

Методы контроля опасных и вредных производственных факторов на ремонтных предприятиях машиностроительной отрасли***М. Н. Мохсен, М. А. Журавлёва**

Рассматриваются методы измерения концентрации газов в воздухе рабочей зоны машиностроительных ремонтных предприятий. Сравниваются типы газочувствительных датчиков. Приводится классификация вредных и опасных производственных факторов, описывается их влияние на организм человека. В качестве объекта исследования выступает типовое ремонтное машиностроительное предприятие. Проведён анализ карт аттестации рабочих мест одного из цехов электровозоремонтного завода. Рассмотрены вопросы обеспечения допустимых условий труда и снижения степени их вредности. Для решения задачи мониторинга опасных и вредных производственных факторов предложено применение беспроводных сенсорных сетей (БСС). Описаны типы датчиков, наиболее подходящих для использования в БСС. Результаты проведённого исследования позволили сделать выводы о практической применимости технологии беспроводных сенсорных сетей в системах управления охраной труда машиностроительных ремонтных предприятий.

Ключевые слова: беспроводные сети датчиков, беспроводные сенсорные сети, вредные и опасные производственные факторы, класс опасности, ремонтное предприятие.

Введение. Машиностроение — одна из главных отраслей промышленного производства, которая влияет на различные сферы экономики, а также демонстрирует уровень научно-технического развития и обороноспособности страны. Однако необходимо отметить негативное влияние на экологию предприятий машиностроительного комплекса. Они формируют токсичную среду — главный источник опасности для природы и человека. Увеличение объёмов потребления энергетических ресурсов и масштабов производства, рост материальных затрат приводят к постоянному увеличению отрицательного воздействия на окружающую среду. Кроме того, необходимо учитывать высокий риск производственного травматизма на предприятиях данной отрасли [1].

Постановка задачи. Провести анализ карт аттестации типового ремонтного машиностроительного предприятия. Это позволит выявить базовый набор опасных и вредных производственных факторов, предложить подходы и возможные технологии для реализации системы мониторинга условий труда на основе беспроводных сенсорных сетей.

Классификация опасных и вредных производственных факторов. В качестве комплексного объекта исследования авторами были выбраны ремонтные предприятия машиностроения. Здесь, как правило, объединены несколько производственных участков, на которых выполняются различные виды работ. Внутри такого помещения (цеха) распространяются химические вещества, выделяющиеся в воздух рабочей зоны в процессе производства. Кроме того, внутрицеховое оборудование создаёт шум и вибрации. Таким образом, возникает необходимость улучшить систему управления охраной труда ремонтных машиностроительных предприятий и сократить экономические потери, связанные с неблагоприятными условиями труда. Этому может способствовать применение методов современного менеджмента наряду с использованием инновационных средств измерения и мониторинга вредных факторов на производстве.

В процессе производства определённые факторы производственной среды и трудового процесса оказывают влияние на здоровье и работоспособность человека. В зависимости от этого влияния производственные факторы разделяются на вредные и опасные [2].

* Работа выполнена в рамках инициативного НИР.

Вредные производственные факторы вызывают различные профессиональные патологии, провоцируют временное и стойкое понижение работоспособности, снижают защитные свойства организма (как следствие, учащаются соматические и инфекционные заболевания).

Опасные производственные факторы могут стать причиной острых заболеваний или внезапного ухудшения здоровья.

Выделяют четыре группы вредных и опасных факторов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

Исследуя ремонтные машиностроительные предприятия, важно учитывать также классификацию вредных и опасных для человека веществ. Рассмотрим шесть основных групп:

- общетоксические — вызывают общее отравление (оксид углерода, свинец, ртуть и т. д.);
- раздражающие — вызывают раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, озон и т. д.);
- сенсibiliзирующие — вызывают аллергические реакции (формальдегид, гексахлоран и т. д.);
- канцерогенные — вызывают возникновение и развитие злокачественных опухолей (оксид хрома, 3,4-бензпирен, асбест и т. д.);
- мутагенные — вызывают изменение наследственной информации (радиоактивные вещества, свинец и т. д.);
- вещества, влияющие на репродуктивную функцию человеческого организма (свинец, стирол, ряд радиоактивных веществ и т. д.) [3].

По вредности условия труда подразделяются на четыре класса:

- 1 класс — оптимальные условия труда;
- 2 класс — допустимые условия труда;
- 3 класс — вредные условия труда;
- 4 класс — опасные (экстремальные) условия труда.

Общепринятая классификация [2, 4] выделяет четыре степени вредности условий труда. При этом исходят из уровня превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме рабочих (табл. 1).

Таблица 1

**Возможные последствия воздействия вредных условий на здоровье
(в зависимости от степени вредности)**

Степень	Последствия
3.1*	Обратимые функциональные изменения, риск развития заболевания
3.2	Стойкие функциональные нарушения, приводящие в большинстве случаев к росту заболеваемости с временной утратой трудоспособности, повышению частоты общей заболеваемости
3.3	Развитие профессиональной патологии в лёгких формах в период трудовой деятельности, рост хронической общесоматической патологии
3.4	Выраженные формы профессиональных заболеваний, значительный рост хронической патологии, высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности
* Здесь и далее нумерация соответствует классификации в [2].	

Неблагоприятные условия труда, тяжёлый и напряжённый труд, производственный травматизм и профессиональные заболевания оказывают негативное влияние на состояние здоровья работников и приводят к экономическим потерям в организации.

Чтобы улучшить ситуацию, необходимо объективно оценить влияние вредных условий на работоспособность и здоровье работника. При этом следует учитывать такие моменты, как травматичность рабочего места, обеспеченность работника средствами индивидуальной защиты. Ос-

новываясь на этих данных, можно разработать методику, которая позволит обеспечить допустимые условия. Следует хотя бы снизить их вредность до уровня 3.1 (см. табл. 1).

Для этого определяются мероприятия по улучшению условий труда, рассчитывается их суммарная вредность с учётом индивидуальных особенностей каждого рабочего места.

Возможность применения беспроводных сенсорных сетей для контроля вредных и опасных производственных факторов в воздухе рабочей зоны ремонтных машиностроительных предприятий. Рассмотрим предприятие, основным видом деятельности которого является ремонт электровозов. Основные цеха: электровозосборочный, электроаппаратный, электромашинный, якорный, тележечный, колёсный, литейно-механический, инструментально-ремонтный и энергосиловой. Для подробного анализа и изучения выбран якорный цех, обеспечивающий электромашинное производство катушками магнитной системы. Анализ карт аттестации рабочих мест этого цеха позволил выявить рабочие места с условиями труда, соответствующими второй степени вредности (т. е. 3.2, см. табл. 1).

Авторы данного исследования попытались проверить гипотезу о возможности применения беспроводных сенсорных сетей для определения наличия опасных и вредных производственных факторов на большой площади. Технологии производства датчиков совершенствуются, их размеры и энергопотребление уменьшаются. Это позволяет организовывать беспроводные сети из узлов с автономным питанием, обеспечивающие контроль сразу нескольких параметров окружающей среды или технологического процесса [5].

Обычно измерение концентрации вредных веществ требует непосредственного участия специалистов. При этом всегда есть риск утечки опасного вещества. Кроме того, любое изменение технологии производства требует проведения дополнительных измерений. Всё это даёт основания полагать, что мониторинг вредных факторов с помощью БСС позволит повысить безопасность труда и оправдан с экономической точки зрения.

Было исследовано фактическое состояние условий труда на рабочих местах. При этом выявлены опасные концентрации химических веществ (превышены действующие ПДУ и ПДК, степень вредности — 3.2, табл. 2).

Таблица 2

Вещества в воздухе рабочей зоны, по которым выявлено превышение среднесменной концентрации (степень вредности — 3.2)

Вещество	Место измерения	ПДУ, ПДК, мг/м ³	Фактически, мг/м ³	Отклонение
Диметилбензол (смесь 2-, 3-, 4-изомеров)	Участок разборки ТД	50	156,0	3,12
Метилбензол	1-й и 2-й этаж катушечного участка	50	168,8	3,376
	Участок разборки трансформаторов		219,0	4,38
	Участок пропитки		203,6	4,072
Углерод оксид	Участок разборки трансформаторов	20,0	48,0	2,4
Формальдегид	Участок пропитки	0,5	0,55	1,1

Методы измерения концентрации газов в воздухе рабочей зоны. Для определения состава воздуха рабочей среды и измерения концентраций опасных и вредных веществ используются различные методы. Ниже перечислены наиболее распространённые из них. Оценены их преимущества и недостатки.

1. *Спектрофотометрический.* Проба воздуха рабочей зоны пропускается через специальный поглотительный сосуд, содержащий поглотительный раствор. После аспирирования определённого объёма воздуха (4–10 л) полученный раствор вместе с градуировочным раствором ис-

следуют с помощью спектрофотометра или фотоэлектроколориметра на определённой длине волны [6]. Недостаток — энергозатратность.

2. *Полярографический*. Поглотительный раствор, через который пропустили пробы воздуха рабочей зоны, подвергают действию переменноточковой полярографии с электродом определённого типа (см., например, [7]). Недостаток: необходимо обеспечивать газоанализатор реагентами.

3. *Сорбционно-люминесцентный* [6]. Такие газоанализаторы могут быть как стационарными, так и переносными. Недостаток: необходимо использовать одноразовые расходные материалы — чувствительные элементы.

4. *Термокаталитический* [8]. Преимущества: компактность, относительно низкое энергопотребление, нет необходимости в расходных материалах, работает при околоатмосферном давлении. Время жизни сенсора — несколько лет. Пригодны для обнаружения и измерения концентрации горючих газов.

5. *Электрохимический*. Применяется для инертных, токсичных и других газов, паров кислот и органических веществ. Условием эффективной работы сенсора является наличие и функционирование селективных фильтров, «отсеивающих» газы, не являющиеся объектом измерения. Тем самым устраняется перекрёстная чувствительность датчика. Срок службы датчика ограничен временем качественного функционирования фильтров. Минимальное время эксплуатации — от 1 до 3 лет [8, 9]. Электрохимические сенсоры способны выдерживать значительную перегрузку по концентрации измеряемого газа, но непродолжительное время. Длительная перегрузка может вывести сенсор из строя [8].

6. *Полупроводниковый*. Принцип действия основан на уменьшении электрического сопротивления полупроводниковой керамики при повышенной температуре 400–450 °С в присутствии восстанавливающих газов. Недостаток — низкая скорость срабатывания, что затрудняет своевременное обнаружение утечки или резкого выброса газа. Свойства полупроводниковых чувствительных элементов [10] позволяют создать сенсоры, способные дифференцированно оценивать концентрацию нескольких различных газов [10].

Краткий обзор литературы на тему разработки мультисенсорных систем приводится в [11].

Существуют новые перспективные способы определения концентрации газов, например *пьезогравиметрический* [12]. Однако массовое производство датчиков для рассматриваемых опасных и вредных веществ пока не налажено.

Технологии, применяемые в датчиках для измерения концентрации перечисленных опасных газов и возможность их использования в узлах БСС. Очевидно, в сенсорной сети имеет смысл использовать только датчики, способные осуществлять измерения в автоматическом режиме без участия человека. Данному требованию отвечают сорбционно-люминесцентные, термокаталитические, электрохимические, полупроводниковые датчики.

Однако применение сорбционно-люминесцентного метода ограничено необходимостью использования расходных материалов. К тому же эти датчики потребляют большие объёмы мощности, следовательно, их эксплуатация требует стационарного источника питания. Таким образом, сорбционно-люминесцентные датчики имеет смысл использовать только со стационарной БСС с внешним питанием.

Таким образом, для использования в БСС наиболее подходят три типа датчиков, чувствительных к представленным в табл. 2 вредным веществам: термокаталитические, электрохимические, полупроводниковые (табл. 3).

В продаже имеются стационарные и переносные приборы, позволяющие определять концентрацию большинства интересующих нас веществ [18]. Следует отметить, что существующая

научная литература, как правило, рассматривает частные вопросы использования газочувствительных датчиков.

Таблица 3

Чувствительность представленных на рынке датчиков различных типов к вредным веществам (степень вредности 3.2)

Датчик	Вредное вещество			
	Диметилбензол	Метилбензол	Углерода оксид	Формальдегид
Термокаталитический	+ [13]	+ [13]	–	–
Электрохимический	–	–	+ [14]	+ [13], [15]
Полупроводниковый	–	+ [16]	+ [16], [17]	–

Так, в работе [19] предлагается метод точного определения концентрации газов, требующий небольших энергозатрат. В работе [20] представлен комплексный подход к анализу состава воздуха в домашнем и офисном пространстве на основе пироэлектрических инфракрасных датчиков. Определяющая наличие токсичных газов система для многокомпонентного анализа воздуха на основе электрохимических датчиков рассматривается в статье [21].

Однако в открытых источниках слабо представлена информация о системах, позволяющих обнаруживать и постоянно автоматически контролировать концентрацию опасных веществ в рабочей зоне большой площади.

Заключение. Беспроводные сенсорные сети и компактные газочувствительные датчики — это современные средства мониторинга и измерения вредных факторов на производстве. Использование таких средств позволяет создать программно-аппаратный комплекс для мониторинга безопасности условий труда на типовом ремонтном предприятии машиностроительной отрасли. В ходе анализа технологий измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны были выявлены датчики, подходящие для применения в таком комплексе. Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности разработки и внедрения системы управления охраной труда с использованием беспроводных сенсорных сетей. Это позволит, в частности, получать необходимую информацию в режимах реального времени, установить визуальный контроль наличия химических веществ в воздухе рабочей зоны. Предметом дальнейших исследований являются вопросы аппаратной реализации измерительных узлов и разработки программного пакета для осуществления мониторинга и контроля опасных и вредных производственных факторов.

Библиографический список

1. Жарова, Н. В. Охрана труда — задачи модернизации : доклад [Электронный ресурс] / Н. В. Жарова. — Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/181248/> (дата обращения: 01.12.2009).
2. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов. — Москва : Высш. школа, 2006. — 616 с.
3. Калыгин, В. Г. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность, безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях : курс лекций / В. Г. Калыгин, В. А. Бондарь, Р. Я. Дедеян. — Москва : Химия : Колос, 2006. — 520 с.
4. Беляков, Г. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве (охрана труда): учеб. для вузов / Г. И. Беляков. — Санкт-Петербург : Лань, 2006. — 512 с.
5. Dargie, W. Fundamentals of wireless sensor networks. Theory and practice / W. Dargie, C. Poellabauer. — Chichester : John Wiley & Sons Ltd., 2010. — 311 с.
6. Орлов, В. Ю. Экологический мониторинг. Газоанализаторы для контроля загрязнения : метод. указания / В. Ю. Орлов, Н. С. Швыркова ; Ярослав. гос. ун-т. — Ярославль : Ярослав. гос. ун-т, 2009. — 39 с.

7. Методические указания на полярнографическое определение формальдегида в воздухе : № 1696-77 / Главный гос. санитар. врач СССР, Минздрав СССР // Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. — 1981. — Вып. 1–5.

8. Газоанализаторы с термокаталитическим и электрохимическим принципом измерения. Индикаторные трубки [Электронный ресурс] / КИПиА от А до Я. — Режим доступа: http://knowkip.ucoz.ru/publ/teplotekhnicheskie_izmereniya/drugie_izmereniya/gazoanalizatory/5-1-0-14 (дата обращения: 03.01.2014).

9. Суровов, А. М. Экоаналитический контроль процесса очистки воздуха от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде / А. М. Суровов, А. Г. Бубнов // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. — 2012. — № 2 (30). — С. 87–94.

10. Мосьпан, В. А. Экологический мониторинг окружающей среды на основе комплексного измерения её параметров (газовый анализ) / В. А. Мосьпан, Ю. А. Дрипан, А. В. Берг // Вестник Кременчуг. гос. политехн. ун-та. — 2006. — Вып. 6 (41). — Ч. 1. — С. 130–134.

11. Сысоев, В.В. Мультисенсорные системы распознавания газов типа «электронный нос»: краткий обзор литературы / В.В. Сысоев, Ю.А. Зюрюкин // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. — 2007. — Вып. 1, № 2 (24). — С. 111–119.

12. Пьезограмметрический сенсор концентрации толуола : патент 2376590 Рос. Федерация : G01N27/12 / А. В. Шапошник [и др.]. — № 2007145776.28 ; заявл. 10.12.07 ; опубл. 20.12.09, Бюл. № 35. — 100 с.

13. Аналитические приборы. Газоанализаторы, сигнализаторы газа : прайс-лист [Электронный ресурс] / ФГУП СПО «Аналитприбор». — Режим доступа: <http://www.analitpribory.ru/price-list-prompribor-r-full> (дата обращения: 07.01.2014).

14. Электрохимические сенсоры; термокаталитические сенсоры [Электронный ресурс] // Средства измерений XXI века. — Режим доступа: <http://www.susceptibility.ru/> (дата обращения: 07.01.2014).

15. ADT-53-1185. Датчик формальдегида (CH₂O) [Электронный ресурс] / ООО «Энергометрика». — Режим доступа: <http://www.energometrika.ru/catalog/896/> (дата обращения: 10.01.2014).

16. Датчики газа Sencera [Электронный ресурс] / ООО «Сенсорика». — Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/d9-3.shtml> (дата обращения: 28.04.2014).

17. Полупроводниковые газовые датчики [Электронный ресурс] / Радиотех-Трейд. — Режим доступа: <http://gas-sensor.ru/parts-semiconductor-gas-sensors/> (дата обращения: 10.01.2014).

18. Подбор газоанализаторов [Электронный ресурс] / АналитПриборы.ру. — Режим доступа: <http://www.analitpribors.ru> (дата обращения: 11.01.2014).

19. Gas concentration detection using ultrasonic based on wireless sensor networks / M. Shan [et al.]. — Changzhou : Hohai University, 2010. — 6 p.

20. Toxic gas monitor system design based on wireless sensor network / X. Li [et al.] // Chinese Journal of Sensors and Actuators. — 2010. — Vol. 23, № 6. — Pp. 888–893.

21. Design, characterization and management of a wireless sensor network for smart gas monitoring / V. Jelcic [et al.] // Advances in Sensors and Interfaces : publ. of 4th IEEE International Workshop. — Savelletri di Fasano, 28–29 June 2011. — Pp. 115–120.

Материал поступил в редакцию 03.03.2014.

References

1. Zharova, N. V. Okhrana truda — zadachi modernizatsii: doklad. [Labour protection — modernization problems : report.] Available at: <http://www.myshared.ru/slide/181248/> (accessed: 01.12.09) (in Russian).

2. Belov, S. V. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti: uchebnik dlya vuzov. [Safety of living: textbook for high schools.] Moscow: Vysshaya shkola, 2006, 616 p. (in Russian).
3. Kalygin, V. G., Bondar, V. A., Dedeyan, R. Y. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. Promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost, bezopasnost v tekhnogennykh chrezvychaynykh situatsiyakh: kurs lektsiy. [Life safety. Industrial and environmental safety, safety in man-caused emergency situations: a course of lectures.] Moscow: Khimiya: Kolos, 2006, 520 p. (in Russian).
4. Belyakov, G. I. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti na proizvodstve (okhrana truda): uchebnik dlya vuzov. [Life safety in industries (labor safety): textbook for high schools.] Saint Petersburg : Lan, 2006, 512 p. (in Russian).
5. Dargie, W., Poellabauer, C. Fundamentals of wireless sensor networks. Theory and practice. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2010, 311 p.
6. Orlov, V. Y., Shvyrkova, N. S. Ekologicheskii monitoring. Gazoanalizatory dlya kontrolya zagryazneniya : metod. ukazaniya. [Environmental monitoring. Gas-analyzers for pollution control: method. guidelines.] Yaroslavl: Yaroslavl State University. 2009, 39 p. (in Russian).
7. Metodicheskiye ukazaniya na polyarograficheskoye opredeleniye formaldegida v vozdukh: № 1696-77. [Methodological instructions on polarographic definition of formaldehyde in air: No. 1696-77.] Glavnyy gosudarstvennyy sanitarnyy vrach SSSR, Minzdrav SSSR. Metodicheskiye ukazaniya na opredeleniye vrednykh veshchestv v vozdukh. [Chief state medical officer of the USSR, Ministry of Health of the USSR. Methodological instructions on definition of harmful substances in air.] 1981, iss. 1–5 (in Russian).
8. Gazoanalizatory s termokataliticheskim i elektrokhimicheskim printsipom izmereniya. Indikatornyye trubki. [Gas-analyzers with thermocatalytic and electrochemical measurement principle. Indicator tubes.] KIPiA ot A do Ya. [Instrumentation and automated control systems from A to Z.] Available at: http://knowkip.ucoz.ru/publ/teplotekhnichesk_izmereniya/drugie_izmereniya/gazoanalizatory/5-1-0-14 (accessed: 03.01.2014) (in Russian).
9. Surovov, A. M., Bubnov, A. G. Ekoanaliticheskiy kontrol protsessa oчитki vozdukha ot formaldegida v dielektricheskom baryernom razryade. [Eco-analytical control of air purification process from formaldehyde in the dielectric barrier category.] Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. Regionalnoye prilozheniye. 2012, no. 2 (30), pp. 87–94 (in Russian).
10. Mospan, V. A., Dripan, Y. A., Berg, A. V. Ekologicheskii monitoring okruzhayushchey sredy na osnove kompleksnogo izmereniya yeye parametrov (gazovyy analiz). [Ecological monitoring of environment on the basis of complex measurement of its parameters (gas analysis).] Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University, 2006, iss. 6 (41), part 1, pp. 130–134 (in Russian).
11. Sysoyev, V. V., Zyuryukin, Y. A. Multisensornyye sistemy raspoznavaniya gazov tipa «elektronnyy nos»: kratkiy obzor literatury. [Multitouch gas recognition electronic nose-based systems: digest.] Vestnik Saratov State Technical University, 2007, iss. 1, no. 2 (24), pp. 111–119 (in Russian).
12. Shaposhnik, A. V., et al. Pyezogravimetricheskii sensor kontsentratsii toluola: patent 2376590 Ros. Federatsiya: G01N27/12. [Piezogravimetric sensor of toluene concentration: patent 2376590 Russian Federation: G01N27/12] Patent RF, no. 2007145776.28, 2009 (in Russian).
13. Analiticheskiye pribory. Gazoanalizatory, signalizatory gaza: prays-list. [Analytical instruments. Gas-analyzers, gas detectors: price-list.] FGUP SPO «Analitpribor». Available at: <http://www.analitpribory.ru/price-list-prompribor-r-full> (accessed: 07.01.14) (in Russian).
14. Elektrokhimicheskiye sensory; termokataliticheskiye sensory. [Electrochemical sensors; thermocatalytic sensors.] Sredstva izmereniy XXI veka. [Measuring instruments of the XXI century.] Available at: <http://www.susceptibility.ru/> (accessed: 07.01.14) (in Russian).

15. ADT-53-1185. Datchik formaldegida (CH₂O) [ADT-53-1185. Formaldehyde sensor (CH₂O)]. "Energometrika" LLC. Available at: <http://www.energometrika.ru/catalog/896/> (accessed: 10.01.14) (in Russian).
16. Datchiki gaza Sencera. [Sencera gas detectors.] / "Sensorika" LLC. — Available at: <http://www.sensorika.ru/d9-3.shtml> (accessed: 28.04.14) (in Russian).
17. Poluprovodnikovyye gazovyye datchiki. [Semiconductive gas sensors.] Radiotekh-Treyd. Available at: <http://gas-sensor.ru/parts-semiconductor-gas-sensors/> (accessed: 10.01.2014) (in Russian).
18. Podbor gazoanalizatorov. [Gas-analyzers selection.] AnalitPribory.ru. Available at: <http://www.analitpribors.ru> (accessed: 11.01.2014) (in Russian).
19. Shan, M., et al. Gas concentration detection using ultrasonic based on wireless sensor networks. Changzhou: Hohai University, 2010, 6 p.
20. Li, X., et al. Toxic gas monitor system design based on wireless sensor network. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2010, vol. 23, no. 6, pp. 888–893.
21. Jelcic, V., et al. Design, characterization and management of a wireless sensor network for smart gas monitoring. Advances in Sensors and Interfaces: publ. of 4th IEEE International Workshop. Savellettri di Fasano, 28–29 June 2011, pp. 115–120.

CONTROL METHODS OF OCCUPATIONAL HAZARDS IN REPAIR FACILITIES OF ENGINEERING INDUSTRY*

M. N. Mohsen, M. A. Zhuravleva

Measuring methods of the gas concentration in the working area air of the mechanical-engineering repair facilities are considered. The gas-sensitive sensor types are compared. A classification of the occupational hazards is presented; their health effect is described. The object of this study is a standard repair facility of the mechanical-engineering industry. The workplace assessment charts of one of the electric locomotive repair works are analyzed. Some issues on the acceptable working conditions ensuring, and on decreasing their harmful level are considered. To solve the task of monitoring the occupational hazards, the application of the wireless sensor networks (WSNs) is proposed. The sensor types best suited for the application in the WSN are described. The results of the research conducted allowed making the conclusions on the feasibility of the wireless sensor networks in the safety management systems in the mechanical-engineering repair facilities.

Keywords: *sensor wireless networks, wireless sensor networks (WSNs), occupational hazards, hazard class, repair facilities.*

* The research is done within the frame of the independent R&D.