

**Шакиров А.Л.**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан  
e-mail: iskander-bek56@mail.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ФОТОТЕХНИКИ В ОПТИЧЕСКОМ СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ**

Цель исследования – повышение возможностей имеющихся и перспективных приборов оптического спектрального анализа. Разрабатывались схемы спектрографических установок для получения оптических спектров при помощи цифровых фотоаппаратов. Были сконструирована установка на основе стелоскопа СЛ11–А с цифровым фотоаппаратом. Также были изготовлены рабочие макеты спектрографов с использованием цифровых фотоаппаратов. Вторая установка представляет собой классическую схему призмного спектрографа на базе цифрового фотоаппарата SAMSUNG WB 500. Вместо призмы можно было использовать сменную дифракционную решетку. Третья установка состоит из двух частей – собственно спектроскопической части, состоящей из микрометрической щели, объектива, призмы Амичи, съемного концентратора и зеркального цифрового фотоаппарата SONY марки SLT A55V. Методика работы включала физико – техническое моделирование и конструирование. Снимались спектры света, проходящего сквозь различные светофильтры. Получение цифровых спектров необходимо для дальнейшей автоматизации измерений. Установки могут найти применение в областях спектрографии, астрономии, криминалистики и других. Также они могут применяться в демонстрационном эксперименте и в любительском конструировании.

**Ключевые слова:** спектроскоп, спектрограф, цифровой фотоаппарат, спектр.

Shakirov A.L.

Al Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: iskander-bek56@mail.ru

### **Use of digital photo devices in optical spectral analysis**

The aim of the study is to increase the potential of available and prospective devices for optical spectral analysis. Mounting layouts for obtaining optical spectra using digital cameras were developed. An installation on the basis of steeloscope SL11-A with a digital camera was designed as well as working dummies of spectrographs using digital cameras. The second installation is a classical scheme of a prism spectrograph on the basis of digital camera SAMSUNG WB 500. A replaceable diffraction grating may be used instead of the prism. The third unit consists of two parts – the spectroscopic part consisting of micrometric slit lens, Amici prism, removable concentrator and reflex digital camera SONY SLT A55V. The methods of work included physical – technical modeling and design. Spectra of light passing through various filters. Digital spectra obtaining is required for further automation of the measurements. Such installations may be applied in the field of spectrography, forensics, astronomy, etc. These may also be used in demonstration experiment and amateur construction.

**Key words:** spectroscope, digital camera, spectrograph, spectrum.

Шакиров А.Л.

өл-Фараби ат. Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан,  
e-mail: iskander-bek56@mail.ru**Оптикалық спектрлік талдауда сандық фототехниканы пайдалану**

Зерттеудің мақсаты – қолда бар және мүмкіндігі зор аспаптардың оптикалық спектрлік талдау мүмкіндіктерін арттыру. Спектрографиялық қондырғыларды алу үшін оптикалық спектрлер көмегімен сандық фотоаппараттың сызбасы әзірленді. Құрылғы СЛ11–А сандық фотоаппарат стилоскопы негізінде құрастырылды. Сонымен қатар, сандық фотоаппаратты пайдалана отырып спектрографтың жұмыс макеттері дайындалды. Екінші құрылғы SAMSUNG WB 500 сандық фотоаппарат негізінде призмалық спектрографтың классикалық сызбасына негізделген. Призманың орнына ауыспалы дифракциялық тор пайдаланылуы мүмкін. Үшінші қондырғы екі бөліктен тұрады: микрометрлік саңылаудан тұратын спектроскоптың негізгі бөлігі, линза, Амичи призмасы, SLT A55V маркалы SONY сандық фотоаппаратының айналық және құрастырмалы хабы. Жұмыс істеу әдістемесі физика-техникалық модельдеуі және дизайнына негізделген. Өртүрлі жарық сүзгілері арқылы өтетін жарық спектрлері түсірілді. Келешектегі автоматтандырылған өлшеулер үшін сандық спектрлерін алу қажет болады. Қондырғы спектрография, астрономия, криминалистика және басқа да салаларда қолдау таба алады. Сонымен қатар, олар тәжірибе көрсетуде және әуесқойлық құрастыруларда қолданылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** спектроскоп, спектрограф, сандық фотоаппарат, спектр.

**Введение**

Как известно, спектрограф – это спектральный прибор, приёмник которого регистрирует одновременно весь спектр, развёрнутый в фокальной плоскости. Раньше проявка фотопластинок, закрепление, сушка и дальнейший анализ линий был очень трудоемок и не отвечал запросам практики, особенно в тех случаях, когда требовался экспресс – анализ. Затем делались попытки автоматизации и машинной обработки спектров путем анализа линий, оставленных на фотопластинке, однако, этот путь был справедливо признан тупиковым, относящимся к так называемым «ложным проблемам». С развитием технологий появились фотодиодные линейки, способные фиксировать картину световых линий спектра. С появлением ПЗС – матриц появилась реальная возможность автоматизации спектрографических измерений. Современные спектрографические приборы отличаются высокой степенью совершенства, но очень дороги. В то же время цифровая фото – видеотехника переживает период бурного развития и совершенствования. Возможности цифровой фототехники не идут ни в какое сравнение с возможностями пленочной фототехники, особенно черно-белой. Помимо оперативности получения снимков, существенные преимущества дает лёгкость дальнейшей цифровой обработки изображения. В данной работе предлагается в спектроскопах использовать цифровой фотоаппарат непосредственно за окуляром, что превращает их в спектрографы. Было также замечено, что оптические

схемы спектрографов после диспергирующего элемента представляют собой, по существу, фотоаппараты, включающие объективы и фотоматрицы. Была поставлена задача – разработать ряд спектрографических установок для получения фотоизображений оптических спектров различных источников с использованием цифровых фотоаппаратов.

Известен [1] стилоскоп СЛ-11А, который применяется для экспрессных анализов, к точности которых не предъявляется высоких требований. Продолжительность анализа одного образца по всем элементам – 2 ~ 3 минуты. Прибор используется на складах при контроле материалов, на шихтовых дворах, в пунктах сортировки металлического лома и экспресс – лабораториях литейных цехов. Анализ на стилоскопе не сопровождается повреждением образца, это позволяет проверять готовые детали на сборке, в инструментальных и производственных цехах металлообрабатывающих заводов. Прибор находит также широкое применение в научно – исследовательских и учебных лабораториях.

**Описание установки №1**

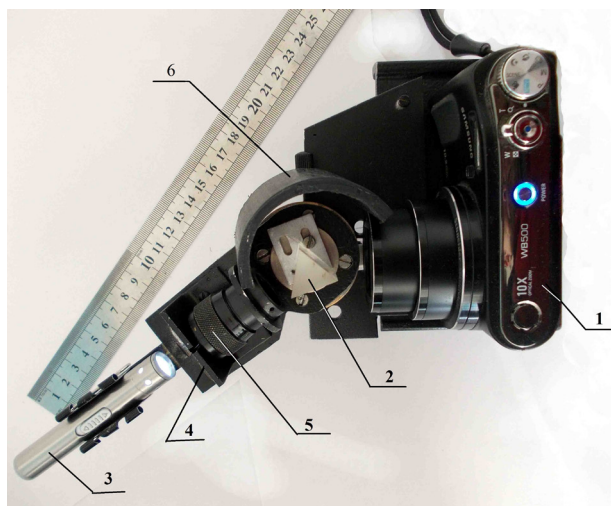
Первая установка была выполнена на основе стилоскопа СЛ-11А путем установки цифрового фотоаппарата напротив окуляра посредством координатника с тремя степенями свободы.

Возможны два варианта установки фотоаппарата – через окуляр и со снятым окуляром. В обоих случаях осуществлялось получение спектров. Таким образом, спектроскоп был пре-

вращен фактически в цифровой спектрограф. Появилась возможность не только визуально наблюдать спектр и делать полуколичественный анализ сплавов металлов, но и фиксировать результат наблюдения в цифровом виде. Это позволит в дальнейшем автоматизировать процесс измерения, повысит точность анализа, позволит составлять цифровой паспорт металлического сплава. В случае использования прибора в научных целях позволит помещать результаты экспериментов в наглядном виде в отчет.



Рисунок 1 – Фотография установки №1.



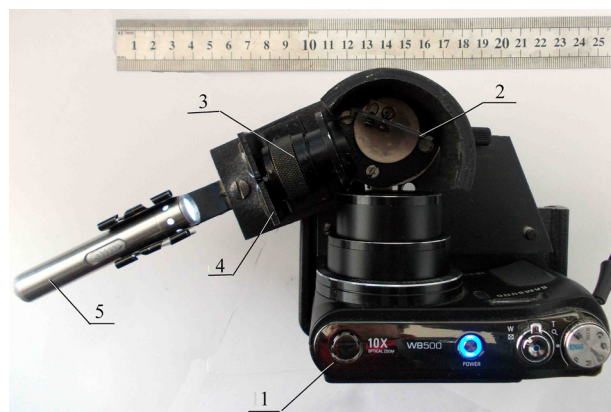
1 – цифровой фотоаппарат; 2 – простая трехгранная призма; 3 – осветитель; 4 – оптическая щель; 5 – объектив; 6 – бленда.

Рисунок 2 – Вид сверху второй установки с призмой

## Описание установки №2

На второй установке (рис. 2) реализована схема классического спектрографа с использованием цифрового фотоаппарата.

Здесь 1 – цифровой фотоаппарат Samsung WB500 [2], он имеет 10 – кратный оптический зум и 5 – кратный цифровой. Этот фотоаппарат делает снимки в формате JPEG. Данный формат используется для любительской съемки, процессор фотоаппарата производит обработку изображения, получаемого с матрицы, и сжимает его. При этом неизбежно изменяется цвет, поэтому вторая установка пригодна в основном только для демонстрационного эксперимента. Съемная призма 2 установлена на поворотном столике, осветитель 3 в виде светодиодного фонарика закреплен на зажиме с возможностью регулировки. Свет от осветителя проходит через оптическую щель 4 и падает на объектив 5, который имеет возможность перемещения по многозаходной резьбе, бленда 6 препятствует попаданию постороннего света. Элементы 3-5 собраны на платформе, которая имеет возможность вращаться на подшипниках вокруг вертикальной оси с возможностью фиксации при помощи барашка.

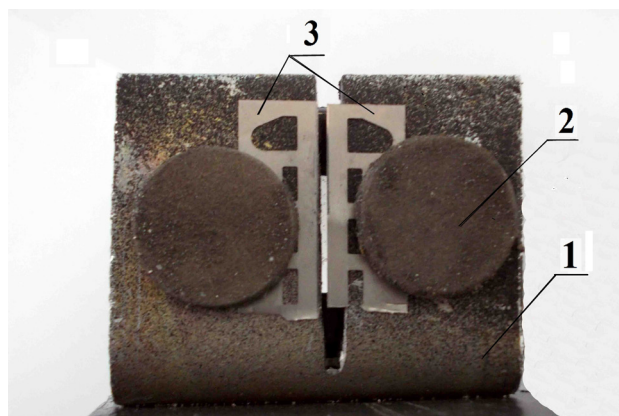


1 – цифровой фотоаппарат; 2 – дифракционная решетка; 3 – объектив; 4 – оптическая щель; 5 – осветитель.

Рисунок 3 – Вид сверху второй установки с дифракционной решеткой

На рисунке 3 в качестве диспергирующего элемента вместо призмы используется дифракционная решетка. Предусмотрена возможность быстрой смены дифракционной решетки на при-

зму. Особо следует остановиться на конструкции самодельной оптической щели, смонтированной на второй установке. На рисунке 4 рамка с прорезью выполнена из стальной (ферромагнитной) пластины. Бритвенные лезвия 3 прижимаются к рамке постоянными магнитами. Лезвия извлечены из одноразовых бритвенных станков, в качестве магнитов используются магниты из футляра сотового телефона. Такая система предусматривает возможность регулировки ширины щели, ее вертикальности и обеспечивает надежное удержание лезвий. Она отличается компактностью, простотой и может быть рекомендована к исполнению при конструировании самодельных спектральных приборов.



1 – стальная рамка с прорезью; 2 – постоянный магнит; 3 – бритвенные лезвия.

Рисунок 4 – Фотография оптической щели

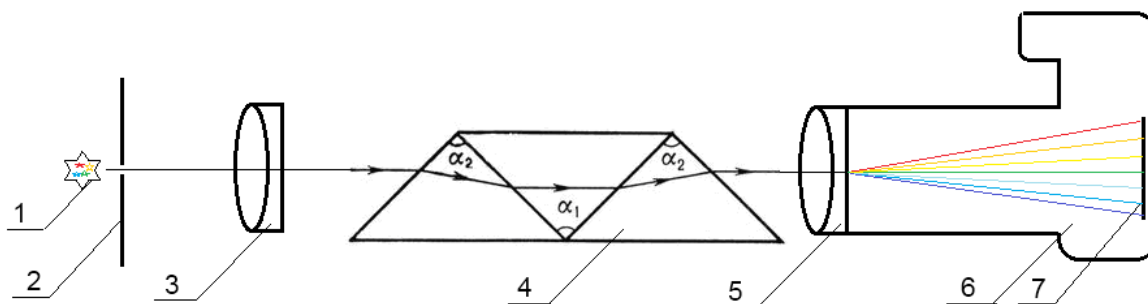
### Описание установки №3

Для достижения наилучшего результата снимки спектров следует производить в несжатом фотографическом формате RAW, который является цифровым аналогом негатива для пленочной фотографии. Кроме того, этот формат обладает большими возможностями, очень гибок и легок в обработке фоторедакторами типа LIGHTROOM4. В этом плане представляют интерес такие опции данного редактора, как: наложение снимков, анализ цветных гистограмм, работа с цветовыми слоями и др.

На рисунке 5 приведена оптическая схема третьей установки, выполненная с использованием зеркального фотоаппарата SONY SLT A55V [3]. Этот фотоаппарат имеет крупную матрицу с большим разрешением и поддерживает формат RAW.

В конструкции используется трёхкомпонентная призма Амичи. Стрелками показан ход световых лучей. В соответствии с этой схемой была сконструирована третья установка, фотография которой приведена на рис. 6.

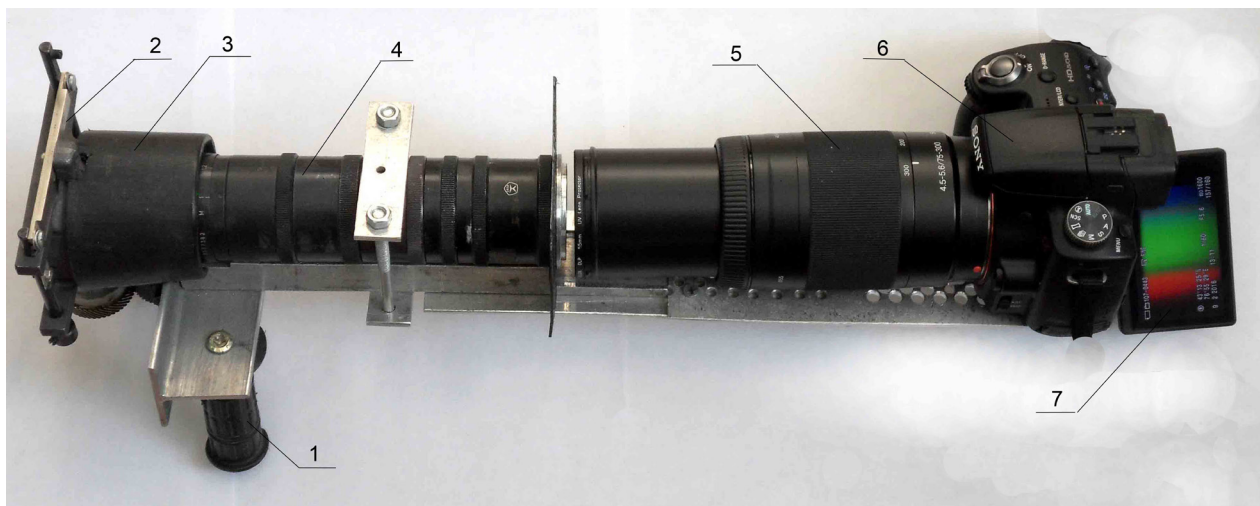
Здесь рукоятка 1 служит для удержания спектрографа в руках, микрометрическая щель 2 имеет возможность регулировки по ширине и высоте. Передний объектив «Юпитер-8» укрывает блендой 3. Призма Амичи не видна, так как закреплена внутри корпуса 4. В составе цифрового зеркального фотоаппарата 6 с экраном 7 используется длиннофокусный объектив 5 с трансфокатором. Для увеличения степени освещенности микрометрической щели перед ней может присоединяться концентратор в виде объектива.



1 – источник; 2 – микрометрическая щель; 3 – объектив; 4 – призма Амичи; 5 – объектив фотоаппарата; 6 – цифровой фотоаппарат; 7 – матрица.

Рисунок 5 – Схема спектрографа





1 – рукоятка; 2 – микрометрическая щель; 3 – объектив под блендой; 4 – призма Амичи, расположенная внутри корпуса; 5 – длиннофокусный объектив; 6 – цифровой зеркальный фотоаппарат; 7 – откидной экран.

**Рисунок 6** – Фотография третьей установки

Установки испытывались в тестовом режиме, на них снимались спектры различных объектов – лазерные линии, спектр атомов натрия, спектр солнечного света с фраунгоферовыми линиями поглощения, спектры полос пропускания цветных светофильтров и др.

### Заключение

В результате проделанной работы были разработаны физические модели установок, служащих для создания, демонстрации и сохранения спектров в цифровом виде. Были созданы

3 спектрографические установки, разработаны методики получения и наблюдения спектров. Предложенные установки продемонстрировали хорошие потребительские качества, высокую степень технологичности, низкую себестоимость и после дополнительных доработок могут быть рекомендованы к мелкооптовому производству. Установки могут найти применение в научных целях, например, в области астрономии, криминалистики и других. Также они могут применяться в быту, в демонстрационном эксперименте и в физическом практикуме по оптике.

### Литература

- 1 <http://paspro.ru/stiloskop-sl-11-a> Описание стилоскопа СЛ-11 А стационарный.
- 2 <http://www.eldorado.ru/cat/detail/71038004/> Описание Цифрового фотоаппарата SAMSUNG WB500
- 3 <http://radojuva.com/2014/03/sony-alpha-slt-a5v/> Фотоаппарат Sony Alpha SLT A55V с объективом Sony DT 3.5-5.6/18-55 SAM

### References

- 1 <http://paspro.ru/stiloskop-sl-11-a> Description of styloscope SL-11 A stationary. (in russ.)
- 2 <http://www.eldorado.ru/cat/detail/71038004/> Description of the Digital Camera SAMSUNG WB500 (in russ.)
- 3 <http://radojuva.com/2014/03/sony-alpha-slt-a5v/> Sony Alpha SLT A55V camera with Sony DT 3.5-5.6 / 18-55 SAM lens. (in russ.)