

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НОРМИРОВАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

В роботі представлені результати досліджень по створенню інформаційно-вимірювальної системи контролю нормованих параметрів промислових факторів. Проведено комп'ютерне моделювання датчиків та їх вимірювальних кіл з метою дослідження процесів, що в них протікають, оптимізації параметрів та покращення характеристик. Наведені результати контролю виробничих факторів: вібрації, шуму, мікроклімату в робочій зоні

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, нормовані параметри, датчики, комп'ютерне моделювання

В работе представлены результаты исследований по созданию информационно-измерительной системы контроля нормированных параметров производственных факторов. Проведено компьютерное моделирование датчиков и их измерительных цепей с целью исследования происходящих процессов, оптимизации параметров и улучшения характеристик. Приведены результаты контроля производственных факторов: вибрации, шума, микроклимата в рабочей зоне

Ключевые слова: информационно-измерительная система, нормированные параметры, датчики, компьютерное моделирование

В. Л. Костенко

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: kvl777@ukr.net

А. А. Николенко

Кандидат технических наук, доцент**

E-mail: anatolyn@ukr.net

Е. Д. Поперека

Аспирант*

E-mail: popereka2013.prof@mail.ru

М. В. Ядрова

Кандидат технических наук, доцент**

E-mail: marinaonpu@yandex.ua

Кафедра информационных систем

К. С. Тыманюк

Аспирант*

E-mail: hitec1@rambler.ru

*Кафедра металлорежущих станков, метрологии и сертификации***

***Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044

1. Введение

Информационно-измерительные системы, включающие входные устройства – датчики, блок автоматизированной обработки информации, устройства отображения, сохранения и передачи на расстоянии информации, пакет программного обеспечения [1] используются достаточно широко в измерительной технике, но не существует единого подхода к применению информационно-измерительных систем для контроля нормированных параметров производственных факторов. Вместе с тем, одним из важных вопросов в области обеспечения высокого уровня безопасности условий труда, а также предупреждения профзаболеваний, является контроль параметров производственных факторов. Воздействие вредных производственных факторов оказывает негативное влияние на производительность труда, безопасность и физиологическое состояние персонала. Такие вредные факторы как вибрация, шум, повышенная температура и т.п., ведут к снижению работоспособности,

недомоганию и травмам. В этой связи большое значение имеют разработки по созданию и внедрению информационно-измерительных систем контроля нормированных параметров производственных факторов.

Эти разработки дадут возможность сократить время на информационно-измерительную деятельность и обработку результатов контроля нормированных параметров за счет расширения функциональных возможностей, повышение точности измерений и производительности измерительных операций.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Основной методологической проблемой при измерении нормированных параметров производственных факторов является недостаточно высокая оперативность контроля параметров производственной сферы. Отсутствие комплексного контроля параметров не по-

зволяет сократить время на проведение измерения и обработку результатов обследования рабочего места за счет расширения числа выполняемых функций, а также повысить точность измерений и производительность измерительных операций.

В последнее время значительный интерес уделяется углубленному исследованию производственных факторов для выделения ряда причин, наиболее отрицательно влияющих на организм человека и установления современных нормативных величин для них.

Так, исследования влияния производственной вибрации на организм человека [2] указывают на необходимость контроля и ограничения воздействия, особенно резонансных с человеческим организмом частот.

Исследования технологического шума [3] показали существенное превышение уровня регламентированного стандартами, 73,83 % рабочих в тяжелых отраслях промышленности подвергаются негативному влиянию шума, из них 60,96 % жалуются на дискомфорт, причиняемый шумом, 39,96 % имеют нарушение слуха.

Изучение параметров микроклимата, которые являются важными факторами окружающей среды и влияют на условия рабочей зоны, показывают, что микроклиматические параметры могут вызывать дискомфорт или же вызывать неблагоприятные последствия для здоровья человека в случае критических значений данных параметров [4]. На микроклимат в рабочей зоне оказывает воздействие технологическое оборудование. В комплексе с физической нагрузкой неоптимальные условия температуры, влажности и скорости движения воздуха оказывают влияние на организм человека, снижая его работоспособность [5]. Многокритериальный контроль параметров микроклимата на рабочем месте частично

позволяет улучшить условия труда [6], однако не позволяет решить проблемы контроля нормированных параметров производственных факторов в целом. При этом недостаточно полно разработана аппаратная часть исследования взаимоусиливающего действия данных параметров по отношению друг к другу [7].

Существующее измерительное оборудование для каждого из рассмотренных нормированных параметров обеспечивает необходимую точность, но вместе с тем не позволяет производить оперативный контроль по всем перечисленным параметрам. В то же время, по решению проблем повышения качества контроля, нормированных параметров производственных факторов отсутствуют исследования по применению современных информационно-измерительных систем.

Целью данной работы является разработка информационно-измерительной системы со специализированным программным обеспечением для комплексного контроля нормированных параметров производственных факторов и повышения оперативности проведения измерений на рабочем месте.

3. Аналитический обзор средств измерений параметров производственных факторов

Нормативные требования к технико-метрологическому уровню приборов контроля нормированных параметров производственных факторов изложены в [8, 9].

Перечень показателей, диапазоны и погрешности их измерений, рекомендуемые типы измерительной техники приведены в табл. 1 их метрологические характеристики получены из источников [10–13].

Таблица 1

Метрологические характеристики приборов контроля

Модель прибора, изготовитель, страна	Измерения параметров санитарно-гигиенических факторов. Диапазоны, погрешности						Измерения шума, дБ
	Температура воздуха, °С	Измерения относительной влажности воздуха, %	Измерения скорости движения воздуха, м/с	Измерения теплового облучения, Вт/м ²	Измерения вибрации		
					Вибро-скорость, мм/с	Вибро-ускорение, м/с ²	
Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2, Россия					$3 \cdot 10^{-2} \div 5 \cdot 10^4 \pm \pm 10\%$ $1 \div 10000 \text{ Гц}$	$3 \cdot 10^{-3} \div 10^3 \pm \pm 10\%$ $1 \div 10000 \text{ Гц}$	$22 \div 140 \pm \pm 0,7 \text{ дБ}$ $2 \div 18000 \text{ Гц}$
Психрометр аспирационный МВ-4М, Россия	25÷50	10÷100±1					
Радиометр энергетической освещенности переносной РАТ-2П-Кварц-41, Украина				10÷2000±6			
Гигрометр «HygroPalm», Швейцария	-40÷+85±0.2	0÷100±1	0÷20±1%				
Гигротермометр «Hygromaster», США	-10÷+50±0.3	20÷100±1.75					
Измеритель параметров «Testo-645», Германия	-20÷+70±0.3	20÷100 ±1.75					
НМР231, Финляндия	-20÷+60±0.1	0÷90 ± 1 90÷100 ± 2					
Термогигрометр TRH-СА, Япония	0÷+80 ± 0.3	10÷99 ± 2					

В результате анализа существующих средств измерений параметров производственных факторов, основные из которых приведены в табл. 1 установлено, что представленные измерители имеют специфические области применения, что ограничивает их использование, вместе с тем прибор типа ВШВ-003М2 не обеспечивают возможность компьютерной обработки данных. Эти же недостатки присущи прибору типа МВ-4М.

Приборы типа: РАТ-2П-Кварц-41, «HygroPalm», «Hygromaster», «Testo-645», НМР231, TRH-CA обеспечивают возможность цифровой обработки результатов измерений, однако не позволяют осуществлять комплексную обработку результатов контроля.

Одним из путей повышения эффективности и универсальности контроля рассмотренных параметров может быть разработка информационно-измерительной системы контроля нормированных параметров производственных факторов.

С учетом изложенного, задачей данных исследований является создание многоканальной информационно-измерительной системы, предназначенной для экспертной поддержки персонала при компьютерном контроле нормированных параметров производственной факторов.

С целью облегчения решения поставленной задачи предлагается использовать существующий стенд типа «Дельфин» [14], который является информационно-измерительным комплексом, предназначенным для экспертной поддержки персонала СТО при диагностике механической конструкции, функциональных систем впрыска и зажигания, датчиков и исполнительных механизмов двигательной автоматики, а также ходовой части автомобиля.

4. Разработка информационно-измерительной системы

Разработанная на базе измерительного стенда типа «Дельфин» система содержит 8 измерительных каналов:

- измерение шума (канал 1);
- измерение относительной влажности воздуха (канал 2);
- измерение виброскорости и виброускорения (полоса частот 5–12600 Гц) (канал 3);
- измерение виброскорости и виброускорения (полоса частот 5–180 Гц) (канал 4);
- измерение скорости движения воздуха (канал 5);
- измерение давления (канал 6);
- измерение температуры (канал 7);
- измерение интенсивности инфракрасного излучения (канал 8).

Структурная схема информационно-измерительной системы контроля нормированных параметров производственных факторов представлена на рис. 1.

Блок электроники обеспечивает коммутацию, согласование, усиление, фильтрацию, аналого-цифровое преобразование и ввод измерительных данных в компьютер. Частота опроса каждого канала более 7000 раз в секунду.

В блоке электроники приняты конструктивные меры и схемные решения по исключению повреждений при перепутывании датчиков и при перегрузке по входу даже при максимальном усилении.

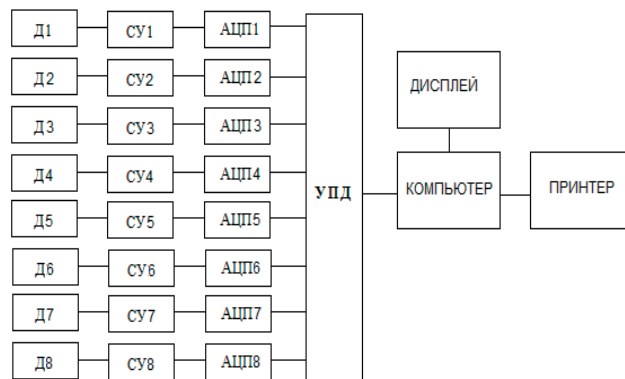


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы контроля нормированных параметров производственных факторов: Д1...Д8 – датчики; СУ1...СУ8 – согласующие устройства; АЦП1...АЦП8 – аналого-цифровые преобразователи; УПД – устройство передачи данных

Произведен выбор датчиков вибрации (пьезодатчиков), датчиков шума, датчиков температуры, скорости движения воздуха, относительной влажности воздуха, интенсивности инфракрасного излучения и датчиков атмосферного давления. Проведено компьютерное моделирование датчиков и их измерительных цепей с целью исследования происходящих процессов, оптимизации параметров и улучшения характеристик.

Например, для измерения виброускорения и виброскорости выбран виброизмерительный пьезоэлектрический преобразователь ДН-4-М1, работающий в диапазоне частот до 12600 Гц, измеряющий виброускорение от 0,003 до 1000 м/с², коэффициент преобразования – $1 \pm 0,06$ мВ/м с⁻². Пьезодатчик используется для преобразования механических колебаний в электрические, пропорциональные ускорению колеблющегося объекта. Данное устройство имеет характеристики, соответствующие характеристикам виброизмерителей для контроля уровня вибраций на рабочем месте [15].

Проведено компьютерное моделирование пьезоэлектрического преобразователя и его измерительной цепи [16]. На рис. 2 представлена модель пьезопреобразователя с усилителем и интегратором.

Модель пьезоэлектрического преобразователя можно представить в виде параллельно соединенных источника переменного напряжения V_1 , конденсатора C_2 и цепочки последовательно соединенных элементов L_1 , R_1 , C_1 , отражающих динамические свойства пьезоэлемента. Величина этих элементов определяется параметрами реального пьезопреобразователя.

Для усиления сигнала пьезопреобразователя используется усилитель заряда с высоким входным импедансом [17]. Усилитель построен на основе операционного усилителя U_{1A} , высокое входное сопротивление отражено на модели резистором R_2 . При измерении виброскорости электрические сигналы, пропорциональные виброускорению, преобразуются интегрирующим устройством на основе операционного усилителя U_{2A} .

Получена и исследована амплитудно-частотная характеристика пьезоэлектрического преобразователя с усилителем (рис. 3, а). Резонансные свойства пьезопреобразователя, использованного в данном устройстве, проявляются на частоте 100 кГц, т.е. линейность

характеристики обеспечена в диапазоне частот до 12600 Гц, уровень выходного напряжения – 3 В достаточен для дальнейших преобразований.

мых профилей осциллографа, анализатора спектра и самописца. ПО предоставляет визуальные средства просмотра спектральных и временных характеристик контролируемых сигналов датчиков, а также обеспечивает графическую среду для выбора и настройки режимов измерения.

В результате имеется возможность оперативного контроля нормированных параметров производственных факторов, а также облегчается накопление, регистрация и статистическая обработка полученных результатов.

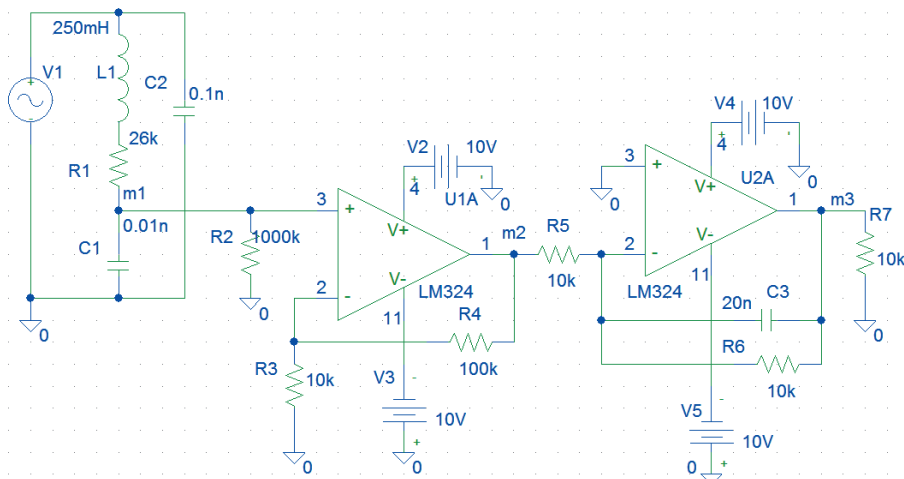
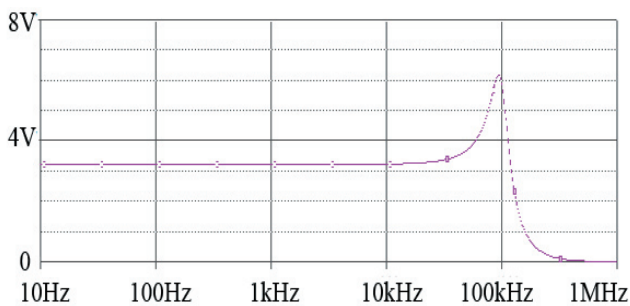


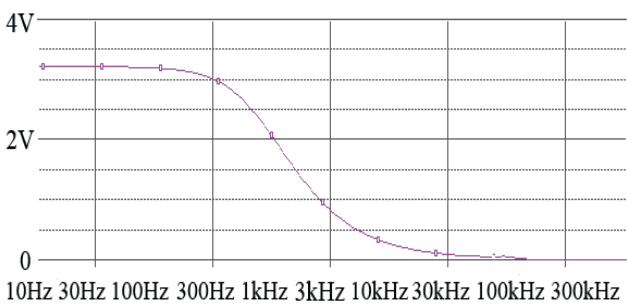
Рис. 2. Модель пьезоэлектрического преобразователя с усилителем и интегратором

5. Апробация результатов исследования

Разработанная информационно-измерительная система на базе стенда типа «Дельфин» представлена на рис. 4.



а



б

Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования: а – АЧХ пьезоэлектрического преобразователя с усилителем; б – АЧХ устройства на выходе интегратора

Получена и исследована амплитудно-частотная характеристика устройства на выходе интегратора (рис. 3, б). Элементы интегратора C_3, R_5, R_6 обеспечивают коэффициент передачи 0 дБ на частоте 16 Гц и спад характеристики 7 дБ на октаву.

В информационно-измерительной системе используется специализированное программное обеспечение (ПО) на основе стенда типа «Дельфин», которое позволяет быстро настроить систему с помощью храни-

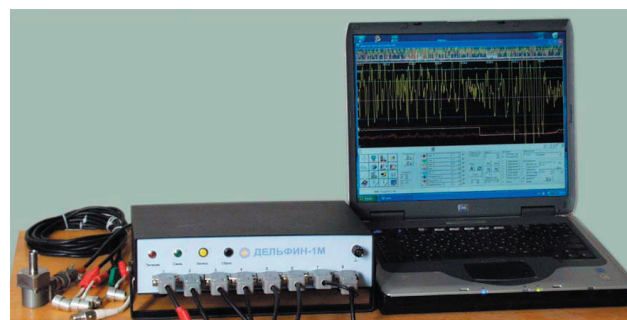


Рис. 4. Информационно-измерительная система на базе стенда типа «Дельфин»

Рассмотрены примеры использования системы при обследовании рабочих мест по разным нормированным параметрам.

В частности, в табл. 2 приведены результаты измерений условий труда электрогазосварщика и их соответствие нормативам [8].

Как следует из табл. 2, фактический уровень интенсивности излучения: 155÷160 Вт/м² превышает допустимый уровень интенсивности инфракрасного излучения 140 Вт/м².

Следовательно, согласно результатам измерения, показатели микроклимата не соответствуют нормативным уровням, регламентированным по показателю интенсивности излучения [8], что относит условия труда электрогазосварщика к классу «Вредные и опасные» 1-й степени [18].

Результаты измерений уровня шума в цехе хлебозавода приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, максимальный уровень шума на рабочем месте составляет 66 дБА при допустимом уровне шума 60 дБА [9]. Следовательно, условия труда работников в цехе хлебозавода можно отнести к вредным [18].

Таблица 2

Результаты исследований микроклимата в холодный период года

№ п/п	Рабочее место и технологический процесс	Температура воздуха, °С	Нормативные уровни, °С	Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		Интенсивность инфракрасного излучения, Вт/м ²	
				факт.	доп.	факт.	доп.	факт.	доп.
1	Электрогазосварщик	15,2	13–23	69	75	0,2	не>0,4	155	140
2		15,8							
3		16,2							
4		12,0							
5		12,6							
6		13,2							

Таблица 3

Результаты исследований прерывистого шума на производственных участках предприятия

Название производственного участка	Уровень шума на участке, дБА	Средний уровень звука, дБА	Продолжительность ступени прерывистого шума, мин	Поправка в зависимости от продолжительности ступеней шума, дБА	Разность для ступени шума, дБА	Добавка к более высокому уровню	Эквивалентный уровень шума, дБА
Участок размельчения ингредиентов	63+66	64,3	30	-12	52,3	6,4/1,0	56
Участок замеса	55+59	57	90	-7,5	45,9	-	
Участок сушки	53+56	54,3	360	-1,2	53,1	0,2/3	

6. Выводы

Разработана многоканальная информационно-измерительная система контроля нормированных параметров производственной сферы, которая позволяет автоматизировать сбор информации, преобразование полученных данных, обработку и отображение информации.

Проведено компьютерное моделирование выбранных датчиков и их измерительных цепей с целью исследования происходящих процессов, оптимизации параметров и улучшения характеристик.

Лабораторная оценка эффективности разработанной системы для контроля нормированных параме-

тров производственной сферы показала возможность ее широкого применения.

Как показали исследования, применение разработанной системы позволяет повысить оперативность контроля нормированных параметров производственных факторов. При этом реализуется новый подход к комплексному контролю нормированных параметров, позволяющий сократить время на проведение измерения и обработку результатов обследования рабочего места за счет расширения числа выполняемых функций, а также повышается точность измерений и увеличивается производительность измерительных операций, и, за счет их автоматизации, уменьшается влияние человеческого фактора на результаты измерений.

Литература

1. Palmius, J. Criteria for measuring and comparing information system [Text] / J. Palmius // Proceedings of the 30th Information Systems Research Seminar in Scandinavia IRIS. – 2007. – Vol. 1. – P. 102–126.
2. Bibhuti, B. Risk from vibration in Indian mines [Text] / B. M. Bibhuti, A. K. Srivastava // Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine. – 2006. – Vol. 10, № 2. – P. 53–57.
3. Atmaca, E. Industrial noise and its effects on humans [Text] / E. Atmaca, I. Peker, A. Altin // Polish Journal of Environmental Studies. – 2005. – Vol. 14, № 6. – P. 721–726.
4. Sokolova, H. Evaluation of thermo-hygic microclimate parameters in the work environment [Text] / H. Sokolova, R. Kralikova, A. Peskova // The Holistic Approach to Environment. – 2013. – Vol. 3, № 1. – P. 53–59.

5. Andrejiova, M. Assessment of the Microclimate in the Work Environment [Text] / M. Andrejiova, R. Kralikova, E. Wessely, H. Sokolova // Daaam Internation Scientific Book. – 2012. – P. 509–516.
6. Mazej, M. Thermal comfort: research and practice [Text] / M. Mazej, J. van Hood // Frontiers in Bioscience. – 2010. – Vol. 2, № 15. – P. 765–788.
7. Kalibatas, D. Multiple criteria analysis of indoor climate at the workplace [Text] : In Proc. of the 9th inter. conf. / D. Kalibatas, E. K. Zavadskas // Modern Building Materials, Structures and Techniques. – Lithuania. Vilnius: Technika, 2007. – P. 141–142.
8. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-1999 [Електронний ресурс] / Режим доступа : http://nbuviar.gov.ua/images/nub/Dmap/15_sanitar%20normy%20mikroklimatu.pdf. – 08.04.2014. – Загл. с экрана.
9. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-1999 [Електронний ресурс] / Режим доступа: <http://ecopravo.org.ua/2011/07/14/dsn-3-3-6-037-99>. – 8.04.2014. – Загл. с экрана.
10. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Паспорт 5Ф2.745.027 ПС. 19 [Електронний ресурс] / Режим доступа: http://sprigor.com.ua/r_vshv003m2.htm. – 12.04.2014. – Загл. с экрана.
11. Радиометр энергетической освещенности переносной РАТ-2П-Кварц-41 [Текст] / Паспорт ИДНМ 3.004.000.00 ПС.– НПФ ТЕНЗОР, 2006. – 15 с.
12. Приборостроение и средства автоматизации. Энциклопедический справочник [Текст] // М.: Научтехлитиздат. – 2004. – № 2. – С. 2–9.
13. Диагностика и ремонт автомобилей: "Дельфин-диагностика" [Електронний ресурс] / Режим доступа: http://autodata.ru/article/all/diagnostika_i_remont_avtomobiley_delfin_diagnostika. – 12.04.2014. – Загл. с экрана.
14. NMP 230 Series Transmitters Operating Manual [Text] / Vaisala. Finland, 1995. – 59 p.
15. Kozlov, M. Optical humidity sensors and optical hygrometers based on absorption of vacuum ultraviolet radiation [Text] : 4th inter. symposium / M. G. Kozlov, K. A. Tomsky // Humidity and Moisture. – Taipei, Taiwan, 2002.– P. 136.
16. Измеров, Н. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль [Текст] : прак. руков. в 2-х томах. Т. 2. / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов, Н. А. Куралесин и др. – М.: Медицина, 1999. – 439 с.
17. Ядрова, М. Моделирование измерительного пьезопреобразователя системы контроля нормированных параметров вибрации [Текст] : тр. XV междунар. науч.-практ. конф./ М. В. Ядрова, Е. Д. Поперека, В. Л. Костенко // Соврем. информ. и электрон. технологии (СИЭТ-2014). – Одесса: ОНПУ, 2014. – С. 80–81.
18. Костенко, В. Моделирование измерительного канала компьютерного фотоплетизмографа [Текст] / В. Л. Костенко, М. В. Ядрова, А. А. Николенко, С. О. Жаровцев // Електротехн. та комп'ют. системи. – 2011. – № 04 (80). – С. 205–208.
19. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу приміщень: ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002 [Електронний ресурс] / Режим доступа: <http://document.ua/gigienichna-klasifikacija-praci-za-pokaznikami-shkidlivosti-nor4882.html>. – 14.04.2014. – Загл. с экрана.