

Хорошие и стабильные результаты были получены с помощью моделей  $k-\varepsilon$  и RNG  $k-\varepsilon$ . Самые нестабильные результаты показала  $k-\omega$  модель Уилкокса.

Несмотря на множество позитивных отзывов о SST модели Ментера, расчетное с ее помощью значение  $\eta_{ad}$  — одно из самых низких. Особо следует отметить анизотропную модель RSM, показывающую самые лучшие результаты при мощности расчетной сетки 500 К.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов С.В. Математическое моделирование трехмерных вязких течений в турбомашинах — современный взгляд. Ин-т проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины.
2. Launder B.E., Sharma B.I. Application of the energy dissipation model of turbulence to the calculation of flow near a spinning disc // Letters in Heat and Mass Transfer. № 2. 1974. pp. 131-138.
3. Yakhot V., Orszag S.A., Thangam S., Gatski T.B. & Speziale C.G. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique // Physics of Fluids A. Vol. 4, No. 7, 1992, pp.1510-1520.
4. Menter F.R. Eddy Viscosity Transport Equations and their Relation to the  $k-\varepsilon$  Model // ASME J. Fluids Engineering, vol. 119, 1997, pp. 876-884.
5. Wilcox D.C. Turbulence Modelling for CFD. DCW Industries, La Canada, CA 91011, p. 314, 2000.
6. Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications // AIAA Journal, vol. 32, 1994, pp. 269-289.
7. Launder B. E., Reece G. J. and Rodi W. Progress in the Development of a Reynolds-Stress Turbulent Closure // Journal of Fluid Mechanics, Vol. 68(3), pp. 537-566.. 1975.
8. Reid L., Moore R.D. Design and Overall Performance of Four Highly Loaded, High-Speed Inlet Stages for an Advanced High-Pressure-Ratio Core Compressor. NASA Technical Paper 1337, 1978.
9. Moore R.D., Lonnie R. Performance of Single-Stage Axial-Flow Transonic Compressor With Rotor and Stator Aspect Ratios of 1.19 and 1.26, Respectively, and With Design Pressure Ratio of 2.05. NASA Technical Paper 1659, 1980.
10. CFD Validation for Propulsion System Components, AGARD AR-355.
11. Ferziger J.H., Peric M. Computational methods for Fluid Dynamics. Berlin, Springer, 2002.
12. Аксенов А.Н., Шабаров А.Б. Численное моделирование трансзвукового компрессора NASA Rotor 37. Теплофизика, гидрогазодинамика, теплотехника: Сб. статей. Выпуск IV, Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. С. 99-105.

*Владимир Петрович ДУБОВ —  
доцент кафедры радиофизики*

*Владимир Николаевич МОСИЕНКО —  
студент 5 курса физического факультета  
Тюменский государственный университет*

*Михаил Владимирович КАЛЕПЦОВ —  
инженер завода «Электрон»*

УДК 535.33(075.8)

### **ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ**

**АННОТАЦИЯ.** Дано краткое описание устройства и работы лабораторной установки, представляющей собой автоматизированный лабора-

торный флуориметр, приведена функциональная схема и описана область возможного применения.

*The brief description of the laboratories apparatus, which is automatic fluorimeter, its scheme and principles of operation is given. The possible applications are discussed.*

Оперативная регистрация спектров флуоресценции позволяет решить целый ряд прикладных исследовательских задач, относящихся к физике, химии, биологии и экологии. Характерные особенности получаемых спектров в совокупности с математической обработкой позволяют с большой достоверностью идентифицировать исследуемые объекты и контролировать изменение их состояния.

На кафедре радиофизики ТюмГУ исследования экологической направленности и разработка устройств для контроля загрязнений окружающей среды проводятся со дня открытия университета. В основном эти работы связаны с использованием лазеров и методиками дистанционного зондирования [1, 2].

Основная цель настоящей работы — показать возможность оперативного мониторинга экологической обстановки природных объектов с помощью автоматизированного спектрофлуориметра, разработанного в лаборатории лазерной спектроскопии кафедры радиофизики ТюмГУ. Конечно же, в мире существуют автоматизированные комплексы, способные решать указанные выше проблемы [3], но, как правило, они специализируются на решении конкретных задач, ограниченных какой-либо отраслью научных исследований или промышленности. Эти приборы выпускаются в монолитном исполнении и их сложно приспособить для решения несколько других задач. Кроме того, выраженная специализация определяет и достаточно высокую стоимость подобных изделий.

**Описание комплекса.** В настоящей работе мы предлагаем модульный набор приборов общего назначения, которые, будучи объединены со спектральным прибором, представляют собой спектроаналитический лазерный комплекс, способный решать разнообразные задачи, связанные с регистрацией оптических спектров. В настоящее время лабораторный вариант этого комплекса испытывается для регистрации спектров флуоресценции углеводородов в рамках экологических исследований, проводимых на кафедре радиофизики ТюмГУ. Функциональная схема комплекса представлена на рис. 1.

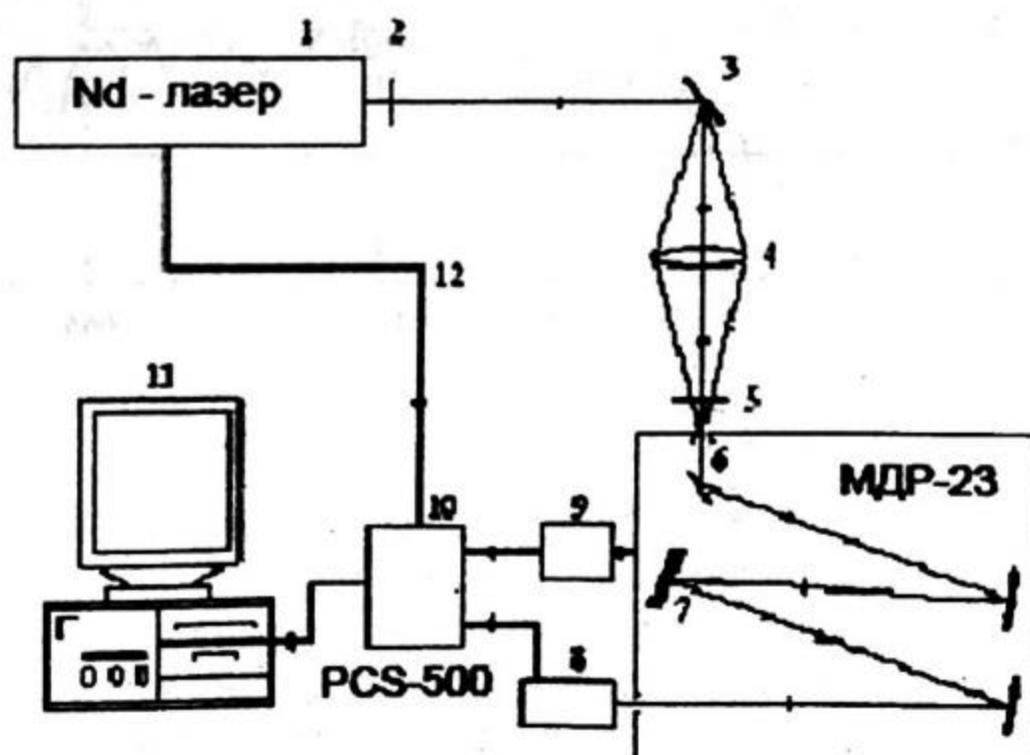


Рис. 1. Функциональная схема лазерного комплекса для регистрации спектров флуоресценции

Лазерный излучатель (1) генерирует излучение с  $\lambda = 532$  нм, которое направляется на исследуемый объект (3). Излучение флуоресценции с помощью линзы (4) фокусируется на входную щель монохроматора (6). Фильтр ОС-14 (5) используется для отсекаания излучения накачки. За монохроматором установлен фотоэлектронный умножитель (8), сигнал которого поступает на вход (2) осциллографа PCS-500 (10). На вход (1) подается сигнал с формирователя сигнала поворота решетки монохроматора (9). Осциллограф работает в режиме внешней синхронизации, для чего используется сигнал блока управления лазерным излучателем.

В качестве излучателя использовался неодимовый импульсный лазер Миди-ЛИНКС 2.40 на алюмо-иттриевом гранате ( $Y_3Al_5O_{12}:Nd^{3+}$ ) с преобразованием во вторую гармонику (532 нм). Выходная мощность лазера варьировалась от 0,5 до 1,0 Вт, частота следования импульсов — от 10 до 30 Гц.

Для получения изображения спектра на экране и синхронизации поворота дифракционной решетки с разверткой на экране монитора использовался формирователь сигнала, сконструированный в нашей лаборатории, и стандартная компьютерная приставка PCS-500, имеющая два входа и способная выполнять функции осциллографа, частотомера и спектроанализатора. Для функциональной обработки поступающих в компьютер сигналов была написана специальная программа, позволявшая создавать массивы данных и пополнять их после каждого импульса излучения.

Методика регистрации спектров отработывалась при наблюдении флуоресценции углеводородов (нефть и газоконденсат) и высших растений. На рис. 2 показан типичный спектр, полученный с помощью лабораторного спектрофлуориметра. Верхняя кривая на рис. 2 представляет собой так называемый наблюдаемый спектр газоконденсата, а нижняя — исправленный спектр, скорректированный с помощью стандартной методики.

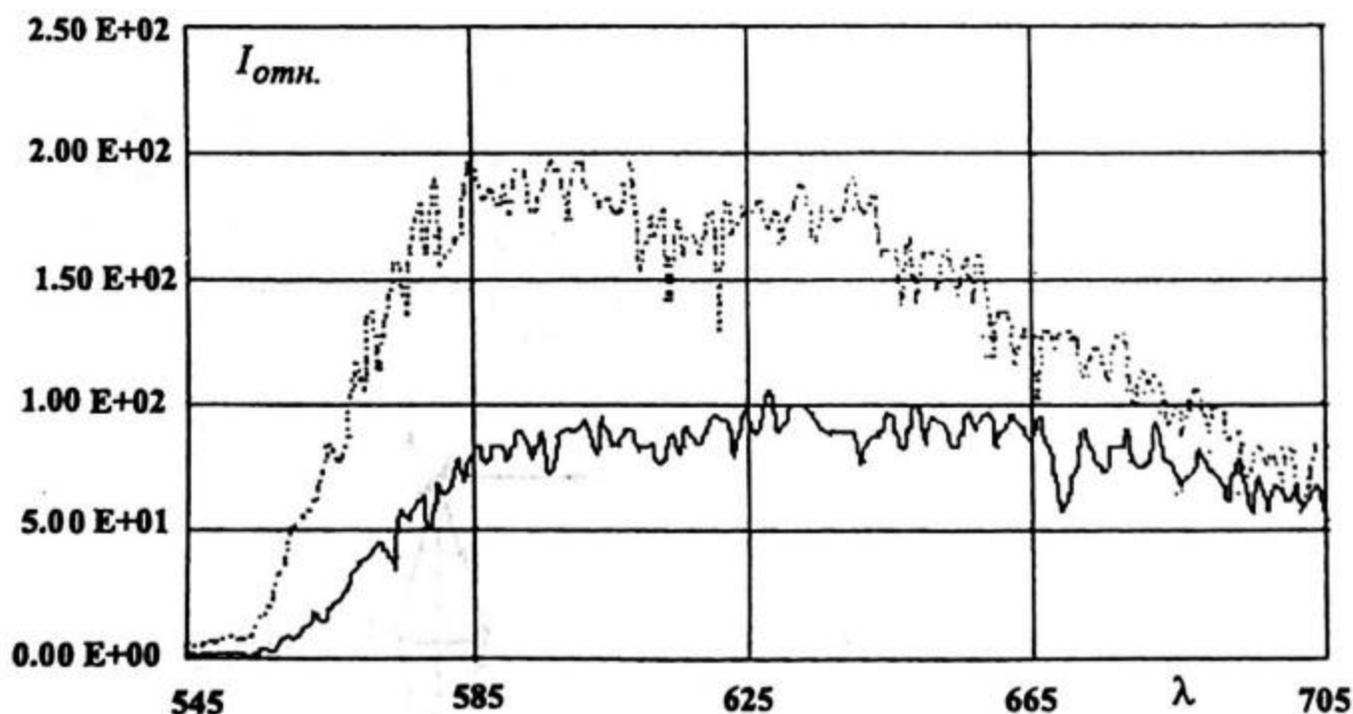


Рис. 2 Наблюдаемый и скорректированный спектры флуоресценции газоконденсата

Время регистрации одного спектра (1,5-2 мин) определяется скоростью вращения дифракционной решетки и величиной наблюдаемого спектрального интервала. Флуоресценция углеводородов занимает интервал длин волн приблизительно от 540-545 нм до 785-800 нм. Спектры флуоресценции высших растений занимают диапазон, смещенный на 40-50 нм в длинноволновую область.

Компьютерная программа, обслуживающая работу спектрального комплекса, позволяет сохранять получаемые спектры и создавать базу данных, которая

при доработке комплекса может быть использована для идентификации исследуемых образцов, например, образцов нефтепродуктов.

**Применение.** Описанный приборный комплекс может использоваться для решения самых разнообразных спектроскопических научных и учебных задач.

На начальной стадии испытаний спектроаналитический комплекс планируется использовать для экологических лабораторных исследований загрязнений твердых и жидких поверхностей органическими соединениями, например, углеводородами, и составления соответствующей базы данных. Эта работа предполагает получение спектров образцов, взятых с определенных участков земной или водной поверхности, и прослеживание спектральных изменений во времени. В этой работе принимают участие студенты старших курсов специализации «Цифровые телекоммуникационные системы и сети», проводя научные исследования и выполняя курсовые и выпускные работы.

Созданный приборный комплекс позволит продолжить работу по изучению влияния слабых электромагнитных полей на динамику роста высших растений [4].

Необходимо отметить, что лабораторных исследований в области экологии проведено более чем достаточно, но экспериментальных работ, проведенных в естественных условиях крайне мало. Поэтому в дальнейшем описываемый комплекс планируется применить в мобильном варианте для натуральных измерений загрязнений водной и земной поверхностей, определения их экологического состояния и степени жизнеспособности.

Основной метод изучения влияния загрязняющих факторов на растительный и животный мир базируется на регистрации флуоресценции природных объектов, таких как высшие растения, микроорганизмы и др. Жизнеспособность водоема или участка суши можно грубо оценить по интенсивности излучения флуоресценции, поскольку переход растительности в «неживое» состояние меняет уровень флуоресцентного отклика и структуру его спектра.

Для проведения подобных исследований лазерный комплекс может быть укомплектован дополнительным источником питания, способным работать от бортовой электрической сети вертолетов, автомобилей и других движущихся устройств, и малогабаритным современным монохроматором или другим спектральным устройством. Планируется на его базе создать дистанционный лазерный флуориметр, способный регистрировать излучение с борта летательного аппарата. Такой мобильный комплекс можно использовать для дистанционного контроля экологической обстановки и в частности для определения степени жизнеспособности водоемов Тюменской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володин А.Н., Дубов В.П. Возможности идентификации углеводородов с помощью поляризационного лидара // Вестник ТюмГУ. 2000. № 1.
2. Дубов В.П., Салюков В.В., Табарин В.А. Дистанционный лазерный флуориметр для обнаружения жидких углеводородов // Тр. Международ. науч.-практ. конф. Тюмень, 1995.
3. Майор А.Ю., Крикун В.А., Павлов А.Н., Букин О.А. Судовой лазерный проточный флуориметр // Патент на полезную модель № 53016, зарегистрированный в реестре полезных моделей РФ 03.04.2006.
4. Дубов В.П., Логинов Ю.П., Семихина Л. П. The increase of food and vegetable cultures after treatment of seeds by weak alternating magnetic field / Plyos 9-th IPCMF-2000. September 2000. С. 80-82.