

необходимо снижать, чтобы привести в норму частоту дыхания и ритм сердца.

Между двумя тренировками должен быть один день без тренировки. Например, для первой недели реабилитации устанавливается следующий режим:

- тренировка 2 минуты, перерыв 1 минута для гимнастики;
- тренировка 2 минуты, перерыв 1 минута для гимнастики;
- тренировка 2 минуты.

В дальнейшем каждую неделю производится увеличение нагрузки и длительности тренировок на 1 минуту.

Состояние спортсмена контролируется по частоте сердечных сокращений. Допустимое значение ЧСС рассчитывается по схеме: 180 ударов в минуту минус возраст. Например, у 40-летнего занимающегося пульс не должен превышать 140 ударов в минуту.

Пульс контролируется на трех этапах каждой тренировки:

- перед началом тренировки – пульс покоя;
- во время тренировки тренировки – пульс нагрузки или стрессовый пульс;
- через 1 минуту по окончании тренировки – пульс восстановления.

Автоматизированная система управления тренажером обеспечивает высокий крутящий момент при низких оборотах двигателя во всем диапазоне скоростей тренажера, что в свою очередь обеспечивает медленный и плавный пуск с нуля и тихую работу тренажера. Программное изменение всех режимов тренажера и контроль состояния спортсмена во время тренировок обеспечивают возможность оперативного изменения программы реабилитации врачом реабилитологом для каждого спортсмена. Применение кросс-тренажеров с плавным изменением нагрузки позволяет сократить время реабилитации и повысить ее эффективность.

Литература

1. Фохтин В. Г. Атлетизм дома. Упражнения без снарядов. Выпуск 3. / В. Г. Фохтин / – М.: «Советский спорт». – 1990. – 30 с.
2. Кросс-тренажеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sport-sklad.ru>. – Дата доступа: 25.03.2018.
3. Справочник конструктора-приборостроителя. Детали и механизмы приборов / Соломахо А. Л. [и др.]. – Минск: Высш. шк., 1990. – 440 с.
4. Методология и средства изменений параметров объектов с неопределенными состояниями / О. К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О. К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

УДК 621.3.049.77; 681.586

ЦИФРОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ КОНТРОЛЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Сушко В.А.

ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены цифровые функциональные электронные модули для контроля содержания кислорода и углекислого газа в воздушной среде.

Ключевые слова: функциональный электронный модуль, контроль газового состава среды.

DIGITAL FUNCTIONAL ELECTRONIC MODULES FOR ENVIRONMENTAL GAS CONTROL

Zdorovtsev S., Kushnerov D., Sushko V.

JSC «MNIPI»

Minsk, Belarus

Annotation. Digital functional electronic modules for monitoring oxygen and carbon dioxide content in air are considered. The parameters of the modules are given.

Keywords: functional electronic module, control of the gas composition of the medium

Адрес для переписки: Здоровцев С.В., ул. Якуба Коласа 73, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ieic@mail.ru

В работе представлены результаты разработки и исследования цифровых функциональных электронных модулей (ФЭМ) контроля содержания кислорода и углекислого газа в воздушной среде.

Разработанные ФЭМ используются для работы в составе информационно-измерительной системы (ИИС), в которой в качестве регистратора данных может быть использован либо пер-

сональный компьютер (ПК) либо планшетный компьютер или смартфон [1, 2].

На рис. 1, 2 представлен внешний вид разработанных ФЭМ.

В качестве сенсорного элемента ФЭМ контроля содержания кислорода в воздушной среде был выбран датчик ME2-O2-Ф20 [3].

Датчик ME2-O2-Ф20 представляет собой электрохимический сенсор, который измеряет

концентрацию газа в процессе электрохимического окисления целевого газа на рабочем электроде внутри электролитической ячейки. Величина тока, возникающего в электролитической ячейке в процессе электрохимической реакции, пропорциональна концентрации газа, вступившего в реакцию.



Рисунок 1 – ФЭМ контроля содержания кислорода в воздухе



Рисунок 2 – ФЭМ контроля содержания углекислого газа в воздухе

Отличительные особенности ME2-O2-Φ20: низкое энергопотребление, высокая точность измерения, высокая чувствительность, широкий линейный диапазон, хорошая повторяемость и стабильность, хорошая помехоустойчивость.

В качестве сенсорного элемента ФЭМ контроля содержания углекислого газа в воздушной среде был выбран датчик MQ-135 [4].

Датчик MQ-135 относится к полупроводниковым приборам. Принцип работы датчика основан на изменении сопротивления тонкопленочного слоя диоксида олова SnO_2 при контакте с молекулами определяемого газа. Чувствительный элемент датчика состоит из керамической трубки с покрытием Al_2O_3 и нанесенного на нее чувствительного слоя диоксида олова. Внутри трубки проходит нагревательный элемент, который нагревает чувствительный слой до температуры, при которой он начинает реагировать на определяемый газ. Чувствительность датчика достигается варьированием состава примесей в чувствительном слое.

Отличительные особенности MQ-135: быстрая реакция и восстановление, регулируемая чувствительность, индикация входного сигнала.

В табл. 1, 2 приведены параметры датчиков кислорода и углекислого газа, используемых в ФЭМ.

Для предварительной обработки измерительной информации в ФЭМ были использованы

высокопроизводительные 32-разрядные микроконтроллеры STM32F103C8T6 с Cortex-M3 RISC процессором, максимальной тактовой частотой 72 МГц, 64 КБайт Flash, 20 КБайт ОЗУ.

Таблица 1. Параметры датчика ME2-O2-Φ20

| | |
|-----------------------|-----------|
| Диапазон измерений | 0 – 25 % |
| Время отклика | ≤15 с |
| Точность | <2% |
| Напряжение питания | 3,3 – 5 В |
| Спротивление нагрузки | 10 ком |

Таблица 2. Параметры датчика MQ-135

| | |
|--------------------|--------------|
| Диапазон измерений | 10 – 200 ppm |
| Время отклика | ≤10 с |
| Напряжение питания | 3,3 – 5 В |
| Потребляемый ток | 150 мА |

Для функционирования ФЭМ в составе ИИС разработано специальное ПО "DIGITAL LABORATORY" на базе ОС Windows 10 и специальное ПО для ФЭМ "Digital Sensors" [5].

Результаты контроля газового состава окружающей среды отображаются в информационном окне регистратора данных в виде цифровых значений контролируемых параметров и графиков зависимости этих параметров от времени наблюдения.

На рис. 3, 4 представлены примеры информационных окон регистратора данных при контроле газового состава окружающей среды.

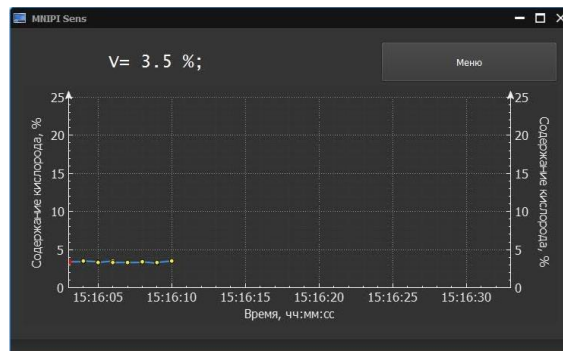


Рисунок 3 – Информационное окно регистратора данных при контроле содержания кислорода в воздухе

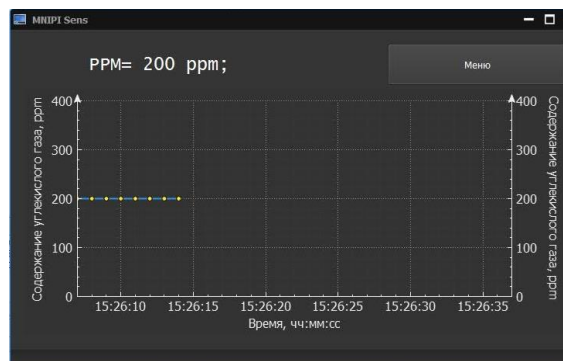


Рисунок 4 – Информационное окно регистратора данных при контроле содержания углекислого газа в воздухе

Разработанные ФЭМ используются в составе программно-аппаратного комплекса, предназначенного для выполнения демонстрационных лабораторных работ по химии и биологии в учреждениях образования. Рассмотренные ФЭМ могут также найти применение в химических и аналитических лабораториях НИИ и промпредприятий при выполнении экспериментальных исследований газового состава окружающей среды.

Литература

1. Здоровцев, С. В. Информационно-измерительная система на базе цифровых функциональных электронных модулей / С. В. Здоровцев, Д. П. Кушнеров, В. А. Сушко // Приборостроение–2020 : материалы 11 международной науч.-техн. конф., 14–16 ноября 2018 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / редкол. : О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 17–19.

2. Здоровцев С. В. Беспроводная контроля параметров удаленных объектов / С. В. Здоровцев, Д. П. Кушнеров, В. А. Сушко // Приборостроение-2020 : материалы 13 международной науч.-техн. конф., 18–20 ноября 2020 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / редкол. : О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 49–51.

3. ME2-O2-Ф20 Oxygen Sensor [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.winsen-sensor.com>. – Дата доступа: 01.10.2021.

4. MQ135 датчик углекислого газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://portal-pk.ru>. – Дата доступа: 01.10.2021.

5. Функциональный электронный модуль контроля линейных перемещений / С.В. Здоровцев, Д.П. Кушнеров, А.В. Паршков, В.А. Сушко // Приборостроение-2017 : материалы 11 международной науч.-техн. конф., 1–3 ноября 2020 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / редкол. : О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 48–50.

УДК 621.391.63; 535.361

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНО-ЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С КВАЗИНУЛЕВОЙ КОНТРАСТНОСТЬЮ

Иванов В.И., Иванов Н.И.

*НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Разработана и исследована математическая модель метода повышения эффективности лазерно-локационного распознавания объектов с квазинулевым оптическим контрастом, основанного на одновременном получении информации не только об оптической, но и о рельефометрической сигнатуре объекта. Показаны преимущества метода по сравнению с обнаружением и распознаванием объектов по оптическому контрасту.

Ключевые слова: обнаружение, распознавание, объекты с малым оптическим контрастом.

METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF LAZAR LOCATION RECOGNITION OF OBJECTS WITH QUASI-ZERO CONTRAST

Ivanov V., Ivanov N.

*Institute for nuclear problems of BSU
Minsk, Belarus*

Abstract. A mathematical model of a method for increasing the efficiency of laser-location recognition of objects with quasi-zero optical contrast, based on the simultaneous receipt of information not only about the optical, but also about the reliefometric signature of the object, has been developed and investigated. The advantages of the method in comparison with the detection and recognition of objects by optical contrast are shown.

Key words: detection, recognition, object with low optical contrast.

*Адрес для переписки: Иванов В.И., ул. Голубева, д. 5, кв. 103, г. Минск 220116, Республика Беларусь
e-mail: ivanov.inp@gmail.com*

Принцип работы лазерно-локационных систем видения (ЛЛСВ) основан на подсветке объекта наблюдения лазерными импульсами с последующей пространственной селекцией и двумерной визуализацией сигнала, отраженного от цели [1].

Под оптическим контрастом объекта k_0 понимается отношение коэффициента отражения K_1 (светимости, яркости) поверхности или ее элемента к коэффициенту отражения K_b (светимости, яркости) некоторой фоновой поверхности, например, в виде [2]

$$k_0 = \frac{K_1 - K_b}{K_b}. \quad (1)$$

С возрастанием оптической плотности атмосферы (гидросферы) интенсивность лазерного излучения $P(R)$ ослабляется в соответствии с законом Бугера

$$P(R) = P_0 e^{-\sigma R}, \quad (2)$$

где P_0 – мощность излучаемого лазерного импульса в начале трассы локации; σ – коэффициент ослабления лазерного излучения; R – расстояние до объекта.

Это приводит к уменьшению (ухудшению) контраста объекта на входе ЛЛСВ в соответствии с уравнением [3]