервуаров при хранении;
- контроль содержания нефтепродуктов в грунтовой воде в дренажных колодцах.

Конструктивно САОУН должна содержать первичные преобразователи (датчики), размещенные в разных точках контролируемой среды, которые через каналы связи соединяются с устройствами обработки и отображения информации. В общем виде данную систему можно представить структурной схемой, изображенной на рис. 1.



Рис. 1. Обобщенная структурная схема САОУН: 1 – объект контроля; 2 – первичный датчик контроля; 3 – устройство обработки информации; 4 – устройство индикации

Системы могут отличаться в основном по способам и принципам выполнения отдельных блоков, передачи информации об измеряемых параметрах, а также средствами регистрации, отображения и хранения информации.

Первичные преобразователи системы выбираются и устанавливаются в зависимости от характера и количества параметров контроля, а также места установки датчика и требований, предъявляемых к выходному сигналу. Для передачи информации об измеренных параметрах используется аналоговый или цифровой способ. Первый удобен и прост в реализации, второй обеспечивает высокую точность, но требует дополнительных затрат на аппаратуру преобразования аналоговых сигналов в цифровую информацию. В качестве передающих каналов используются телефонные, радио и оптические каналы. Регистрация и хранение информации в системах осуществляется следующими средствами: самописцами, записью на диски, информационные табло и т.п. Для управления работой всей системой и обработки полученной информации используются специализированные измерительно-вычислительные комплексы.

Существующие в настоящее время методы и средства обнаружения утечек из резервуаров в основном реализованы двумя способами:

- контроль по изменению объема (уровня) нефтепродукта;
- контроль по обнаружению нефтепродукта вне резервуара.

Наиболее целесообразный принцип построения САОУН для резервуарного парка – параллельный, в ждущем режиме. Датчики в такой системе работают по принципу сигнализаторов и срабатывают при отклонении контролируемого параметра от заданного значения на определенную величину. При этом сама система работает в режиме ожидания сигнала об изменении экологической обстановки от всех датчиков.

Данная система технически проще и надежней, чем системы на основе измерительно-вычислительных комплексов, хотя и требует разработки соответствующих первичных датчиков контроля, реализованных на перспективных методах измерения с однотипными измерительными преобразователями. В связи с этим к датчикам контроля САОУН должны быть предъявлены следующие требования: высокая точность измерения; унифицированный выходной сигнал; высокая надежность; взрывопожаробезопасность; непрерывный режим работы; автономность применения.

Существующие методы и средства экологического контроля не удовлетворяют в полном объеме этим требованиям. Поэтому была поставлена задача по разработке автоматизированных методов и средств экологического контроля, способных работать в качестве датчиков в составе САОУН.

В настоящее время на нефтебазах и складах горючего имеются автоматизированные системы учета типа «Уровень», «Утро-3», «Радиус», «Квант», «Кор-Вол», SAAB Radar Control, ENRAF и VEEDER-ROOT. Их измерительно-вычислительные системы, кроме трех последних, обеспечивают измерение уровня нефтепродукта в резервуаре и средней температуры, сигнализацию оперативных уровней, вычисление объема нефти (нефтепродуктов). Система действует по принципу следящего регулирования за перемещением поплавка на поверхности нефти. Для измерения средней температуры используется комплект термометров сопротивления, смонтированных на несущей трубе, следящей за изменением уровня жидкости при помощи поплавка.

Система типа SAAB Radar работает по принципу отражения луча радара от верхней поверхности уровня жидкости в резервуаре [4]. Все перечисленные системы являются, по сути, только уровнемерами. Плотность продукта при этом приходится определять вручную по отобраным пробам. Затем все данные вводятся в компьютер, и производятся расчеты объема и массы нефтепродукта в резервуаре.

В отличие от этих измерительных систем устройство ENRAF является гибридной системой, в которой имеется уровнемер и датчик давления, расположенный в нижней части резервуара. Система определяет объем нефтепродукта, находящегося в резервуаре, а датчик давления умножает гидростатическое давление жидкости над собой на площадь поперечного сечения резервуара. В результате получают вели-

чины объема и массы нефтепродукта с помиллиметровым интервалом взлива [4]. Плотность продукта при этом находится расчетным путем по известным значениям массы и объема.

Несмотря на то, что все перечисленные системы применяются для коммерческого учета нефтепродуктов в резервуарах, они обладают существенным недостатком. Все они не сигнализируют о возникающих утечках продукта. Их может лишь обнаружить внимательный оператор, производящий количественный учет нефтепродукта в конкретном резервуаре.

Система измерений массы нефтепродуктов в резервуарах VEEDER-ROOT укомплектована уровнемерами для измерения уровня горючего и подтоварной воды, устройствами для замера температуры и плотности продукта, а также индикаторами утечки. Для обнаружения утечек производится индикация наличия нефтепродуктов в земле, приямках или в индикационных колодцах межстенного пространства резервуаров. Недостаток состоит в том, что пока продукт появится в индикационных колодцах, его потери уже могут достигнуть значительных размеров.

Устройства с двойными стенками резервуаров с вакуумом между стенками или с контрольной незамерзающей жидкостью требуют больших капитальных затрат.

Применяемое для больших вертикальных резервуаров устройство обнаружения утечек с помощью лазерного луча и двух плавающих зеркал также не является достаточно эффективным. Дело в том, что в этом случае изменение уровня в резервуаре на один миллиметр соответствует двум сотням и более килограммов горючего.

Таким образом, проведенный анализ показывает целесообразность применения дифференциального метода контроля утечки, сущность которого заключается в обнаружении микрорасходов жидкости в боковом отводе от трубы, установленной внутри резервуара, которая станет сообщающимся сосудом через отвод без изменения конструкции самого резервуара. При использовании этого метода на контроль утечки не влияет изменение уровня жидкости вследствие ее объемного расширения и испарения, а значит, отпадает необходимость в измерении уровня, плотности, температуры нефтепродукта, в запоминании, хранении и обработке на ЭВМ полученной информации. Датчик просто должен зафиксировать начало движения жидкости через боковой отвод, что будет означать утечку жидкости из резервуара.

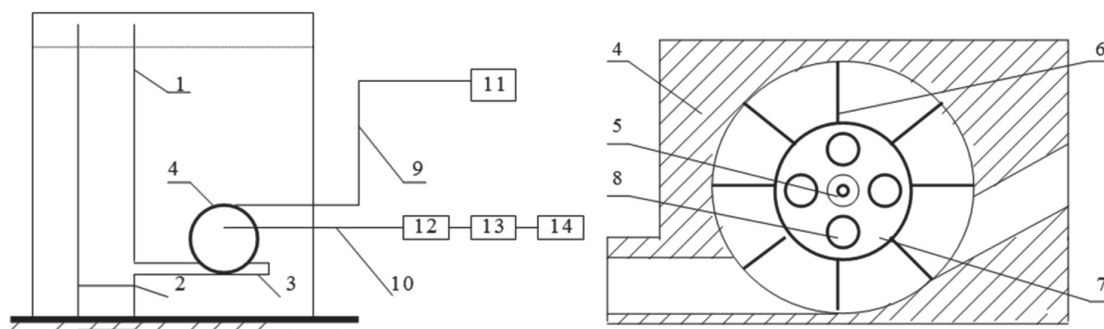


Рис. 2. Структурная схема и первичный преобразователь устройства обнаружения утечек из резервуаров

Первичные преобразователи расходов таких устройств должны удовлетворять требованиям по чувствительности к микро-расходам жидкости и иметь постоянное сообщение резервуара с отводом. При этом чувствительность метода тем выше, чем больше разница в диаметрах вертикальной трубы и отвода.

Структурная схема предлагаемого нами устройства показана на рис. 2.

Устройство содержит помещенную вертикально внутри резервуара трубу 1. В ее нижней части установлен с возможностью съема отстойник 2, который предназначен для предотвращения засорения бокового отвода 3. Отвод соединен тангенциально с цилиндрическим корпусом первичного преобразователя 4, внутри которого установлена на оси 5, с возможностью вращения, турбинка 6. Площадь живого сечения канала в зоне лопастей намного меньше, чем площадь сечения вертикальной трубы (примерно в 20000 раз). Лопатки турбинки 6 соединены своим основанием с диском 7, в котором выполнены по окружности отверстия 8. Напротив друг друга соосно с отверстиями 8 в корпусе 4 установлены передающий 9 и приемный 10 световоды, соединенные соответственно с источником 11 и приемником 12 излучения. Приемник 12 электрически связан с устройством обработки сигнала 13 (на основе компаратора с широкой гистерезисной петлей) и устройством сигнализации 14 (световой и звуковой).

Принцип действия устройства основан на обнаружении оптоволоконным датчиком с внешней модуляцией света начала вращения тахометрического преобразователя, вызванного падением уровня нефтепродуктов в резервуаре.

Чувствительность предлагаемого датчика в виде тангенциальной турбинки к утечке составляет 0,3 мл/с с достоверностью 0,95. При этом сконструированное и экспериментально апробированное устройство обнаружения утечек позволяет фиксировать изменение уровня продукта в резервуаре на 1 мм/час.

Для обнаружения пленки нефтепродукта на воде нами предложено устройство, принцип действия которого основан на зависимости интенсивности люминесценции нефтепродуктов в видимой области спектра при облучении их УФ-излучением от концентрации нефтепродуктов в сточных водах [5]. Наличие двух измерительных камер (одна из которых с локализацией поверхностного слоя, другая проточная) позволяет определить наличие пленки нефтепродуктов на поверхности воды. В результате экспериментальных исследований светлых нефтепродуктов, растворенных в воде с различной концентрацией на спектрофотометре ДФС-52, определена чувствительность обнаружения нефтепродуктов в сточных водах 1 мг/л при погрешности $\pm 30\%$, что вполне достаточно для оперативного контроля, при вероятности обнаружения пленки нефтепродукта на поверхности воды 0,99.

Параллельная установка предложенных датчиков соответственно на резервуары и в дренажных колодцах обеспечит оперативный контроль утечек на объектах нефтепродуктообеспечения.

Таким образом, параллельная структура и предлагаемый состав САОУН на базе новых первичных преобразователей, позволяющие в непрерывном режиме осуществлять контроль утечки нефтепродуктов из резер-

вуаров и загрязнения сточных вод нефтепродуктами, обеспечат более высокий уровень экологической безопасности нефтебаз и складов горючего, а также существенно сократят объем возможных потерь нефтепродуктов.

Список литературы

1. Оценка пожарной опасности «больших дыханий» наземных резервуаров для хранения нефтепродуктов численными методами / С.А. Шевцов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 3. – С. 43–51.
2. Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю. К вопросу о решении проблемы потерь нефтепродуктов от испарения // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 141–145.
3. Danilov V.F., Muhutdinov R.H., Shurygin V.Yu., Timerbaev R.M. The issue of evaporation loss of oil products and possible solutions // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 24. – P. 44900–44905.
4. Количественный учет нефтепродуктов // Конспект лекций по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии при перекачке нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам». – Самара, 2007. URL: <http://mylektsii.ru/10-31934.html> (дата обращения: 19.09.2017).
5. Патент 2083972 Российская Федерация, МПК G01N 21/00. Устройство индикации загрязнения сточных вод не-

фтепродуктами / Данилов В.Ф. и др., заявитель и патентообладатель Ульяновское высшее военно-техническое училище им. Б. Хмельницкого. – № 95106866, опубликовано 10.07.97, подана 28.04.95.

References

1. Ocenka požarnoj opasnosti «bolshih dyhanij» nazemnyh rezervuarov dlja hranenija nefteproduktov chislennymi metodami / S.A. Shevcov [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost. 2017. T. 26, no. 3. pp. 43–51.
2. Danilov V.F., Shurygin V.Ju. K voprosu o reshenii problemy poter nefteproduktov ot isparenija // Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 3. pp. 141–145.
3. Danilov V.F., Muhutdinov R.H., Shurygin V.Yu., Timerbaev R.M. The issue of evaporation loss of oil products and possible solutions // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10, no. 24. pp. 44900–44905.
4. Kolichestvennyj uchet nefteproduktov // Konspekt lekcij po discipline «Resursoberegajushhie tehnologii pri perekachke nefi i nefteproduktov po magistralnym truboprovodam». Samara, 2007. URL: <http://mylektsii.ru/10-31934.html> (data obrashhenija: 19.09.2017).
5. Patent 2083972 Rossijskaja Federacija, MPK G01N 21/00. Ustrojstvo indikacii zagrjaznenija stochnyh vod nefteproduktami / Danilov V.F. i dr., zajavitel i patentoobladatel Uljanovskoe vysshee voenno-tehnicheskoe uchilishhe im. B. Hmelnickogo. no. 95106866, opublikovano 10.07.97, podana 28.04.95.