

20. *Khovanskov S.A., Zagurskiy M.Yu., Khovanskova V.S., Litvinenko V.A.* Algoritmi trassi-rovki svyazyvayushchikh derev'ev, prednaznachennyu dlya vypolneniya na raspredelennoy vychislitel'noy sisteme [The algorithm for trace linking trees, designed to run on a distributed computing system], *Informatika, vychislitel'naya tekhnika i inzhenernoe obrazovanie* [Information, Computing and Engineering Education], 2014, No. 5 (20), pp. 23-28.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.Г. Капустян.

Ховансков Сергей Андреевич – Южный федеральный университет; e-mail: sah59@mail.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: 8634371902; кафедра информационной безопасности телекоммуникационных систем; к.т.н.; доцент.

Хованскова Вера Сергеевна – e-mail: v.s.khovanskova@gmail.com; кафедра информационной безопасности телекоммуникационных систем, аспирантка.

Норкин Олег Рауфатович – e-mail: oran@tgn.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 8634371787; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; к.т.н.; доцент.

Парфенова Светлана Саркисовна – e-mail: svetlanapar66@mail.ru; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; ассистент.

Khovanskov Sergey Andreevich – Southern Federal University; e-mail: sah59@mail.ru; 2, Chekhov street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371902.; the department of information security of telecommunication systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

Khovanskova Vera Sergeevna – e-mail: v.s.khovanskova@gmail.com; the department of information security of telecommunication systems; postgraduate student.

Norkin Oleg Raufatovich – e-mail: oran@tgn.sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371787; the department of system analysis and telecommunications; cand. of eng. sc.; associate professor.

Parfenova Svetlana Sapkisovna – e-mail: svetlanapar66@mail.ru; the department of system analysis and telecommunications; assistant.

УДК 614.841.3, 614.842

Е.В. Воробьев, А.Я. Номерчук, К.К. Арутюнов, Г.Г. Лисовой, В.И. Плотников **ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ РАННЕГО** **ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

В связи с глобальным потеплением, а также расширением деятельности человека проблема лесных пожаров в настоящее время стоит чрезвычайно остро. Для своевременного обнаружения лесных пожаров используются системы, включающие ряд технических средств, алгоритмы их работы, аналитические модели, а также модели для предсказания возникновения пожаров как на основе данных о местности, погодных характеристиках, так и на основе данных с сенсорных устройств. Целью данной статьи является освещение технических компонентов, которые с различной долей успеха могут быть использованы для обнаружения лесных пожаров. Основным способом решения максимального раннего, точного и эффективного детектирования очагов возгорания является объединение различных методов и приборов детектирования в единую систему. Данные должны быть рассмотрены в полуавтоматическом режиме в рамках единой математической модели, адаптированной для данного региона, типа леса, климатических условий. Основными элементами такой системы целесообразно считать: систему датчиков различного уровня, распределенных в окружающей среде с учетом рельефа местности и вероятности образования очагов возгорания; радиолокационные устройства, калиброванные для обнаружения дыма; тепловизоры и камеры; подсистема передачи данных, построенная на протоколах и оборудовании с низким электропотреблением; серверное устройство, получающее и обрабатывающее информацию с участием человека. Система, предлагае-

мая нами, не предполагает использование летательных аппаратов для сбора данных, так как они дороги в эксплуатации, особенно на больших территориях. Внедрение подобной системы раннего обнаружения лесных пожаров целесообразно проводить на государственном уровне на лесистых территориях, подверженному повышенному пожароопасному риску.

Лесные пожары; предотвращение лесных пожаров; мониторинг леса; техническое обеспечение безопасности; радиолокационная система; газочувствительные сенсоры; сетевое обеспечение работы мониторинговой системы.

E.V. Vorobiev, A.Ya. Nomerchuk, K.K. Arutyunov, G.G. Lisovoy, V.I. Plotnikov

TECHNICAL EQUIPMENT FOR SYSTEM OF EARLY DETECTION OF FOREST FIRES

The problem of forest fires is particularly acute extremely now due to the global warming, and also expansion of activity of the human. For fast detection of forest fires the systems including a number of technical means, algorithms of their work, analytical models, and also models for a prediction of emergence of the fires as on the basis of data on the district, weather characteristics, and on the basis of data from touch devices are used. The purpose of this article is illumination of technical components which with various share of success can be used for detection of forest fires. The main way of the solution of the maximum early, exact and effective detecting of the centers of ignition is association of various methods and devices of detecting in uniform system. Data have to be considered in the semi-automatic mode within the uniform mathematical model adapted for this region, type of the forest, climate. Basic elements of such system: subsystem of the sensors of various level distributed in environment taking into account a land relief and probability of formation of the centers of ignition; the radar devices calibrated for detection of a smoke; thermovisors and cameras; the data transmission subsystem constructed on protocols and the equipment with a low power consumption; the server device receiving and processing information with participation of the person. The system doesn't assume use of aircraft for data collection as they are expensive, especially in big territories. Similar systems of early detection of forest fires it is expedient to carry out introduction at the state level in woody territories, to the subject increased fire-dangerous risk.

Forestfire; preventionofforestfire; monitoringofforests; technical equipment of technosphere safety; system of radiolocation; gas-sensitive sensors; network providing for system of monitoring.

Лес является источником материальных и рекреационных ресурсов для человека, средой обитания для живых организмов, геопреобразующими климатоопределяющим фактором. Ежегодно лесные пожары уносят не только миллионы кубометров ценной древесины, но нарушают экологический, гидрологический и эдафический баланс.

Основной проблемой, которую необходимо решить, является максимально раннее обнаружение лесных пожаров, достоверное предсказание параметров (скорость, направление) распространения. Для этого требуются: анализ климатических и биоценологических параметров региона и исследуемого леса, создание модели для оценки ситуации в зависимости от климатических факторов с учетом особенностей леса [1–6], программное обеспечение, система датчиков, передатчиков, серверное оборудование [7]. Подобные системы разработаны и используются в странах с достаточно сухим и жарким климатом, а также обладающими большими лесными массивами [8–10]. Российские системы обнаружения лесных пожаров, использующиеся в настоящее время недостаточно эффективны, т.к. могут обнаруживать пожары не ранее чем на этапе воспламенения [11]. Это связано с тем, что они акцентируются именно на визуальном обнаружении воспламенения. Когда же подобная система начнет содержать в себе еще и как минимум сенсорную сеть, включающую в себя термодатчики и газоанализаторы, она сможет обнаруживать возникновение пожара на более ранних стадиях, когда еще не причинен даже малейший ущерб. Но в результате интегрирования в такую систему сети датчиков, эффективность пожарной охраны лесов сильно возрастает. А анализ пожароопасности и вовсе позволяет предотвратить процесс воспламенения до его начала. Немаловажным преимуществом

такой системы по сравнению с существующими аналогами будет то, что сенсорный мониторинг позволит использовать систему не только в пожароохранных целях, но и для научно-исследовательских нужд экологов, географов, биологов, зоологов и т.д. Подобные системы, основанные на применении сложной архитектуры датчиков разрабатываются и вводятся в эксплуатацию разными научными-производственными группами во всем мире [12–15], однако только в предложенной нами используется мультисенсорный, и, даже, многометодный подход.

Предметом данной статьи является рассмотрение технических компонентов системы раннего обнаружения, а именно: датчики параметров окружающей среды, как контактирующие с анализируемой окружающей средой, так и дистанционные; сетевые компоненты для передачи данных.

Для предотвращения возгорания система должна оценивать опасность возникновения пожара. В России для оценки горимости леса применяют индекс Нестерова (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000). Для оценки пожароопасности на данной локации система должна содержать функциональную часть, включающую в себя термодатчик, датчик влажности почвы и осадкометр. Эта функциональная часть должна высчитывать коэффициент Нестерова, оценивая тем самым пожароопасность на территории мониторинга. Полученная информация должна эффективно и с минимальными потребностями в источнике питания передаваться на головное серверное устройство для дальнейшего анализа ситуации.

Для предотвращения возгорания система должна оценивать опасность возникновения пожара. В России для оценки горимости леса применяют индекс Нестерова (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000) [6]:

$$G = \sum_{i=1}^n T_i d_i, \\ d_i = T_i - r_i.$$

Здесь T – температура воздуха на 12 часов дня по местному времени; r – точка росы на 12 часов дня по местному времени; d – дефицит точки росы; n – число дней после последнего дождя. Размерность G есть $(^{\circ}\text{C}) \cdot \text{сут}$.

Для оценки пожароопасности на данной локации система должна содержать функциональную часть, включающую в себя термодатчик, датчик влажности почвы и осадкометр. Эта функциональная часть должна высчитывать коэффициент Нестерова, и отправлять данные вверх по сети.

Эффективная система раннего обнаружения лесных пожаров должна включать в себя узлы способные решать следующие задачи:

1. Визуальный контроль охраняемой территории.
2. Сенсорное отслеживание температуры и наличия продуктов горения в воздухе на охраняемой территории.
3. Радиолокационный узел для обнаружения частиц дыма в воздухе.
4. Анализ пожарной опасности охраняемой территории по условиям погоды.
5. Сбор, обработку и хранение данных, получаемых от функциональных элементов системы.

Для осуществления визуального контроля достаточно использовать тепловизоры и камеры видеонаблюдения, аналогичные уже использующимся в существующих лесных пожароохранных системах. Тепловизоры и камеры располагаются на вышках, возведенных на территории лесного массива с учетом ландшафта для минимизации затрат при максимальном визуальном охвате территории. На этих же вышках целесообразно размещать ретрансляторы сигналов с камер и датчиков, входящих в пожароохранную сеть, для оперативной передачи информации в центр, занимающийся ее сбором, обработкой и хранением.

Сенсорный контроль осуществлять при помощи сети термодатчиков и газоанализаторов (рис. 1). Проблемой здесь является передача сигнала. Поскольку датчик реагирует на состояние достаточно ограниченного пространства, число

необходимых для хорошего функционирования системы велико, а лесной массив – далеко не самая благоприятная среда для распространения сигнала. Возникнет необходимость использования ретрансляторов, установленных на вышках (где лесной массив не мешает распространению сигнала), о которых упоминалось ранее. Но сигнал нуждается в подведении к этим ретрансляторам.

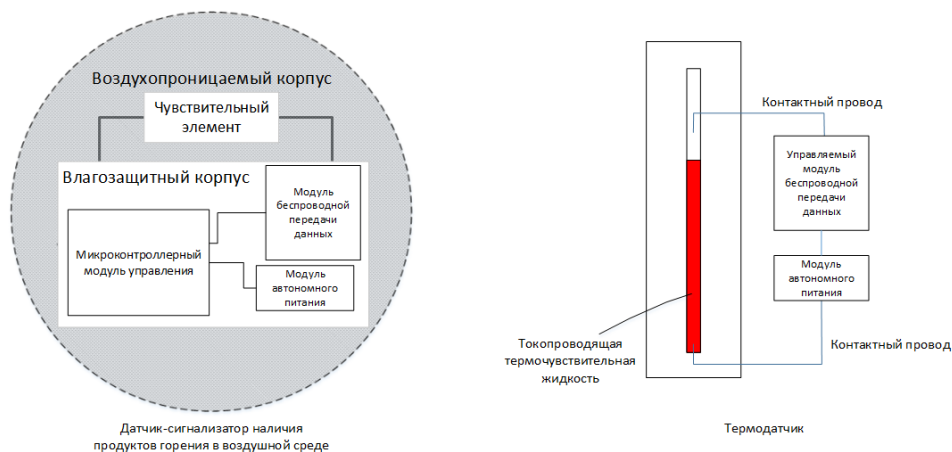


Рис. 1. Устройство датчика наличия продуктов горения в атмосфере

Датчик-сигнализатор наличия продуктов горения в воздухе должен быть выполнен в корпусе, не препятствующем проникновению в него воздуха для доступа чувствительного элемента к среде, в которой производится мониторинг. Вся остальная электронная часть внутри должна быть защищена от влаги.

Термодатчик срабатывает при замыкании контактов по достижении пороговой температуры: в данном случае термочувствительная жидкость (раствор электролита) выступает так же и в виде проводника. Таким образом датчик начинает потреблять энергию лишь во время срабатывания.

Исследования, проводившиеся в [16] и [17], говорят о возможности создания в лесу распределенной ZigBee сети с межузловыми расстояниями от 60 до 120 метров. ZigBee – это название набора сетевых протоколов верхнего уровня, использующих маленькие маломощные радиопередатчики, основанные на стандарте IEEE 802.15.4. При помощи этой технологии можно создавать беспроводные сети датчиков и сети управления [18]. Технология также примечательна тем, что на ее базе существует 3 типа устройств [19]:

- 1) координатор – устройство, которое отвечает за формирование сети, управление адресами, управление другими функциями, которые определяют сеть, выполняет охранную функцию сети, поддерживает работоспособность сети. В каждой сети есть координатор;
- 2) маршрутизатор – полнофункциональное устройство. Оно может объединять существующие сети, посылать информацию, принимать информацию, назначать тракт передачи информации, проводить соединение между узлами сети;
- 3) конечное устройство – его функциональная нагруженность позволяет ему обмениваться информацией с материнским узлом (или координатором, или маршрутизатором).

Принимая во внимание описанные выше возможности технологии ZigBee, можно заключить, что она идеально подходит для ее применения в сенсорной сети, расположенной в лесу.

Одним из перспективных направлений в области обнаружения очагов возгорания является использование радиолокационной системы, позволяющей определять дымовые выбросы в атмосферу. На самом деле, существующие в настоящий момент датчики дыма обладают слишком малой зоной покрытия. Это создает проблему скорее не по причине необходимости большого количества датчиков, сколько по причине необходимости сопровождения в условиях леса каждого датчика передатчиком по беспроводному каналу. Наиболее приемлемой альтернативой является указанная выше радиолокационная система, принцип действия которой основан на рассеивании радиоволн от частиц в атмосфере с той или иной диэлектрической проницаемостью. В основе оборудования лежат элементы, необходимые для излучения и приема сигнала, а также передающее устройство для связи с сервером, на котором происходит обработка полученной информации. Аналогичные устройства активно используются в военных целях для обнаружения как крупных (корабли, самолеты) целей, так и пылевых облаков, образуемых при передвижении техники. Таким образом, устройство, разработанное на базе радиолокационных систем типа «Марс-1Р», «Редан-1», может служить не только для обнаружения очагов возгорания, но и для мониторинга движущихся объектов, людей, анализа атмосферных явлений. Технические характеристики таких систем позволяют охватить достаточно большую площадь покрытия, например, система «Марс-1Р» обладает максимальной дальностью наблюдения в 25 км и покрытие 1962 км² [20].

Для использования подобных систем в целях раннего обнаружения пожаров необходимо «обучить» радиолокационное оборудование для работы непосредственно с дымовым загрязнением воздуха, то есть калибровать приемник на отражение сигнала частицами, размера, соответствующего образованию дыма от растительности данного типа. Именно в данном случае будет достигнута максимальная точности и погрешности сведены к минимуму (в настоящий момент подобная система имеет погрешность измерения дальности до цели – 7 метров).

Таким образом, нами предложена система (рис. 2), превосходящая по точности и скорости обнаружения все имеющиеся аналоги как отечественного производства, так и представленные в других странах.

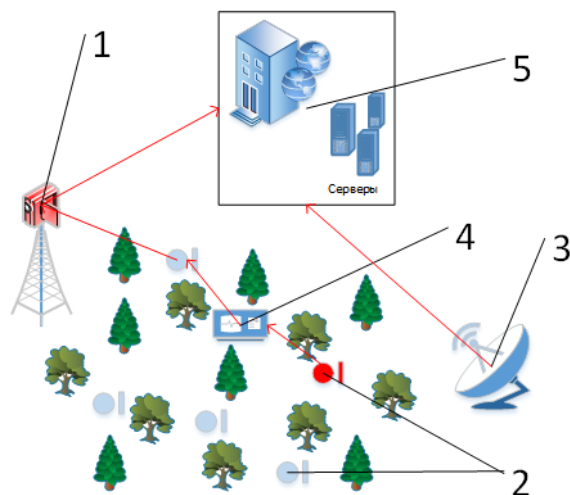


Рис. 2. Состав системы раннего обнаружения лесных пожаров: 1 – тепловизор и камеравизуального наблюдения; 2 – датчик продуктов горения и термодатчик; 3 – радиолокационное оборудование; 4 – ретранслятор; 5 – серверы и центр обработки информации.

Важно отметить, что такого рода система потребляет достаточно малое количество энергии, проста в установке, может располагаться как на передвижных объектах (автомобили, воздушный транспорт, речные суда), так и стационарно на вышках, деревьях и других объектах, расположенных над линией леса. При использовании на вышках сотовой связи, столбах линии электропередач возможно существенное удешевление оборудования за счет замены элементов для радиопередачи на проводную связь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *White R.H.* Effect of Lignin Content and Extractives on the Higher Heating Value of Wood // *Wood and Fiber Science*. – 1987. – Vol. 19, No. 4. – P. 446-452.
2. *Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Буй Динь Тхань, Асеева Р.М.* Тепловыделение при горении древесины // *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник*. – 2003. – № 5. – С. 74-79.
3. *Branca C., Albano A., Di Blasi C.* Critical Evaluation of Wood Devolatilization Mechanisms // *Thermochim Acta*. – 2005. – Vol. 429. – P. 133-141.
4. *Di Blasi C.* Modeling and Simulation of Combustion Processes of Charring and NonCharring Solid Fuels // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 1992. – Vol. 19. – P. 71-104.
5. *Moghtadery B., Novozhilov V., Fletcher D., Kent J.H.* An Integral Model for the Transient Pyrolysis of Solid Materials // *Fire and Materials*. – 1997. – Vol. 21. – P. 7-16.
6. *Mikkola E., Wichman I.S.* On the Thermal Ignition of Combustible Materials // *Fire and Materials*. – 1989. – Vol. 14. – P. 87-96.
7. *Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.* Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.
8. *Плахтеев А.П., Орехов А.А., Плахтеев П.А.* Система мониторинга лесных пожаров на основе сенсорных сетей // *Радиоелектронні і компютерні системи*. – 2014. – № 6 (70). – С. 85-89.
9. *Kechar Bouabdellaha, Houache Noureddine, Sekhri Larbi.* Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection // *Procedia Computer Science*. – 2013. – Vol. 19. – P. 794-801.
10. *Wolfgang Krull, Robert Tobera, Ingolf Willms, Helmut Essen.* Early forest fire detection and verification using optical smoke, gas and microwave sensors // *Procedia Engineering*. – 2012. – Vol. 45. – P. 584-594
11. *Шерстюков Б.Г.* Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем: коллективная монография. – М.: Росгидромет, 2012. – 269 с.
12. <http://www.fire-watch.de/system-overview> (дата обращения 15.08.2015).
13. http://www.libelium.com/wireless_sensor_networks_to_detec_forest_fires/ (дата обращения 19.08.2015).
14. *Bayo A., Antolin D., Medrano N., Calvo B.* Early Detection and Monitoring of Forest Fire with a Wireless Sensor Network System // *Procedia Engineering*. – 2010. – Vol. 5. – P. 248-251.
15. *Gemma Sanjuan, Carlos Brun, Tomas Margalef, and Ana Cortes.* Wind field uncertainty in forest fire propagation prediction // *Procedia Computer Science*. – 2014. – Vol. 29. – P. 1535-1545.
16. *Галкин П.В., Головкина Л.В., Борисенко А.С.* Исследование влияния лесных массивов на дальность связи в сетях ZigBee // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2011. – С. 51-55.
17. *Серебренников М.Ю., Санников С.П.* Экспериментальные исследования потери мощности радиосигнала в лесу // *Студенческий научный форум 2013: тез. докл. V Междунар. студенческой электр. науч. конф.* – Екатеринбург, 2013.
18. *Серебренников М.Ю.* Радиочастотные технологии в лесной сфере // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник» / ред. С.В. Залесов [и др.]*. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 359-361.
19. *Faludi R.* Building Wireless Sensor Networks. – O'REILLY, 2011. – 321 p.
20. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Редан-1> (дата обращения 05.08.2015).

REFERENCES

1. White R.H. Effect of Lignin Content and Extractives on the Higher Heating Value of Wood, *Wood and Fiber Science*, 1987, Vol. 19, No. 4, pp. 446-452.
2. Cerkov B.B., Sivenkov A.B., Buj Din' Than', Aseeva R.M. Teplovydelenie pri gorenii drevesiny [The heat generated by burning wood], *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik], 2003, No. 5, pp. 74-79.
3. Branca C., Albano A., Di Blasi C. Critical Evaluation of Wood Devolatilization Mechanisms, *Thermochim Acta*, 2005, Vol. 429, pp. 133-141.
4. Di Blasi C. Modeling and Simulation of Combustion Processes of Charring and Non Charring Solid Fuels, *Progress in Energy and Combustion Science*, 1992, Vol. 19, pp. 71-104.
5. Moghtadery B., Novozhilov V., Fletcher D., Kent J.H. An Integral Model for the Transient Pyrolysis of Solid Materials, *Fire and Materials*, 1997, Vol. 21, pp. 7-16.
6. Mikkola E., Wichman I.S. On the Thermal Ignition of Combustible Materials, *Fire and Materials*, 1989, Vol. 14, pp. 87-96.
7. Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. Lesnye pozhary na territorii Rossii: Sostoyanie i problem [Forest fires in Russia: State and problems], By ed. Yu.L. Vorob'eva. Moscow: DJeKS-PRESS, 2004, 312 p.
8. Plakhteev A.P., Orekhov A.A., Plakhteev P.A. Sistema monitoring lesnykh pozharov na osnove sensorynykh setey [The monitoring system of forest fires on the basis of sensor networks], *Radioelektronika i komputernye sistemy* [Radio electronic and computer systems], 2014, No. 6 (70), pp. 85-89.
9. Kechar Bouabdellaha, Houache Noureddine, Sekhri Larbi. Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection, *Procedia Computer Science*, 2013, Vol. 19, pp. 794-801.
10. Wolfgang Krull, Robert Tobera, Ingolf Willms, Helmut Essen. Early forest fire detection and verification using optical smoke, gas and microwave sensors, *Procedia Engineering*, 2012, Vol. 45, pp. 584-594.
11. Sherstyukov B.G. Metody ocenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem: kollektivnaya monografiya [Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems: collective monograph]. Moscow: Rosgidromet, 2012, 269 p.
12. Available at: <http://www.fire-watch.de/system-overview> (Accessed 15 August 2015).
13. Available at: http://www.libelium.com/wireless_sensor_networks_to_detec_forest_fires/ (Accessed 19 August 2015).
14. Bayo A., Antolin D., Medrano N., Calvo B. Early Detection and Monitoring of Forest Fire with a Wireless Sensor Network System, *Procedia Engineering*, 2010, Vol. 5, pp. 248-251.
15. Gemma Sanjuan, Carlos Brun, Tomas Margalef, and Ana Cortes. Wind field uncertainty in forest fire propagation prediction, *Procedia Computer Science*, 2014, Vol. 29, pp. 1535-1545.
16. Galkin P.V., Golovkina L.V., Borisenko A.S. Issledovanie vliyaniya lesnykh massivov na dal'nost' svyazi v setyakh Zig Bee [Study of the influence of forests on the range of communication in ZigBee networks], *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East-European magazine of advanced technologies], 2011, pp. 51-55.
17. Serebrennikov M.Yu., Sannikov S.P. Eksperimental'nye issledovaniya poteri moshchnosti radiosignala v lesu [Experimental study of power loss of the radio signal in the woods], *Studencheskiy Nauchnyy Forum 2013: tez. dokl. V Mezhdunar. Studencheskaya elektr. nauch. konf.* [Student research forum 2013: abstracts of V International student electric. scientific conference]. Ekaterinburg, 2013.
18. Serebrennikov M.Yu. Radiochastotnye tekhnologii v lesnoy sfere [RF technology in the forest sector], *Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii: materialy VIII Vseros. nauch.-tehn. konf. Studentov i aspirantov i konkursa poprogramme «Umnik»* [The scientific works of young – forest complex of Russia: materials of the VIII all-Russian. scientific-technical conference of students and graduate students and the competition on the program "Umnik"], By ed. S.V. Zalesov [i dr.]. – Ekaterinburg: UGLTU, 2012, Part 1, pp. 359-361.
19. Faludi R. Building Wireless Sensor Networks. O'REILLY, 2011, 321 p.
20. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Redan-1> (Accessed 05 August 2015).

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент А.Б. Сивенков.

Воробьев Евгений Валерьевич – Южный федеральный университет; e-mail: vorobevev@sfnedu.ru; 347900, г. Таганрог, пер. Большой Садовый, 15; тел.: 89526001200; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; к.х.н.; доцент.

Номерчук Александр Яковлевич – e-mail: nomerchuk@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 89054306539; кафедра систем автоматического управления; старший преподаватель.

Арутюнов Кирилл Карэнович – e-mail: kir.arut@gmail.com; тел.: 89185978697; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; аспирант.

Плотников Виталий Иванович– e-mail: plotnikvit@gmail.com; тел.: 89034327714; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; магистрант.

Лисовой Геннадий Геннадьевич – ФГКУ «6 отряд ФПС по Ростовской области»; e-mail: redcar01@mail.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Чехова, 94; тел.: 89085010317; начальник караула 22 ПСЧ; старший лейтенант.

Vorobev Evgeniy Valer'evich – South Federal University; e-mail: vorobevev@sfnedu.ru; 15, per. Bolshoj Sadovuj, Taganrog, 347900, Russia; phone: +79526001200; the department of technospheric safety, ecology and chemistry; cand. of chem. sc.; associate professor.

Nomerchuk Alexander Yakovlevich – e-mail: nomerchuk@gmail.com; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79054306539; the department of automatic control system; senior teacher.

Arutyunov Kirill Karenovich – e-mail: kir.arut@gmail.com; phone: +79185978697; the department of technospheric safety, ecology and chemistry; postgraduate student.

Plotnikov Vitaly Ivanovich– e-mail: plotnikvit@gmail.com; phone: +79034327714; department of technospheric safety, ecology and chemistry; undergraduate student.

Lisovoy Gennadiy Gennad'evich – FGKU «6 otryad FPS po Rostovskoj oblasti», e-mail: redcar01@mail.ru; 94, Chekhov street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +79085010317; chief of guard 22 PSCh; senior lieutenant.