

6. Техническая документация ГЛ-1 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rpkb.ru>.

7. Техническая документация на EMP-1 [Электронный ресурс] URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/555103/EMCORE/EMP-1.html>.

8. Волчихин И.А., Волчихин А.И., Малютин Д.М., Матвеев В.В., Распопов В.Я., Телухин С.В., Шведов А.П. Волновые твердотельные гироскопы (аналитический обзор) // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. – Вып. 9. Ч. 2. С. 59–78.

УДК 621.3.049.77: 681.586

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

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

ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты разработки и исследования аппаратно-программного комплекса (АПК), предназначенного для выполнения физико-химического экспресс анализа в лабораторных условиях, проведения демонстрационных экспериментов при проведении лабораторных практикумов по химии.

В основу работы АПК положен принцип функционирования информационно-измерительной системы (ИИС) на базе цифровых функциональных электронных модулей (ФЭМ) [1]. В качестве регистратора данных использован персональный компьютер (ПК), к которому по USB-порту подключаются соответствующие ФЭМ (рисунок 1).



Рисунок 1 – АПК для химических лабораторий

Модульное построение АПК обеспечивает ряд преимуществ при выполнении процесса измерения, регистрации, обработки экспериментальных данных [2]:

- возможность модернизации и развития прикладного и системного программного обеспечения;
- обеспечение независимости метрологических характеристик каналов измерения от внешних каналов обмена информацией;
- организация сетевого протокола обмена данными по каналам обмена информацией;
- сокращение числа каналов передачи аналоговой информации в пользу цифровых каналов, обеспечивающее снижение чувствительности систем к внешним помехам;
- гибкое наращивание аппаратных средств, а также возможность модернизации аппаратных модулей и их замены более совершенными устройствами;

– расширение числа функций, реализуемых в АПК.

Исследования были проведены для АПК, функционирующего в режимах измерения температуры жидкостей и паров, электропроводности растворов, объема газа с контролем температуры, оптической плотности растворов.

В качестве регистратора даны в АПК применен ПК на платформе Microsoft Windows 10 PRO с объемом ОЗУ 2 Гбайт, разрешением экрана монитора не менее 1024×768 пикселей, с портом USB.

Для измерения температуры жидкостей и паров используется ФЭМ контроля температуры, в котором в качестве сенсора температуры применена хромель-алюмелевая термопара ТХА (К) 1199/51. Диапазон контроля температуры от -20 до +1100 °С разбит на три поддиапазона: от -20 до +100 °С; от 0 до +400 °С; от 0 до +1100 °С. На рисунке 2 представлен фрагмент информационного окна ПК в режиме измерения температуры.

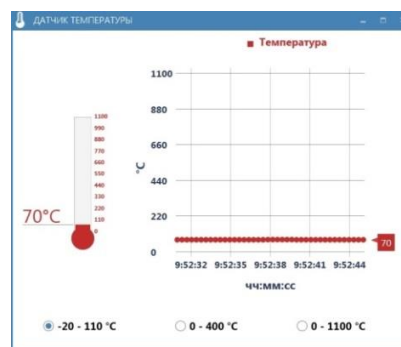


Рисунок 2 – Информационное окно ПК в режиме измерения температуры

Для измерения удельной электрической проводимости растворов используется ФЭМ, принцип работы которого основан на измерении сопротивления раствора, находящегося под действием приложенного к нему переменного напряжения. ФЭМ обеспечивает контроль электропроводности растворов в диапазоне от 0 до 5 мСм/кв.см. На рисунке 3 представлен фрагмент информационного окна ПК в режиме измерения электропроводности растворов.

Для измерения величины объема газа, выделяющегося при проведении химических реакций, используется ФЭМ, принцип работы которого основан на измерении дифференциального давления и температуры газа с последующим пересчетом дифференциального давления в объем выделившегося газа. ФЭМ обеспечивает контроль объема газа в диапазоне от 0,001 дм<sup>3</sup> до 2 дм<sup>3</sup> с одновременным контролем температуры.



Рисунок 3 – Информационное окно ПК в режиме измерения электропроводности

На рисунке 4 представлен фрагмент информационного окна ПК в режиме измерения объема газа с контролем температуры.

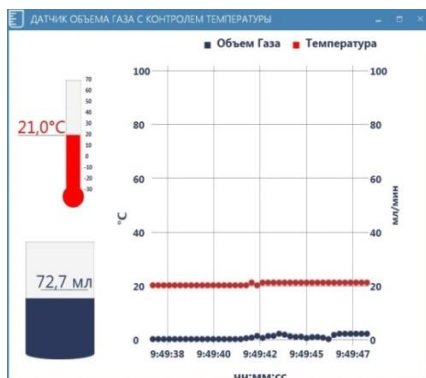


Рисунок 4 – Информационное окно ПК в режиме измерения объема газа с контролем температуры

Для измерения интенсивности окраски растворов используется ФЭМ оптической плотности растворов, фиксирующий интенсивность поглощения света в растворе на длинах волн 525 нм (зеленый), 590 нм (желтый) в единицах оптической плотности. На рисунке 5 представлен фрагмент информационного окна ПК в режиме измерения оптической плотности растворов.

АПК позволяет, практически без затрат времени на предварительную подготовку решать комплексные измерительные задачи при выполнении химических экспериментов в лабораторных условиях. Оригинальное программное обес-

печение дает возможность обеспечивать математическую обработку полученных данных и их отображение на экране ПК в виде гистограмм, графиков, таблиц. Предложенные технические решения дают возможность повысить точность и наглядность выполнения естественнонаучных экспериментов, предоставляют дополнительные возможности по автоматической обработке данных и анализу полученных результатов.

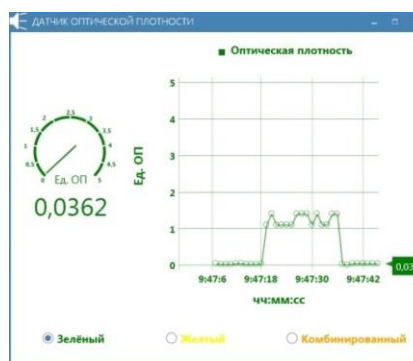


Рисунок 5 – Информационное окно ПК в режиме измерения оптической плотности растворов

В настоящее время рассмотренный АПК уже внедрен в учебный процесс в учреждениях образования Республики Беларусь. На его базе разработаны методические материалы для выполнения лабораторных практикумов по химии [3, 4]. Созданный АПК может также найти применение в химических и аналитических лабораториях НИИ, ВУЗов, промпредприятий при выполнении экспериментальных исследований и учебных опытов, при проведении физико-химического экспресс анализа различных веществ и компонентов.

#### Литература

1. Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Сушко В.А. Информационно-измерительная система на базе цифровых функциональных электронных модулей // Материалы 11-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2018» г. Минск 14–16 ноября 2018 г. – Минск: БНТУ 2018. – С. 17–19.
2. Пьявченко О.Н., Панин А.Е., Мокров А.Е. Принципы построения и архитектура перспективных информационно-измерительных систем мониторинга, диагностики и управления на базе интеллектуальных датчиков // <http://www.microsystems.ru/files/publ/492.htm>
3. Берестнев А.С., Мычко Д.И. Возможности использования программно-аппаратного комплекса с комплектом датчиков для повышения эффективности процесса обучения химии в учреждениях общего среднего образования Республики Беларусь // Бялогія і хімія. – № 9 2018. – С. 28–40.
4. Берестнев А.С., Мычко Д.И. Методические рекомендации по организации демонстрационного эксперимента на учебных занятиях по химии с использованием датчика электропроводности // Бялогія і хімія. – № 1. – 2019. – С. 17–28.