

**Список літератури:** 1. Якименко Г.Я. Гальванічні покриття. Аспекти вибору, функціональні властивості і технологія одержання: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Г.Я. Якименко, В.М. Артеменко; за ред. Б.І. Байрачного. – Х.: НТУ «ХП», 2009. – 148 с. 2. Якименко Г. Я. Технічна електрохімія. Ч. 3. Гальванічні виробництва: підручник / Г.Я. Якименко, В.М. Артеменко; за ред. Б.І. Байрачного. – Х.: НТУ «ХП», 2006. – 272 с. 3. Деклар. патент на корисну модель 48590 України, МПК С25D 3/56, С25D 5/10, С25D 7/00. Спосіб електроосадження нікель-мідного покриття / Майзеліс А.О., Трубнікова Л.В., Байрачний Б.І., Девізенко О.Ю.; заявитель и патентообладатель НТУ «ХП». – № u 2009 09930; заявл. 29.09.2009; опубл. 25.03.2010; Бюл. № 6. 4. Захаров М.С. Структура электролитических сплавов Cu-Ni, полученных из трилонатных растворов / [М.С. Захаров, О.В. Девяткова, В.В. Поветкин и др.] // Химия и химическая технология. – 2002. – Т. 45, № 6. – С. 82 – 86.

Надійшла до редколегії 31.05.10

УДК 541.138.2

**О.В. ЛИНЮЧЕВА**, докт. техн. наук, доц., НТУУ «КПИ», Киев, Украина

**А.И. БУКЕТ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПИ», Киев, Украина

**А.И. КУШМИРУК**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУУ «КПИ», Киев, Украина

**Ю.С. МИРОШНИЧЕНКО**, студентка, НТУУ «КПИ», Киев, Украина

**О.В. НАГОРНЫЙ**, аспирант, НТУУ «КПИ», Киев, Украина

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ СЕНСОРА И ГЕНЕРАТОРА ГАЗА**

Розроблено модуль у складі амперометричного сенсора і генератора хлору. Генератор призначено для дистанційного тестування і скорочення тривалості перехідних процесів сенсора. Показано, що з метрологічної точки зору паралельне розміщення сенсора і генератора в одній площині має перевагу над тандемним осьовим, проте змушує використовувати нестандартні корпуси збільшених габаритних розмірів.

Разработан модуль в составе амперометрического сенсора и генератора хлора. Генератор предназначен для дистанционного тестирования и сокращения продолжительности переходных процессов сенсора. Показано, что с метрологической точки зрения параллельное размещение сенсора и генератора в одной плоскости имеет преимущество над тандемным осевым, которое однако вынуждает использовать нестандартные корпуса увеличенных габаритных размеров.

A module within the amperometric sensor and generator chlorine is developed. Generator is designed for remote testing and reduction continuance of transitional sensor's processes. Shown that the metrological point of view the parallel sensor and generator arrangement in one plane preponderate than the tandem axial, but constrains to use non-typical bodies with increased overall sizes.

**Введение.** Проблема метрологического обеспечения средств мониторинга окружающей среды актуальна всегда вследствие значительных материальных затрат на ее проведение, которые включают как стоимость эталонных газовых смесей и амортизацию оборудования, так и оплату квалифицированного персонала. Особенно велики затраты на обслуживание многоканальных стационарных газоанализаторов, датчики которых часто расположены в труднодоступных и опасных местах, вследствие чего их демонтаж, замена и отправка на поверку, как и тестирование по месту установки, представляют значительные трудности и сопряжены с немалыми расходами. Поэтому всякое упрощение процедуры метрологического обеспечения в рамках допустимого с точки зрения государственных и отраслевых стандартов является целью большинства поисковых и прикладных исследований в области разработки средств измерений.

Особенностью химических сенсоров, в том числе и амперометрического типа, является рост времени переходных процессов, который наблюдается при длительном их нахождении в анализируемой среде без определяемого компонента, что связано с адсорбционными явлениями и принципиально не может быть устранено другим способом, кроме как периодической тренировкой сенсора поверочной газовой смесью [1].

Целью данной работы является разработка способа дистанционной поверки амперометрических газовых сенсоров и снижения времени их переходных процессов при длительном отсутствии определяемого компонента в анализируемом воздухе. Для практических целей дистанционного мониторинга промышленных объектов стационарными многоканальными газоанализаторами особый интерес представляют системы, в которых газовый сенсор, например, хлора и импульсный электрохимический генератор хлора (далее – микрогенератор) совмещены в едином модуле. В нем обе электрохимические ячейки ориентированны друг относительно друга определенным образом, позволяющим как измерение концентрации хлора в анализируемом воздухе, так и периодическую диагностику сенсорного элемента при помощи микрогенератора.

**Результаты работы.** Определили конструкционные материалы, пригодные для создания системы, изображенной на рис. 1: фторопласт, минеральное стекло и не содержащие хлора полимерные материалы, детали из которых имеют гладкую поверхность. Сенсор (1) и микрогенератор (5) закрепляли в разъемных полиэтиленовых обоймах (9). Обоймы (9) содержат кольцевые контакты (6) из титановой фольги, к усам которых крепили гибкие токоподводы (8). Между обоймами сенсора и микрогенератора устанавливали фиксаторы (4). Блок электрохимических ячеек при помощи эпоксидного компаунда (7) крепили к днищу корпуса ячейки (2), изготовленной из стекла. Хлор из окружающей среды попадал на катод сенсора, ориентированного к открытой части корпуса (2). При включении микрогенератора хлор через диффузионный зазор (3) поступал в газовое пространство сенсора, вызывая его реакцию и частично уходя в атмосферу.

Исследовали зависимость сигнала сенсора с рис. 1 от силы тока на микрогенераторе, хлор от которого мог как восстанавливаться на рабочем электроде сенсора, так и через штуцера выводиться в окружающую среду.

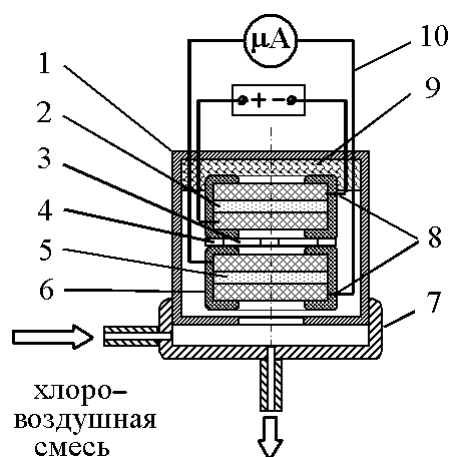


Рис. 1. Схема электрохимического модуля с осевым тандемным размещением сенсора и микрогенератора хлора. Пояснения в тексте.

Показано (рис. 2), что при силе тока на микрогенераторе от 0,5 до 1,0 мА величина сигнала сенсора составляла приблизительно 50 % от этой силы тока, т.е. степень извлечения хлора сенсором составляла 50 %, а вторая половина хлора уходила в атмосферу.

Стабилизация сигнала сенсора достигалась не менее чем за 500 с.

При токах на генераторе менее 0.75 мА длительность переходных процессов возрастает настолько, что ожидать их окончания не имело смысла.

Для сравнения на рис. 2 приведены результаты калибровки сенсора от внешнего генератора поверочной смеси [2], хлоровоздушная смесь от которого поступала с расходом 20 л/ч в адаптер (7).

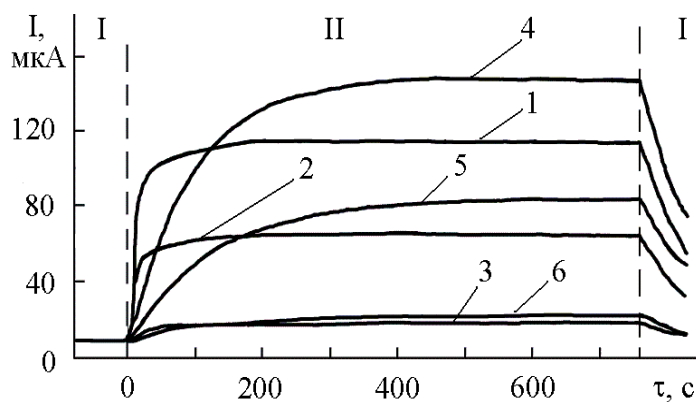


Рис. 2. Переходная характеристика сенсора электрохимического тандемного модуля при подаче хлора от стационарного (1 – 3) и встроенного (4 – 6) генераторов.

Сила тока, мА: 1, 4 – 4; 2, 5 – 2; 3, 6 – 0.5.

Как видно из рис. 2, подача хлора от микрогенератора характеризуется более длительными переходными процессами, но, при одинаковом количестве пропущенного через систему хлора, более высокой степенью его извлечения. При проверке сенсора от микрогенератора в импульсном режиме наблюдается переход сигнала через максимум, величина которого линейно возрастает с увеличением силы тока.

По данным рис. 2 и дополнительных опытов на рис. 3 построена зависимость сигнала сенсора от силы тока соответственно на микрогенераторе и на внешнем генераторе хлора. Линейность обеих зависимостей указывает на допустимость проверки сенсоров от встроенного микрогенератора.

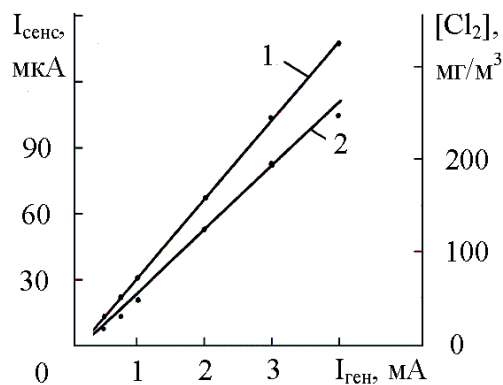


Рис. 3. Зависимость токового сигнала сенсора электрохимического тандемного модуля от постоянного тока на испытываемом (1) и стационарном (2) генераторах хлора

Также проведено измерение хлора в воздухе электрохимическим модулем с рис. 1 в диффузионном режиме, что показало более медленное установление сигнала в 1.5 раза меньшего, чем при подаче поверочной смеси с расходом 20 л/ч.

Таким образом, показана возможность поверки сенсоров электрохимического модуля как в импульсном режиме микрогенератора, так и в диффузионном от внешнего источника поверочной смеси. Длительное время переходных процессов при тандемном расположении сенсора и генератора, ориентированных друг за другом по общей оси симметрии, заставило искать иные способы их размещения с целью ускорения процесса калибровки и соответственной экономии ресурса встроенного генератора.

Предложена конструкция модуля во фторопластовом корпусе с плоскопараллельным расположением сенсора и генератора в виде отдельных электрохимических ячеек, рабочие электроды которых лежат в одной плоскости (рис. 4).

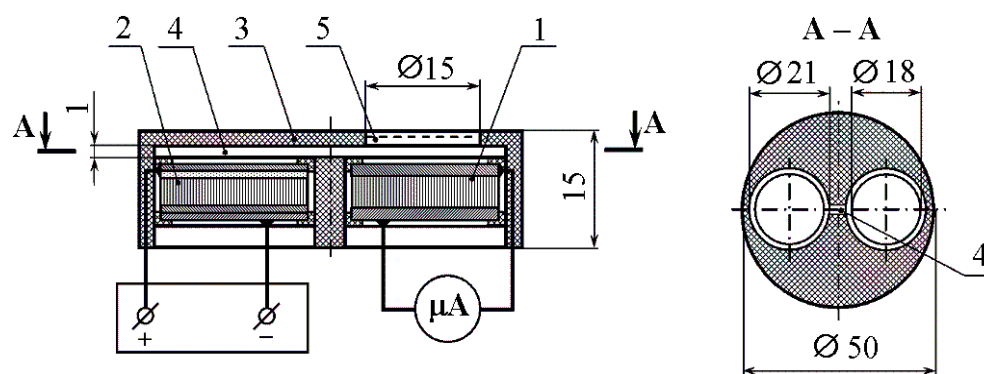


Рис. 4. Схема электрохимического модуля с плоскопараллельным расположением сенсора и генератора:

1 – сенсор; 2 – генератор; 3 – корпус; 4 – газовый зазор; 5 – диффузионное окно.

Показано, что общий вид переходных характеристик реакции сенсора на работу встроенного генератора одинаков для тандемного и параллельного расположения. Однако в последнем варианте длительность переходного процесса сокращается, а сигнала сенсора повышается. Причина состоит в сокращении времени адсорбционного насыщения конструкционных элементов электрохимического модуля вследствие уменьшения площади контакта последних с генерируемым хлором.

Дополнительными экспериментами показано, что с целью экономии ресурса микрогенератора следует сокращать количество электричества пове-

рочного импульса повышая силу тока в нем за счет уменьшения его длительности. При этом качество поверки сенсора не страдает благодаря сокращению адсорбционных потерь хлора при плоскопараллельном размещении ячеек электрохимического модуля.

### **Выводы.**

Разработан электрохимический модуль в составе сенсора и микрогенератора хлора, который допускает дистанционную поверку и тренировку сенсора без участия человека.

Доказано допустимость поверки сенсора в импульсном режиме работы встроенного генератора.

Показано, что плоскопараллельное расположение сенсора и генератора наиболее выгодно с точки зрения метрологических характеристик модуля, хотя имеет недостаток – корпус нестандартных габаритных размеров, которые увеличены более чем в два раза по сравнению с размерами сенсоров унифицированной серии НТУУ «КПИ».

Рекомендуется с целью экономии ресурса генератора проводить поверку сенсора импульсами с меньшим количеством электричества, пропущенного через генератор, сила тока которых увеличена за счет сокращения их длительности.

**Список литературы:** 1. *Лінючева О.В.* Вплив адсорбції визначуваного компонента на час перехідних процесів в амперометричних газових сенсорах / *О.В. Лінючева, О.І. Букет, А.І. Кушмирук* // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2009. – № 3 (65). – С. 131 – 137; 2. А.с. 1684600 СССР, МКИ G 01 F 11/00. Кулонометрический дозатор хлора / *Чвирук В.П., Яцюк Л.А., Герасименко М.А., Нефедов С.В.*; – № 4471646/31; заявл. 3.07.1989; опубл. 15.10.1991, Бюл. № 38.

*Поступила в редколлегию 30.05.10*