

УДК 614.841

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ**

**UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR REMOTE ENVIRONMENTAL
MONITORING**

**Шарафутдинов А.А., Иمامутдинов С.А., Мухаметьянова А.Н.,
Табульдина А.Т., Маннанов Т.А.**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

**A.A. Sharafutdinov, S.A. Imamutdinov, A.N. Muchametyanova,
A.T. Tabuldina, T.A. Mannanov**

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

e-mail: azat_sharaf@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема разливов нефти в водную сферу и на сушу, приводящая к загрязнению окружающей среды и возникновению аварии на опасных производственных объектах, а также к экономическим потерям.

Обеспечение надежной работы трубопроводных систем – один из основных вопросов при транспортировке нефти и газа по магистральным трубопроводам. Основной угрозой при возникновении аварийных и пожароопасных ситуаций на линейных объектах нефтегазовой отрасли является загрязнение окружающей среды с возникновением пожаров и угрозой жизни людей, а также с большим экономическим ущербом вследствие потерь продукта и нарушения непрерывного производственного процесса.

Естественное старение трубопроводов и в связи с этим значительное снижение экологической безопасности являются характерными особенностями условий работы трубопроводов, что и определяет основные направления совершенствования системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в отрасли. Одним из таких направлений является внедрение систем мониторинга технического состояния и последствий разрушений магистральных трубопроводов и их объектов.

Для решения данной проблемы рассмотрено применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и методов дистанционного мониторинга окружающей среды. БПЛА имеют явное преимущество перед пилотируемыми системами в ситуациях, когда требуется оперативность. Сокращение общего времени реагирования связано с тем, что не требуется развертывания обеспечивающих средств, которые необходимы при применении пилотируемой авиации. Для обнаружения разливов нефти предложено устанавливать на БПЛА: датчик СВЧ-радиометрии, радиолокатор, лазерный локатор, инфракрасные и ультрафиолетовые спектрометры и др. Они позволяют выявить аварийную ситуацию, провести дистанционный спектральный анализ, в ходе которого рассчитываются площадь и толщина слоя нефтяного пятна, и дают возможность получения изображения. Установление местоположения летательного аппарата возможно методом Монте-Карло и использованием возможностей геоинформационных систем. Тем самым использование БПЛА с датчиками обнаружения позволит своевременно ликвидировать аварии на нефтяных объектах и поможет снизить риск дальнейшего загрязнения окружающей среды.

Abstract. The article considers the problem of oil spills in the water sector and on land, leading to environmental pollution and the occurrence of accidents at hazardous production facilities, and economic losses too.

Transportation of oil and gas through main pipelines necessitates the reliable operation of pipeline systems. Freelance situations on the line objects of the oil

and gas industry can cause not only great economic damage due to product losses and disruption of the continuous production process in related industries, but may be accompanied by environmental pollution, the emergence of fires and even be a threat to human life. When transporting large volumes of oil and gas of high pressure, it is necessary to ensure the reliability of the main pipelines.

The natural aging of pipelines and, in this connection, a significant increase in the requirements for their ecological safety are characteristic features of the working conditions of pipeline transport. These moments determine the main directions for improving the system for preventing and eliminating emergencies in the industry. One of such areas is the introduction of monitoring systems for the technical condition of main pipelines and their facilities.

To solve this problem, the use of unmanned aerial vehicles and remote monitoring of the environment methods is considered.

Unmanned aerial vehicles have a distinct advantage over manned systems in situations where operational efficiency is required. The reduction in total response time is due to the fact that it does not require the deployment of supporting tools that are needed when we use manned aircraft. For detection of oil spills prompted to install on the unmanned aerial vehicles sensor of microwave radiometry, laser radar, infrared and ultraviolet spectrometers, etc. They allow to identify an emergency situation, conduct remote spectrum analysis, which calculated the area and the thickness of the oil slick, giving the possibility of obtaining images. Establishing the location of the aircraft is possible by the method Monte Carlo and using the capabilities of geographic information systems. Thus, the use of unmanned aerial vehicles with detection sensors will allow timely liquidation of accidents at oil facilities and will help reduce the risk of further pollution of the environment.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, нефтяной разлив, дистанционные методы

Key words: unmanned aerial vehicles, oil spill, remote methods

По официальным данным каждый год на нефтепроводах происходит примерно 10 000 аварий, и разливается около 30 млн баррелей нефти в год [1]. Нефть – токсичное вещество и при контакте со всяким живым организмом вызывает отравление. Мелкие животные, попав в нефтяной разлив, как правило, сразу же погибают. Птицы не могут отличить поверхность воды от нефтяного пятна: они садятся на нефть как на озеро, затем начинают чистить перья от нефти, которая попадает в организм, и погибают. Для растений и деревьев разлитая нефть также губительна: на неубранных нефтяных разливах очень долгое время ничего не будет расти; на рекультивированных почвах появляются совершенно другие растения, в основном, сорные. В итоге, разлив нефти и рекультивация разрушают естественную экосистему.

Для решения данной экологической проблемы мы предлагаем использовать беспилотные летательные аппараты и применять методы и устройства дистанционного мониторинга в совокупности.

Обследование больших сухопутных и водных поверхностей осуществляется авиационными комплексами, состоящими из самолетов, вертолетов или зондов. Однако последние несколько лет интенсивно развиваются направления по использованию летательных аппаратов на искусственном интеллекте — беспилотные летательные аппараты (БПЛА), использующие аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла: самолетный (рисунок 1) и вертолетный (рисунок 2) типы [2]. Эти технологии обладают рядом преимуществ: БПЛА не требуют специально подготовленных площадок или стартовых комплексов, и в отличие от больших авиаккомплексов их стоимость значительно ниже, а работа не связана с риском для человека, так как экипажа на борту нет [3].



Рисунок 1. БПЛА самолетного типа



Рисунок 2. БПЛА вертолетного типа

Данные с беспилотного летательного аппарата можно получать в режиме реального времени на базовую станцию управления. Фотографии (рисунок 3), полученные с помощью фотокамеры, в специализированном фотограмметрическом программном обеспечении «PhotoScan» сшиваются в единый ортофотоплан (рисунок 4).



Рисунок 3. Пример аэрофотосъемки с БПЛА

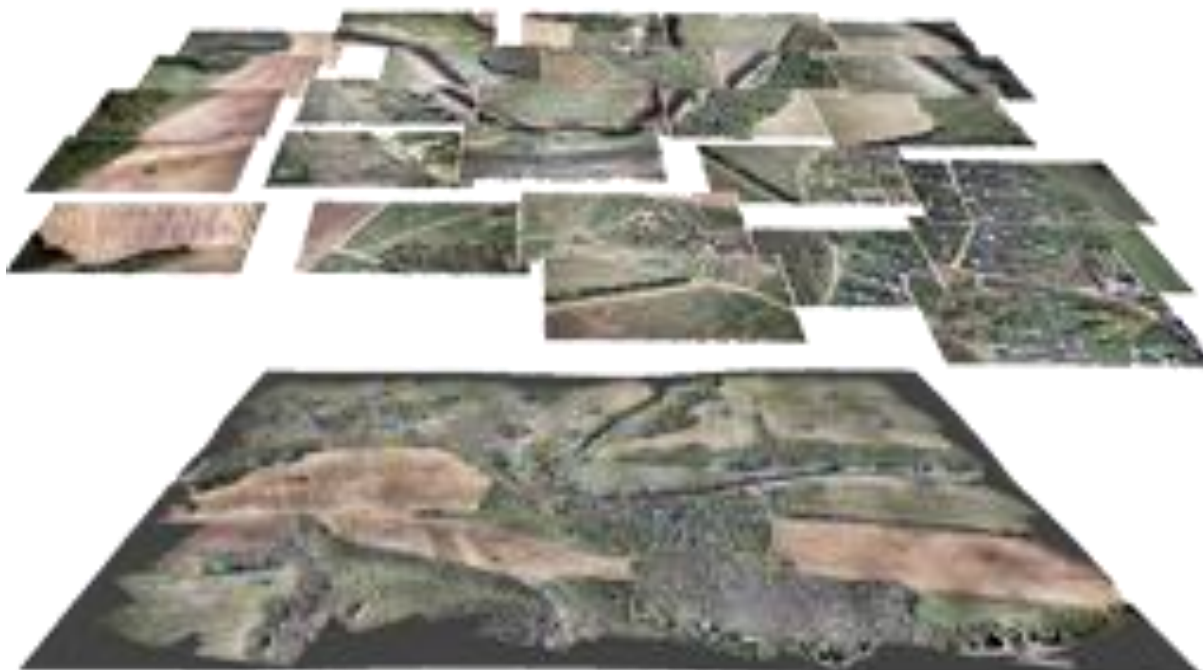


Рисунок 4. Фотографии в едином ортофотоплане

Большое значение при ликвидации нефтяных разливов имеет время обнаружения нефтяного пятна, его площадь и качественные характеристики. Именно дистанционные (неконтактные) методы мониторинга наиболее оперативно обнаруживают нефтяные загрязнения. Они позволяют обследовать большие площади за сравнительно короткий

промежуток времени. Наиболее распространенными методами дистанционного обнаружения являются:

- визуальный, позволяющий получить информацию о наличии и размерах разливов нефтепродуктов путем фотографирования поверхности воды с борта беспилотного летательного аппарата;
- фотометрический – фотографирование нефтяных загрязнений в ультрафиолетовых или инфракрасных лучах.

Дистанционные методы обнаружения нефтяных загрязнений делятся на пассивные и активные. *Пассивные методы* предполагают регистрацию теплового излучения инспектируемой поверхности, отраженного солнечного излучения, а также собственного гамма-излучения нефти. При применении *активных методов* поверхность облучается излучением искусственного источника, а устройства регистрируют отраженное или флуоресцентное излучение [4].

Тепловое инфракрасное излучение. Регистрация прямого и рассеянного солнечного излучения такими устройствами, как спектрорадиометр или дифференциальный радиометр, позволяет определить нефтяной разлив благодаря контрасту чистой и загрязненной водной поверхностей, их разным излучательным способностям и температурам. Так, в солнечный день радиационная температура нефти больше чем у воды, а в ночное время, наоборот.

Пассивная микроволновая радиометрия. Метод дает возможность определять толщину нефтяных пленок на основе измерения двух или нескольких частот путем регистрации собственного теплового излучения микроволновым радиометром.

Ультрафиолетовое излучение. Обнаружение нефтяных пленок с использованием ультрафиолетового диапазона возможно благодаря свойству водной поверхности и нефтяной пленки по-разному отражать ультрафиолетовую составляющую солнечного излучения – по сравнению

с поверхностью воды толстые пленки нефти обладают большей отражающей способностью, тонкие – меньшей [5].

Радиолокация. Данный метод способен обнаруживать нефтяную пленку толщиной от 3 до 5 мкм и более ввиду разницы в физическом состоянии чистой и покрытой нефтяной пленкой водных поверхностей.

Лазерный локатор. Водная поверхность освещается монохроматическим лазерным лучом в ближнем ультрафиолетовом или видимом диапазонах длин волн, затем в системе с лазерным локатором обнаруживается отраженный и/или флуоресцентный свет. Этот метод позволяет классифицировать конкретный тип нефти на воде и определять толщину слоя нефти.

Мультиспектральная съемка. При мультиспектральной съемке формируется одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре [6].

Гиперспектральная съемка. Гиперспектральный снимок – многомерное пространственно-спектральное изображение, в котором каждый пиксель характеризуется собственным спектром – от 200 до 1000 спектральных каналов. Гиперспектральная съемка позволяет идентифицировать объекты по их физико-химическому составу. Гиперспектральная камера разделяет отражённый от объекта свет на узкие спектральные полосы, записывает и обрабатывает их по отдельности, фиксируя спектральную характеристику каждого пикселя получаемого изображения [7].

Оценка количества загрязняющего вещества. Площадь поверхности пятна или скопления сгустков можно подсчитать непосредственно с помощью системы спутниковой навигации (Global Positioning System - GPS), датчиками радиолокации или инфракрасного/ультрафиолетового сканера (рисунок 5) [8].

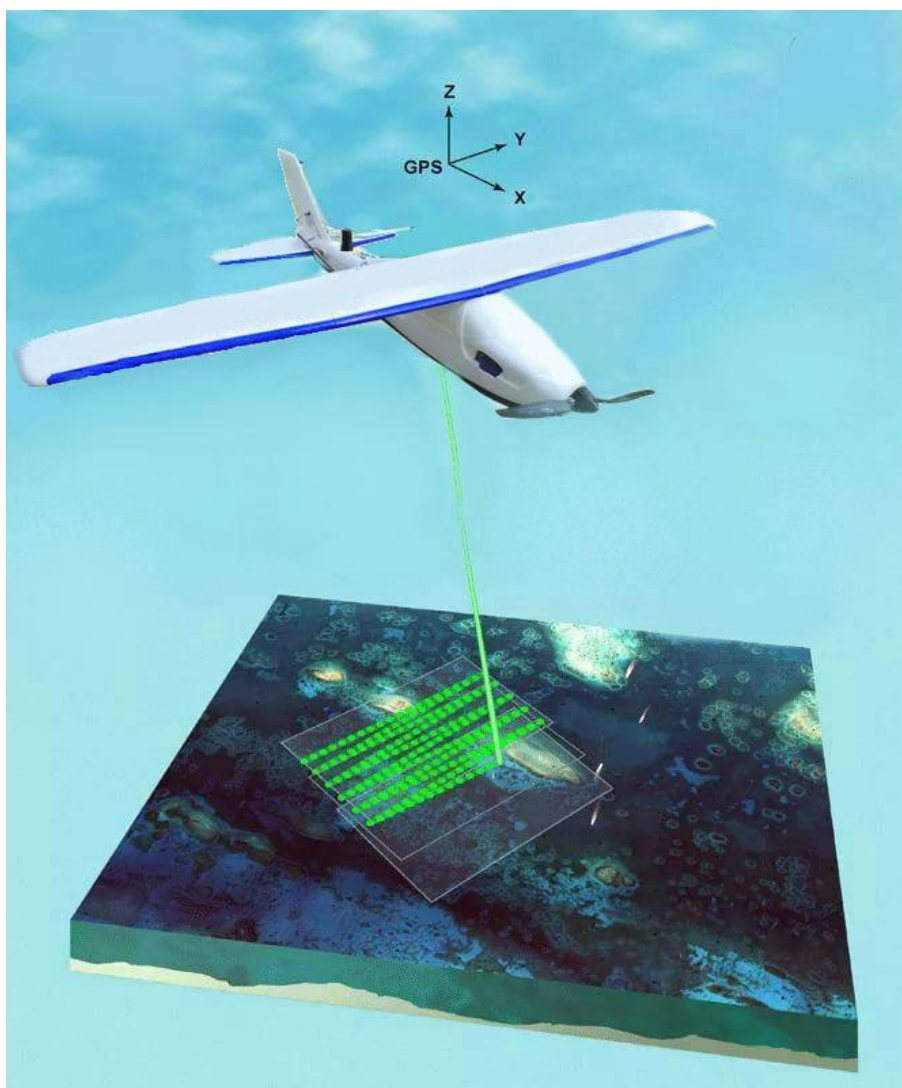


Рисунок 5. Исследование загрязненной поверхности

Для расчета толщины нефтяного разлива рекомендуется использование микроволнового радиометра или лазерного флуоресцентного сенсора.

Для решения задачи локализации предлагаем использовать численный метод Монте-Карло [9], в котором положение датчика представляется плотностью распределения вероятности, аппроксимированной набором частиц. Частицы несут информацию о некотором конкретном положении датчика. В реализации данного метода главным фактором является использование плоскостей, выделенных в дальнометрическом кадре, для определения положения датчика относительно карты. Это происходит путём сопоставления данных с уже имеющимися в базе значениями системы уравнений.

При навигации предлагается использовать яркостную раскраску выделенных плоскостей, чтобы повысить точность и разрешение геометрически неопределённых ситуаций. В предлагаемом решении исходное облако точек нужно для выделения геометрических объектов, которые в дальнейшем используются для навигации. Таким образом, работа возможна даже при наличии только одной пары плоскостей, при этом не требуется сложные алгоритмы поиска соответствий. Для сканирования геометрии пространства используется беспилотный летательный аппарат с жестко закрепленным малогабаритным 2D-лазерным дальномером. Сенсор устанавливается таким образом, чтобы плоскость сканирования была вертикальна, также дополнительное сканирование возможно за счет вращения летательного аппарата, управляемого оператором, вокруг вертикальной оси [10].

Определить местоположение загрязнения можно и с использованием *геоинформационных систем* (ГИС). ГИС – системы, назначением которых является сбор, хранение и анализ данных пространственного характера, а также их графическая визуализация. Их основные преимущества: возможность интегрировать информацию, накопленную различными источниками; создание единого массива для коллективного использования; автоматический анализ геопространственных данных и отчет; использование расшифровки аэро- и космической съемки, ранее созданных схем и планов местности; значительная экономия временных ресурсов и возможность создания трехмерных моделей географических объектов [11].

Применяя геоинформационные системы для мониторинга морских акваторий, можно получать данные о разливах нефтепродуктов, устанавливать их географические координаты, определять параметры разливов (площади, направления движения и т.д.) на основе данных фотографических, спектральных, лидарных, тепловых, радиолокационных наблюдений, которые возможны с беспилотных летательных аппаратов [12].

Рассмотрим принцип работы и путь данных на примере на тепловизионного датчика. Итак, тепловизионный контроль состояния окружающей среды проводят с борта беспилотного летательного аппарата вертолетного или самолетного типов, при этом прибор закрепляется на гиросtabilизированной платформе либо на жестком фиксированном подвесе в нижней части аппарата, что позволяет не отклоняться от выбранной оси исследования при проведении съемки с БПЛА [13].

Сигнал с видеовыхода датчика по радиоканалу передается на устройство записи и отображения информации. С земли оператор управляет полетом беспилотного летательного аппарата и направлением тепловизора специальным пультом управления.

Модуль GPS беспилотного летательного аппарата позволяет определить точное местоположение тепловизора в пространстве и, следовательно, место разлива нефтепродуктов [14].

Выводы

Вышеописанный принцип работы позволяет рассматривать метод аэросъемки с беспилотного летательного аппарата с датчиками дистанционного мониторинга как производительный и перспективный способ проведения обследования окружающей среды [15].

Надежность и дальнейшее развитие нефтяной отрасли, сохранность окружающей среды в современном мире невозможны без применения методов дистанционного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов, которые хорошо зарекомендовали себя на мировом рынке геоинформационных услуг и будут актуальны повсеместно ещё не одно десятилетие.

Список используемых источников

1. Гринпис России [Электронный ресурс] / Нефтяные разливы; ред. Т.В. Власенко; Web-мастер К.Н. Фомин. Электрон. дан. М.: Интерсофт, 2017. Режим доступа: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/oil-spills>, свободный. Загл. С экрана. Яз. рус., англ.
2. Фетисов В.С. и др. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. 3-е изд. Уфа: Фотон, 2014. 217 с.
3. БПЛА, дистанционное зондирование земли [Электронный ресурс] / Применение, история, экология; ред. Р.Т. Плоскова; Web-мастер Э.Д. Корняков. Электрон. дан. М.: Справочно-информационный интернет-портал, 2017. Режим доступа: <http://www.fly-photo.ru/primenenie-bpla.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
4. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. М.: Изд-во Ассоциации нефтегазовых вузов, 2005. 268 с.
5. Хасанова А.Ф., Проскура В.С., Шарафутдинов А.А. Применение тренажерных систем для оптимизации действий персонала при возникновении пожара на нефтеперерабатывающих объектах // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. С. 210-212.
6. Хафизов Ф.Ш., Абдрахманов Н.Х., Климин О.Н., Ванчухин Н.П., Юминов И.П. Применение вихревых аппаратов в промышленности // Обеспечение промышленной безопасности производственных объектов топливно-энергетического комплекса Республики Башкортостан: матер. II науч.-техн. семинара. 1999. 225 с.
7. Хафизов Ф.Ш., Хафизов И.Ф., Шарафутдинов А.А., Каримов Р.Р., Галимов А.М. Тренажерные комплексы в системе совместной подготовки личного состава пожарной охраны и персонала объектов ТЭК // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 497-501.

8. Шайхуллина М.М., Шарафутдинов А.А. Внедрение автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений в деятельности службы связи пожарной охраны // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. С. 208-209.

9. Хафизов Ф.Ш., Кудрявцев А.А., Шевченко Д.И. Определение структуры и параметров регуляторов для задач моделирования процессов в компьютерных тренажерах при ограниченном информационном обеспечении // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 1. С. 336-349.

10. Казьмин В.Н. и др. Вероятностный подход к решению задачи SLAM в трехмерном пространстве // Известия ЮФУ. 2011. № 2. С. 49-51.

11. Кабирова Э.Р., Кормакова Д.С., Шарафутдинов А.А. Автоматизация системы обучения персонала пожарно-техническому минимуму и основам безопасности производства на объектах нефтепереработки // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. С. 206-208.

12. Габбасова А.И., Передерей О.И., Шарафутдинов А.А. Решение пожарно-тактических задач с использованием компьютерных тренажерных систем // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. С. 209-210.

13. Сатюков Р.С., Хафизов Ф.Ш., Кокорин В.В. Влияние природно-климатических условий на взрывопожарную опасность процесса хранения нефти в резервуарных парках // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 6. С. 481-494.

14. Латыпова М.М., Попова Е.В. Информационное обеспечение пожарной безопасности объекта // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. С. 245-247.

15. Кокорин В.В., Контобойцев Е.А., Контобойцева М.Г., Хафизов Ф.Ш. Актуальные вопросы обеспечения безопасности процессов транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 13-16.

References

1. Grinpis Rossii. Neftyanye razlivy [Greenpeace Russia. Oil Spills [Electronic Resource]. Ed. by T.V. Vlasenko; Web-master K.N. Fomin. Electron. dan. Moscow, Intersoft, 2017. Rezhim dostupa: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/oil-spills>, svobodnyi. Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. [in Russian].

2. Fetisov V.S. e.a. *Bespilotnaya aviatsiya: terminologiya, klassifikatsiya, sovremennoe sostoyanie* [Unmanned Aviation: Terminology, Classification, Current Status]. 3-d ed. Ufa, Foton Publ., 2014. 217 p. [in Russian].

3. BPLA, distantsionnoe zondirovanie zemli. Primenenie, istoriya, ekologiya [UAV, Remote Sensing of the Earth. Application, History, Ecology] [Electronic Resource]. Ed. by R.T. Ploskova; Web-master E.D. Korniyakov. Electron. dan. Moscow, Spravochno-informatsionnyi internet-portal, 2017. Available at: <http://www.fly-photo.ru/primenenie-bpla.html>, svobodnyi. Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. [in Russian].

4. Kamenshchikov F.A., Bogomol'nyi E.I. *Neftyanye sorbenty* [Oil Sorbents]. Moscow, Izd-vo Assotsiatsii neftegazovykh vuzov, 2005. 268 p. [in Russian].

5. Khasanov A.F., Proskura V.S., Sharafutdinov A.A. Primenenie trenazhernykh sistem dlya optimizatsii deistvii personala pri vzniknovenii pozhara na neftepererabatyvayushchikh ob"ektakh [The Use of Simulator Systems to Optimize the Actions of Personnel in Case of Fire in Refineries Objects]. *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology – 2015»]. Ufa, 2015, pp. 210-212. [in Russian].

6. Khafizov F.Sh., Abdrakhmanov N.Kh., Klimin O.N., Vanchukhin N.P., Yuminov I.P. *Primenenie vikhrevykh apparatov v promyshlennosti* [The Use of the Vortex Apparatus in Industry]. *Materialy II nauchno-tekhnicheskogo seminara «Obespechenie promyshlennoi bezopasnosti proizvodstvennykh ob"ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa Respubliki Bashkortostan»* [Materials of the II Scientific and Technical Seminar «Industrial Safety of Production Objects of the Fuel and Energy Complex of the Republic Bashkortostan». 1999. 225 p. [in Russian].

7. Khafizov F.Sh., Khafizov I.F., Sharafutdinov A.A., Karimov R.R., Galimov A.M. *Trenazhernye komplekсы v sisteme sovместnoi podgotovki lichnogo sostava pozharnoi okhrany i personala ob"ektov TEK* [Training Complexes in the System of Joint Training of Fire Personnel and Security of FEC Objects]. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoi oborony i likvidatsii posledstviі chrezvychainykh situatsii – Modern Technologies of Civil Defense and Emergency Situations Consequences Elimination*, 2016, Vol. 1, No. 1 (7), pp. 497-501. [in Russian].

8. Shaikhullina M.M., Sharafutdinov A.A. *Vnedrenie avtomatizirovannykh sistem upravleniya i sistem podderzhki prinyatiya reshenii v deyatel'nosti sluzhby svyazi pozharnoi okhrany* [Introduction of Automated Control Systems and Systems to Support Decision-Making Activities of the Communication Service of Fire Protection]. *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchennykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology – 2015»]. Ufa, 2015, pp. 208-209. [in Russian].

9. Khafizov F.Sh., Kudryavtsev A.A., Shevchenko D.I. Opredelenie struktury i parametrov regulyatorov dlya zadach modelirovaniya protsessov v komp'yuternykh trenazherakh pri ogranichenom informatsionnom obespechenii [The Definition of Structure and Regulator's Parameters for the Tasks of Computer Simulator Model Building while There Is Not Enough Information]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2011, No. 1, pp. 336-349. URL: http://ogbus.ru/authors/KhafizovFSh/KhafizovFSh_2.pdf. [in Russian].

10. Kaz'min V.N. e.a. Veroyatnostnyi podkhod k resheniyu zadachi SLAM v trekhmernom prostranstve [A Probabilistic Approach to Solving the SLAM Problem in Three-Dimensional Space]. *Izvestiya YuFU – Izvestiya SFU*, 2011, No. 2, pp. 49-51. [in Russian].

11. Kabirova E.R., Kormakova D.S., Sharafutdinov A.A. Avtomatizatsiya sistemy obucheniya personala pozharno-tekhnicheskomu minimumu i osnovam bezopasnosti proizvodstva na ob"ektakh neftepererabotki [Automation System Training Fire Prevention and the Basics of Industrial Safety at the Refining Facilities]. *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology – 2015»]. Ufa, 2015, pp. 206-208. [in Russian].

12. Gabbasova A.I., Perederei O.I., Sharafutdinov A.A. Reshenie pozharno-takticheskikh zadach s ispol'zovaniem komp'yuternykh trenazhernykh sistem [The Decision to Fire and Tactical Tasks with the Use of Computer Simulator Systems]. *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology – 2015»]. Ufa, 2015, pp. 209-210. [in Russian].

13. Satyukov R.S., Khafizov F.Sh., Kokorin V.V. Vliyanie prirodno-klimaticheskikh uslovii na vzryvopozharnuyu opasnost' protsessa khraneniya nefti v rezervuarnykh parkakh [Influence of Climatic Conditions on Fire and Explosion Danger of Process of Storage of Oil in Reservoir Parks]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2012, No. 6, pp. 481-494. URL: http://ogbus.ru/authors/SatyukovRS/SatyukovRS_1.pdf. [in Russian].

14. Latypova M.M., Popova E.V. Informatsionnoe obespechenie pozharnoi bezopasnosti ob"ekta [Information Support of Fire Safety]. *Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology – 2015»]. Ufa, 2015, pp. 245-247. [in Russian].

15. Kokorin V.V., Kontoboitsev E.A., Kontoboitseva M.G., Khafizov F.Sh. Aktual'nye voprosy obespecheniya bezopasnosti protsessov transportirovki i khraneniya nefti i nefteproduktov [Topical Issues of Security of Processes of Transportation and Storage of Oil and Oil Products]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti – Life Safety*, 2013, No. 4, pp. 13-16. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Шарафутдинов А.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

A.A. Sharafutdinov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: azat_sharaf@mail.ru

Имамутдинов С.А., старший преподаватель кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

S.A. Imamutdinov, Senior Lecturer of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

Мухаметьянова А.Н., студент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

A.N. Muchametyznova, Student of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

Табульдина А.Т., студент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

A.T. Tabuldina, Student of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

Маннанов Т.А., магистрант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

T.A. Mannanov, Undergraduate Student of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation