

*A. C. Войтов<sup>1\*</sup>, В. С. Ефремов<sup>1</sup>*

## **Разработка и исследование жидкостного объектива-дублета с электромагнитным приводом**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: avojtov33@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность разработки жидкостного объектива-дублета с «плавающей» эластичной мембраной и электромагнитным приводом для дальнейшего применения в поиске оптимальной комбинации параметров жидкостей, прозрачных в нескольких диапазонах спектра. Приведены результаты измерения заднего фокального отрезка при изменении управляющего напряжения от  $-5$  до  $+5$  В.

**Ключевые слова:** жидкие линзы, жидкостный объектив-дублет, «плавающая» эластичная мембрана, электромагнитный привод

*A. S. Voytov<sup>1\*</sup>, V. S. Efremov<sup>1</sup>*

## **Development and Research of a Liquid Doublet Lens With an Electromagnetic Drive**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: avojtov33@gmail.com

**Abstract.** The article considers the possibility of developing a liquid doublet lens with a "floating" elastic membrane and an electromagnetic drive for further use in finding the optimal combination of parameters of transparent liquids in several spectral ranges. The results of measuring the rear focal segment when the control voltage changes from  $-5$  to  $+5$  V.

**Keywords:** liquid lenses, liquid doublet lens, "floating" elastic membrane, electromagnetic drive

### ***Введение***

Жидкие линзы – это оптические компоненты, которые обеспечивают плавную регулировку фокусного расстояния без использования подвижных компонентов.

Электромагнитные приводы особенно привлекательны, поскольку они могут обеспечивать чрезвычайно быстрое время отклика порядка  $2\div 3$  мс. Электромагнитные приводы также могут прикладывать к системе достаточно большие усилия, чтобы обеспечить большую деформацию мембраны, что приводит к большему диапазону потенциальных фокусных расстояний жидкой линзы.

В настоящее время известно достаточно много конструкций жидкостных объективов-дублетов [1-6]. Разрабатываемый жидкостный дублет является раз-

витием конструкции с «плавающей» эластичной мембраной по патенту [7]. Необходимость использования эластичной мембраны обусловлена применением жидкостей, работающих в двух и более диапазонах спектра, которые по своим физическим свойствам близки или являются производными от одного вещества, например, нефти.

### *Строение жидкостного дублета*

Жидкостный дублет состоит из двух камер с жидкостями. Первая камера заполнена иммерсионной жидкостью с показателем преломления  $n_D = 1,51$  и коэффициентом дисперсии  $\nu_D = 41,1$ . Вторая камера заполнена пресной водой с параметрами  $n_D = 1,33$ , и  $\nu_D = 55,79$ .

Иммерсионная жидкость имеет плотность  $1,02 \text{ г/см}^3$ , а вода  $1 \text{ г/см}^3$ . Жидкости разделены «плавающей» диафрагмой. Сама диафрагма состоит из кольцевого магнита и пластикового кольца между которыми зажата силиконовая мембрана. Индукционная катушка располагается на внешней части пластикового корпуса. Схема жидкостного дублета представлена на рис. 1.

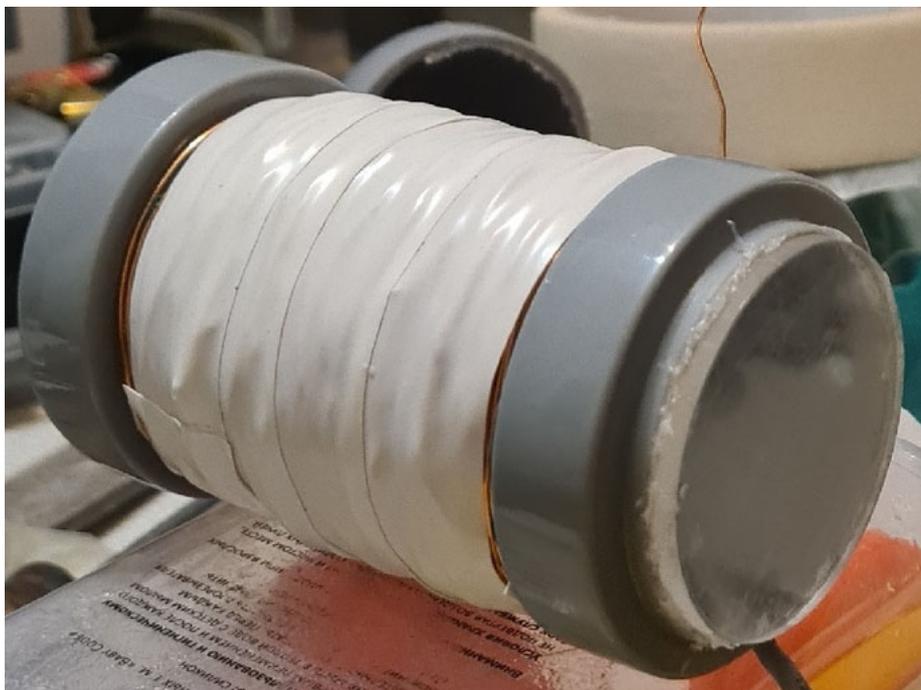


Рис. 1. Внешний вид жидкостного дублета

Измерение заднего фокального отрезка проводились по схеме согласно ГОСТ [8] в визуальном диапазоне спектра. Для измерения заднего фокального отрезка при отрицательных напряжениях после жидкостного дублета устанавливалась положительная линза (рис. 2).

### *Результаты*

Результаты измерений представлены в виде графиков (рис. 3).

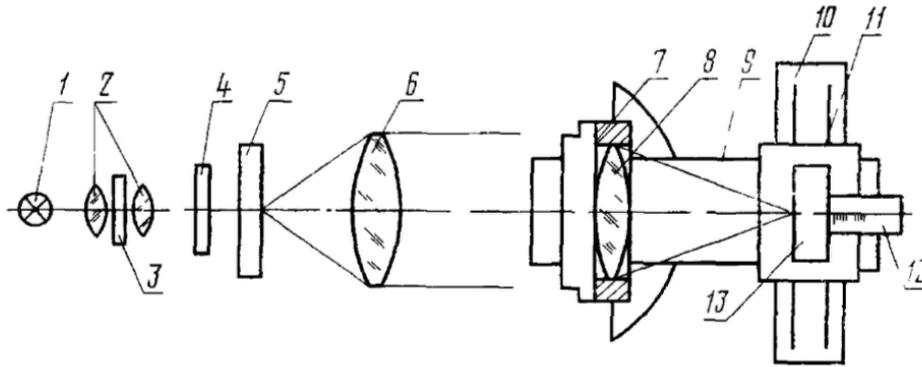


Рис. 2. Схема установки для измерений заднего фокального отрезка:  
 1 – источник излучения, 2 – конденсор, 3 – светофильтр, 4 – матовое стекло, 5 – тест-объект, 6 – объектив коллиматора, 7 – опорный торец, 8 – испытуемый компонент, 9 – рычаг с продольными направляющими, 10 – поперечные направляющие, 11 – каретка, 12 – микрометрический механизм, 13 – приемник изображения

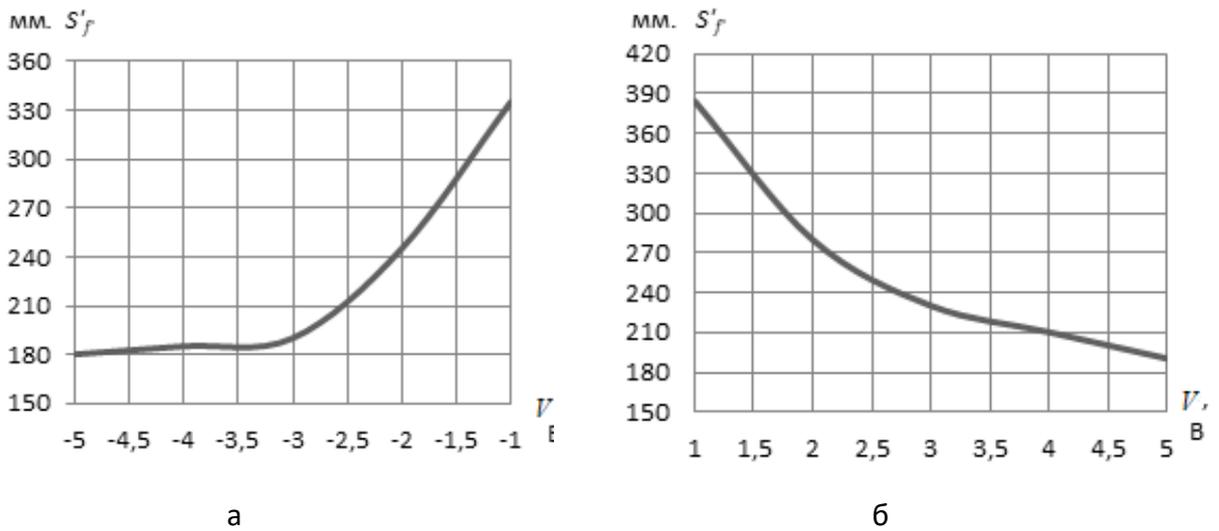


Рис. 3. График измеренного заднего фокального отрезка жидкостного дублета от приложенного напряжения: а – отрицательного, б – положительного

### Заключение

Разработанное и изготовленное устройство предназначено для поиска оптимальных комбинаций жидкостей для различных практических задач из каталогов [9,10] и других баз данных показателей преломления жидкостей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2276800 Российская Федерация МПК51 G02В 15/14; Объектив с переменным фокусным расстоянием [Текст] / А. В. Голицин; Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральное конструкторское бюро точного приборостроения» Российского

- агентства по обычным вооружениям. – 2004136932/28; заявл. 16.12.2004; опубл.: 20.05.2006. – Бюл. № 14. – 6 с.
2. Пат. 2652522 Российская Федерация МПК51 G02B 3/14; Варифокальная жидкая линза [Текст] / Н. А. Иванова; федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет». – 2017117108/28; заявл. 16.05.2017; опубл. : 26.04.2018. – Бюл. № 12. – 6 с.
3. Голицин А. В. Конструкция миниатюрного комбинированного объектива моноблока с жидкими линзами [Текст] / А.В. Голицин, И.О. Михайлов, В.Б. Шлишевский // ГЕО-Сибирь-2014: сб. материалов X Междунар. науч. конгр., 16–18 апр. 2014 г. – Новосибирск : СГГА, 2014. – Т. 3, ч. 2. – С. 34–45.
4. Ефремов, В.С. Использование насадной жидкой линзы для изменения переднего отрезка объектива видеокамеры робототехнических устройств [Текст]/ В.С. Ефремов, Д.Г. Макарова, В.Б. Шлишевский // ГЕО-Сибирь-2015 : сб. материалов XI Междунар. науч. конгр., 20–22 апр. 2015 г. – Новосибирск : СГГА, 2015. – Т. 2, ч. 2. – С. 80–83.
5. Войтов А. С. Перспективы использования жидких линз в объективах фото и видеотехники беспилотных летательных аппаратов [Текст] / А.С. Войтов, И.О. Михайлов // ГЕО-Сибирь-2019 : сб. материалов VX Междунар. науч. конгр., 20–22 апр. 2019 г. – Новосибирск : СГГА, 2019. – Т. 6, ч. 1. – С. 63–69.
6. Войтов А. С. Разработка объектива-моноблока для летательных аппаратов [Текст] / А.С. Войтов, И.О. Михайлов // Калашниковские чтения : сб. материалов VI Всерос. науч. конгр., 6–8 нояб. 2019 г. – Ижевск : ИжГТУ, 2019. – Т. 1, ч. 1. – С. 72– 80.
7. Патент № 2802534 Двухдиапазонный жидкостный вариообъектив на основе эффекта электросмачивания [Текст] / Войтов А.С. (RU), Егоренко М.П. (RU), Ефремов В.С. (RU) Заявка № 2023107211. Приоритет изобретения 27 марта 2023 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 30 августа 2023 г. Срок действия исключительного права на изобретение истекает 27 марта 2043 г.
8. ГОСТ 13096–82 Объективы. Методы измерения рабочего и заднего фокального отрезков.
9. База данных показателей преломления жидкостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cargille.com/> – Загл. с экрана.
10. База данных показателей преломления материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.Refractiveindex.info.ru/> – Загл. с экрана.

© А. С. Войтов, В. С. Ефремов, 2024