

## **РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ УЛАВЛИВАНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С СИСТЕМОЙ ОЦЕНКИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Е. А. Варнакова<sup>1</sup>, О. Н. Дидманидзе<sup>2</sup>, Д. В. Варнаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

*Аннотация. В статье рассмотрены основные экологические проблемы, связанные с увеличением потребления нефтепродуктов автомобильным транспортом, технологией их заправки и топливообеспечения. Приведен анализ потерь от испарения нефтепродуктов на нефтебазах и при их транспортировке.*

*Рассмотрены современные способы улавливания нефтепродуктов при испарении из резервуаров при больших и малых «дыханиях» на нефтебазах и на автозаправочных станциях, а также установки улавливания паров нефтепродуктов на автозаправочных станциях. Определены наиболее энергоэффективные способы рекуперация паров нефтепродуктов.*

*Представлен разработанный на основании проведенных ранее исследованиях метод определения требуемых параметров селективности мембран для улавливания паров нефтепродуктов, вытесняемых из баков автотранспортных средств при их заправке и технологическая схема его реализации. Ключевые слова: нефтепродукты, автомобильный транспорт, технология заправки, топливообеспечение, потери нефтепродуктов, рекуперация нефтепродуктов.*

## **DEVELOPMENT OF PETROLEUM VAPOR TREATMENT WITH A SYSTEM FOR EVALUATION OF THEIR EFFICIENCY**

**E. A. Varnakova<sup>3</sup>, O. N. Didmanidze<sup>b</sup>, D. V. Varnakov<sup>3</sup>**

<sup>a</sup>Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation <sup>b</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

*Abstract. The article deals with the main environmental problems associated with an increase in the consumption of petroleum products, road transport, the*

*technology of their refueling and fuel supply. The analysis of losses from evaporation of oil products at oil depots and during their transportation is given. Modern methods of capturing oil products during evaporation from tanks with large and small «breaths» at oil depots and gas stations, as well as installations for capturing oil vapors at gas stations are considered. The most energy-efficient ways of recuperation of vapors of oil products are determined. A method developed on the basis of previous studies for determining the required selectivity parameters of membranes for trapping vapors of petroleum products displaced from the tanks of motor vehicles during their refueling, and a technological scheme for its implementation are presented.*

*Keywords: oil products, road transport, fueling technology, fuel supply, loss of oil products, recovery of oil products.*

Увеличение потребления нефтепродуктов сопровождается обострением экологических проблем, связанных с автомобильным транспортом, что особенно актуально для крупных городов. Все большее значение приобретают вопросы снижения загрязнения окружающей среды путем повышения экологических показателей автотранспортных средств, технологии их заправки и топливообеспечения.

Процессы топливообеспечения автотранспортных средств непосредственно связаны со сливноналивными операциями как непосредственно на автозаправочных станциях, так и на всех этапах перевалки нефтепродуктов, и потерями их в виде паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуаров или баков автотранспортных средств в окружающую среду при их заполнении. Потери от испарения нефтепродуктов на нефтебазах и при транспортировке составляют примерно 4,5 % от общей суммы потерь. Одним из основных источников естественной убыли нефтепродуктов являются их потери от испарения из резервуаров при больших и малых «дыханиях». «Большие дыхания» имеют место при операциях заполнения резервуаров.

Основным источником загрязнений на автозаправочных станциях являются «большие дыхания». В общем объеме выбросов вредных веществ они составляют около 40 %, что создает иногда в рабочей зоне максимальные разовые концентрации, превышающие предельно допустимые. Потери при «малых дыханиях» ввиду заглубленности резервуаров на автозаправочных станциях незначительны, поэтому при технически исправной дыхательной

аппаратуре загрязнение воздушной среды практически не происходит, однако они характерны для резервуарных парков нефтебаз.

Современные способы улавливания нефтепродуктов при испарении из резервуаров при больших и малых «дыханиях» достаточно распространены и нашли свое применение как на нефтебазах, так и на автозаправочных станциях. В последние годы крупные вертикально-интегрированные нефтедобывающие компании внедряют установки улавливания паров нефтепродуктов на автозаправочных станциях.

В настоящее время перспективными являются технологии по улавливанию паров нефтепродуктов из баков автомобилей при их заправке. Основной технологической проблемой при этом является разработка энергоэффективных средств разделения паровоздушной смеси. Поэтому совершенствование способов улавливания паров нефтепродуктов из баков автомобилей при их заправке, и снижение их влияния на окружающую среду является актуальной задачей [7, 8].

Анализ проведенных ранее исследований показал, что значительная часть потерь нефтепродуктов приходится на испарение при хранении, транспортировке, а также заправке автомобилей. Улавливание паров нефтепродуктов является актуальной и экономически целесообразной задачей.

Существующие способы рекуперации паров нефтепродуктов в условиях эксплуатации подземных резервуаров АЗС, и резервуарных парков нефтебаз можно классифицировать по следующим принципам функционирования:

- захлаживание паровоздушной смеси в холодильниках (без изменения давления) до конденсации углеводородов в жидкую фазу (криогенные технологии);
- сжатие смеси с одновременным захлаживанием до конденсации паров;
- адсорбция углеводородов из смеси адсорбентом с последующей десорбцией;
- разделение паровоздушной смеси на мембранах, обладающих определенной селективностью;
- абсорбция углеводородов из смеси абсорбентом с последующей десорбцией и разделением фракций.

Наиболее энергоэффективным способом является рекуперация паров нефтепродуктов посредством разделения и конденсации паровоздушной смеси на мембранах, обладающих селективностью в отношении углеводородов.

Одной из главных задач при разделении паровоздушной смеси на мембранах является обеспечение селективности, но при этом необходима приблизительно одинаковая эффективность в отношении различных групп углеводородов. В таком случае важное значение имеет правильный подбор мембран, обладающих высокой эффективностью.

Проведенные ранее исследования позволили разработать метод определения требуемых параметров селективности мембран для улавливания паров нефтепродуктов, вытесняемых из баков автотранспортных средств при их заправке.

Для определения необходимой производительности системы улавливания паров углеводородов на АЗС были проведены исследования по определению количества топлива теряемого при заправке автомобиля.

Сравнение количества паров нефтепродуктов, вытесняемых из бака автомобилей при их заправке, и данных, полученных на имитационной модели (рисунок 1) показало высокую степень схожести полученных результатов.



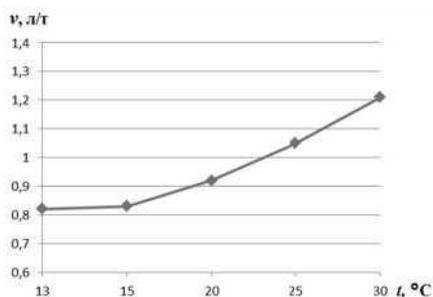
**Рисунок 1 - Имитационная модель**

Для определения зависимости количества потерь нефтепродуктов от испарения для различных температур топлива использовалась имитационная модель.

Для исследования использовался бензин неэтилированный Премиум ЕВРО-95, вид II (АИ-95-4) по ГОСТ Р 51866-2002. По проверенным показателям бензин неэтилированный Премиум ЕВРО-95 (АИ-95-4) соответствует требованиям ГОСТ Р 518662002 с изм. 1-4 и нормам технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» в отношении автомобильного бензина класса 4.

Для определения необходимой производительности системы улавливания паров углеводородов на АЗС был проведён эксперимент по определению количества топлива теряемого при заправке автомобиля.

Исследования показали, что существует зависимость количества вытесняемого топлива в виде паровоздушной смеси от температуры (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Зависимость количества вытесняемого топлива (Премиум-95) в виде паровоздушной смеси от температуры окружающей среды**

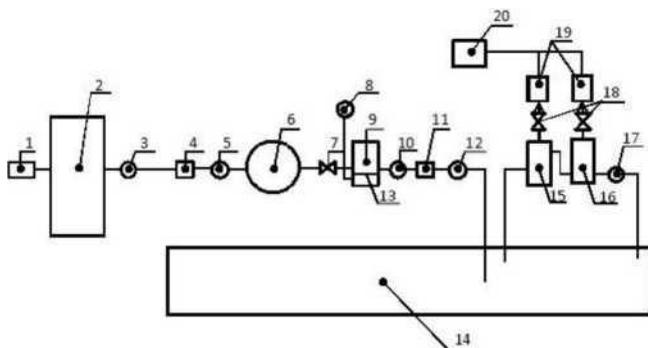
Потери нефтепродуктов от испарения в окружающую среду при заправке автомобилей составляют 0,09.. 0,12 % от количества заправляемого нефтепродукта.

Зависимость количества вытесняемого топлива от температуры окружающей среды может быть представлена уравнением:

$$Y = -0,0042x^3 + 0,0618x^2 - 0,144x + 0,906 \quad (1)$$

где  $x$  - температура окружающей среды, °C;  $y$  - количество вытесняемого топлива в пересчете на литры. Достоверность аппроксимации  $-R^2 = 0,99$ .

По результатам исследования потерь нефтепродуктов от испарения получен патент на изобретение № 2778656 С2 «Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля её эффективности».



**Рисунок 3 - Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля её эффективности**

Принцип работы заключается в том, что установка улавливания паров нефтепродуктов содержащая заправочный пистолет, обеспечивающий поступление вытесняемых при заправке автомобиля паров углеводородов в топливозаправочную колонну, внутри которой установлен насос для перекачки паровоздушной смеси, имеющий соединение с датчиком давления, при срабатывании которого происходит нагнетание паровоздушной смеси в ресивер при помощи компрессора, клапан, первый блок селективных мембран, второй мембранный блок селективного действия, в который частично поступает очищенная паровоздушная смесь, при этом чистый воздух и водяные пары удаляются из системы через клапаны мембран, а конденсированный нефтепродукт перекачивается насосом в топливный резервуар, отличающийся тем, что паровоздушная смесь из ресивера поступает сначала в блок конденсации водяного пара с расположенным внутри датчиком уровня воды и насосом для откачки воды, затем в фильтр очистки от пыли и механических частиц, а потом в резервуар с топливом. Также устройство содержит датчики давления и газоанализаторы, данные с

которых поступают на блок управления, который в случае превышения допустимых значений (концентраций) сигнализирует о необходимости замены мембранных блоков.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Хранение нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2001. - 550 с.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662984 Российская Федерация. Оценка эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами : № 2020662044 : заявл. 09.10.2020 : опубл. 21.10.2020 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, А. В. Бугаенко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

3. Варнаков, В. В. Моделирование процесса очистки биотоплива для повышения экологичности автомобилей / В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, А. В. Платонов // Ученые записки Российского государственного социального университета. -2012.-№9.-С. 12-16.

4. Волгушев, А. Н. Автозаправочные станции / А. Н. Волгушев. - СПб. :ДНК, 2001.- 176 с.

5. Варнаков, В. В. Обоснование и расчет рациональных конструктивных параметров гидроциклона для снижения загрязненности дизельного топлива/В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, К. Р. Кундротас//Международный технико-экономический журнал. - 2011.-№2. - С. 100-105.

6. Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность / Ю. Л. Хотунцев. - М. : Издательский центр «Академия», 2002. - 480 с.

7. Варнакова, Е. А. Перспективные способы снижения потерь нефтепродуктов на АЗС и оценка ущерба от выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу / Е. А. Варнакова // Международный технико-экономический журнал. - 2013.-№3.-С.99-103.

8. Патент № 2778656 С2 Российская Федерация, МПК В01D 53/74. Установка улавливания паров нефтепродуктов на АЗС с разделением паровоздушной смеси на мембранах с системой контроля ее эффективности : № 2021106316 : заявл. 24.08.2020 : опубл. 22.08.2022 / Е. А. Варнакова, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

9. Патент на полезную модель № 84253 U1 Российская Федерация, МПК В01D 53/14. Установка улавливания паров нефтепродуктов и удаления воды для наземных горизонтальных стальных резервуаров : № 2009105369/22 : заявл. 16.02.2009 : опубл. 10.07.2009 / К. Р. Кундротас, Ю. А. Матвеев, Ю. П. Марцев [и др.].

10. Патент на полезную модель № 137512 U1 Российская Федерация, МПК В60К 15/035. Устройство улавливания паров углеводородов на автозаправочных станциях : № 2013141693/11 : заявл. 10.09.2013 : опубл. 20.02.2014 / В. В. Варнаков, Д. В. Варнаков, А. В. Платонов, Е. А. Варнакова ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

11. Патент на полезную модель № 193208 U1 Российская Федерация, МПК В60S 5/02. Модернизированный пистолет для системы улавливания паров нефтепродуктов из баков автотранспортных средств на АЗС с индикацией негерметичного соединения пистолета и бака: № 2019119759 : заявл. 24.06.2019 : опубл. 16.10.2019 / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

*Об авторах:*

**Варнакова Екатерина Алексеевна**, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), кандидат технических наук.

**Дидманидзе Отари Назирович**, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

**Варнаков Дмитрий Валерьевич**, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, vamdm@mail.ru.

*About the authors:*

**Ekaterina A. Varnakova**, Senior Lecturer of Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), Cand.Sc. (Engineering).

**Otary N. Didmanidze**, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

**Dmitrii V. Varnakov**, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, vamdm@mail.ru.