

# 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						
	Температура воздуха, °С	Измерения относительной влажности воздуха, %	Измерения скорости движения воздуха, м/с	Измерения теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>	Измерения вибрации		Измерения шума, дБ
					Вибро-скорость, мм/с	Вибро-ускорение, м/с <sup>2</sup>	
Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2, Россия					3 10 <sup>-2</sup> +5 10 <sup>4</sup> ± ±10% 1÷10000Гц	3 10 <sup>-3</sup> +10 <sup>3</sup> ± ±10% 1÷10000Гц	22÷140± ±0,7дБ 2÷18000Гц
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 переутюживании датчиков и при перегрузке по входу даже при максимальном усилении.

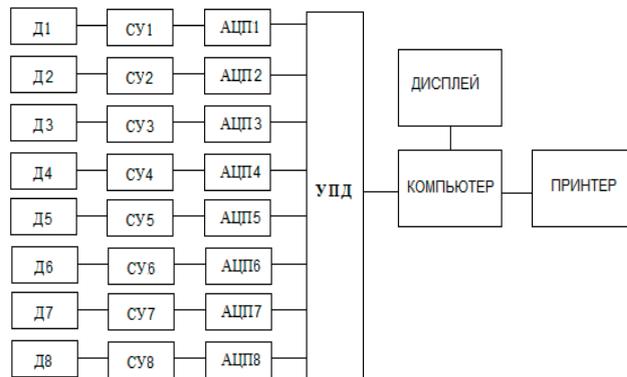


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы контроля нормированных параметров производственных факторов: Д1...Д8 – датчики; СУ1...СУ8 – согласующие устройства; АЦП1...АЦП8 – аналого-цифровые преобразователи; УПД – устройство передачи данных

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/с<sup>2</sup>, коэффициент преобразования –  $1 \pm 0,06$  мВ/м с<sup>-2</sup>. 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 V1, конденсатора C2 и цепочки последовательно соединенных элементов L1, R1, C1, 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 U1A, высокое входное сопротивление отражено на модели резистором R2. При измерении виброскорости электрические сигналы, пропорциональные виброускорению, преобразуются интегрирующим устройством на основе операционного усилителя U2A.

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.

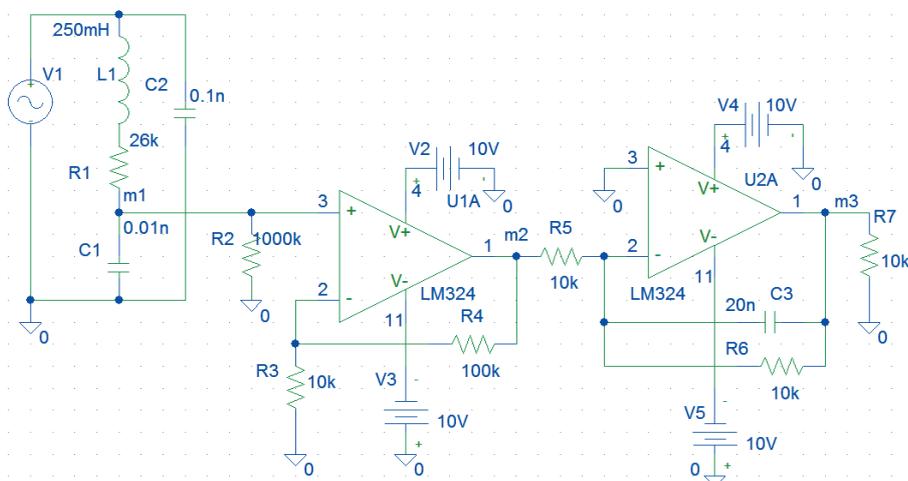
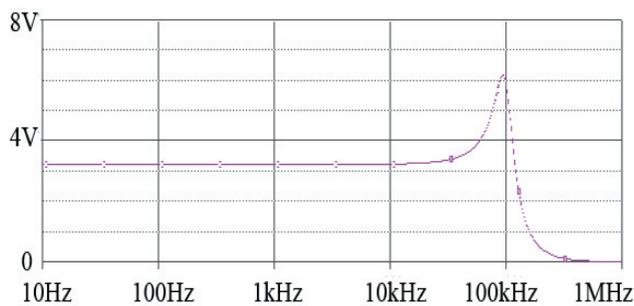


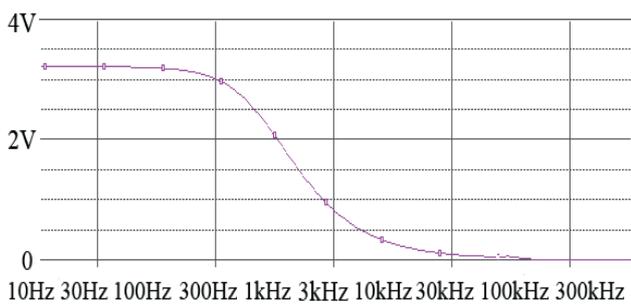
Рис. 2. Модель пьезоэлектрического преобразователя с усилителем и интегратором

### 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-

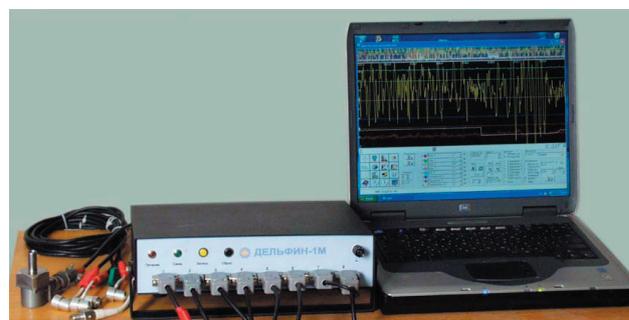


Рис. 4. Информационно-измерительная система на базе стенда типа «Дельфин»

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/м<sup>2</sup> превышает допустимый уровень интенсивности инфракрасного излучения 140 Вт/м<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup>	
				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 парамет-

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 [Электронный ресурс] / Режим доступа : [http://nbuviar.gov.ua/images/nub/Dmap/15\\_sanitar%20normy%20mikroklimatu.pdf](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 [Электронный 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 [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://spribor.com.ua/r\\_vshv003m2.htm](http://spribor.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" [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://autodata.ru/article/all/diagnostika\\_i\\_remont\\_avtomobiley\\_delfin\\_diagnostika](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 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://document.ua/gigienichna-klasifikacija-praci-za-pokaznikami-shkidlivosti-nor4882.html>. – 14.04.2014. – Загл. с экрана.