

UDC 681.7.067.2

AUTOMATED OPTICAL DESIGN OF A VARIFOCAL 5-LENS OBJECTIVE FOR A BINOCULAR STEREOSCOPIC MICROSCOPE

¹⁾Sokurenko V. M. and ²⁾Sokurenko O. M.

¹⁾National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine;

²⁾Optical and mechanical college of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

E-mail: sokurenko2@meta.ua

Binocular stereoscopic microscopes of medical destinations typically employ objective lenses with a long object distance and relatively low magnification [1]. Varifocal types of stereoscopic microscopes enable users to observe objects at different object distances. This improves viewing experience and convenience in surgical procedures.

The purpose of this study is to examine the possibilities of global optimization techniques in performing automated parametric synthesis of high-quality decentered varifocal objective lenses for given technical parameters of the system. The methods used here are optical system design theory, theory of aberrations, and constrained continuous global optimization.

In this research, the results of an automated synthesis of a five-lens varifocal objective lens for a binocular stereoscopic microscope are presented. The optical system was automatically generated by using proprietary optical design software PODIL [2] with an implemented modified differential evolution algorithm.

The objective lens is intended to operate within the visible spectral range (0.47 to 0.65 micrometers) with eyepieces and/or digital color image sensors. Its optical system considered in this work has two optical components with spherical surfaces. The first (inner) optical component contains a cemented doublet and a single lens. To ensure sharp focusing at object distances within the range of 200 to 400 mm, the first component is shifted along the optical axis. The second (external) optical component is designed as a cemented doublet with a fixed spatial position relative to a microscope's case.

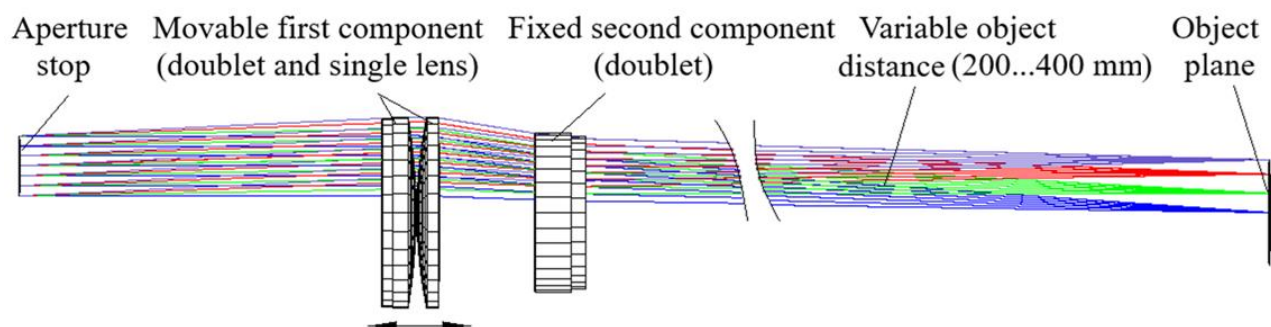


Fig. 1. Schematic optical diagram of the developed varifocal objective lens of a stereoscopic binocular microscope

The objective lens is designed in a reverse ray pass. The aperture stop with a 15.4-mm diameter is set at the tube component and is decentered on 12 mm from the optical axis. To provide focusing at different object distances (200, 250, 300, 350, and 400 mm), the corresponding lens configurations have been created in the program.

In all lens configurations, the angular field of view (FOV) is set constant to 5.5 degrees. The image field diameter varies within the range of 27.2 to 42.8 mm. Distortion is not controlled during the design process since the angular FOV is small.

Fig. 1 shows a schematic optical diagram of the designed varifocal objective lens for a binocular stereoscopic microscope. Fig. 2 illustrates the polychromatic diffraction modulation transfer functions (MTFs) of the system evaluated in one configuration for different field points.

In summary, modern global optimization algorithms can be an effective tool in an automated optical design of objective lenses with high image quality operating with different object distances.

The report may be interesting to engineers developing binocular stereoscopic microscopes for medical or other applications.

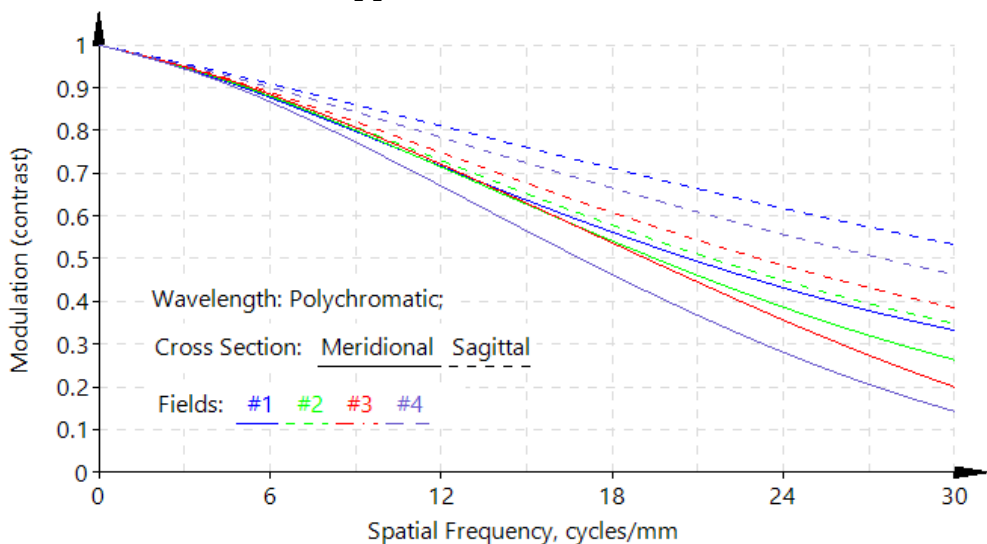


Fig. 2. Polychromatic diffraction MTFs of the generated objective lens shown at the configuration with the object distance equal to 200 mm. Field numbers #1 to #4 correspond to field angles 0°, 1°, 2°, and 2.75°, respectively

Keywords: binocular stereoscopic microscope, medical microscope, objective lens, modulation transfer function.

References

- [1] Kim CH, Ryu SY, Yoon JY, Lee HK, Choi NG, Park IH, Choi HY. See-Through Type 3D Head-Mounted Display-Based Surgical Microscope System for Microsurgery: A Feasibility Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019 Mar 7;7(3): e11251. <https://doi.org/10.2196/11251>.

- [2] Sokurenko, V. (2024). Automated Design of Multi-element Optical Systems for Various Purposes. In: Bezuglyi, M., Bouraou, N., Mykytenko, V., Tymchyk, G., Zaporozhets, A. (eds) *Advanced System Development Technologies I. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 511. Springer, pp. 85–115, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-44347-3_3.

УДК 623.438:623.746-519

ВРАХУВАННЯ ПОХИБОК ПРИЦІЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БОЙОВОЇ МАШИНИ

¹⁾Баган В.Р., ²⁾Микитенко В.І., ³⁾Сенаторов В.М.

¹⁾Науковий центр Сухопутних військ Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана
Петра Сагайдачного, Львів, Україна,

²⁾Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна,

³⁾Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗСУ, Київ, Україна

E-mail: volodymyrbagan@gmail.com; v.mykytenko@kpi.ua; v.senatorov1945@i.ua

Різноманіття засобів, які призначені для ураження бойової машини з різних напрямків, значно ускладнює вирішення завдань забезпечення її живучості. Проблема живучості бойової машини являється комплексною. Для комплексної оцінки живучості зразка необхідно використовувати розрахунково - теоретичні методи. Один із методів оцінки та підвищення ефективності живучості бойової машини як свідчать дослідження [1, 2, 3] - це використання автоматизованої системи протидії засобам повітряного нападу, в яких враховуються поправки на рух цілі і носія, час польоту, дальність стрільби, балістичні поправки і таке ін., здійснюється суміщення прицільної мітки з ціллю і стрільба. А для високої надійності ці системи мають бути бінокулярними коліматорними прицільними пристроями (КПП) найпростішої конструкції: наприклад, з об'єктивом у вигляді тонкого дублету, в фокальній площині якого встановлено дисплей з блоком управління [2]. В такому разі оператор одним оком спостерігає колімовану інформацію, сформовану на дисплеї, а іншим оком – оточуючий простір з ціллю. Суміщення зображень відбувається в мозку людини. Поле зору КПП має дорівнювати діапазону кутів упередження цілі 2ψ , який визначається залежністю [2]:

$$2\psi = 2000V_u \sin q / V_{к.сер} \text{ (мрад)}, \quad (1)$$

де V_u – швидкість цілі, q – курсовий кут (ракурс) цілі, $V_{к.сер}$ – середня швидкість боєприпасів, що застосовуються БМ.

Згідно (1) максимальне значення $2\psi^{max}$ має місце при $q = 90^\circ$. Наприклад, при стрільбі з АКМ на дальність 760 м ($V_{к.сер} = 414$ м/с) по дрону-камікадзе «Шахед-136» ($V_u = 45$ м/с) поле зору КПП по горизонталі $2\psi^{max}$ має бути не менше 218 мрад ($\pm 6,25^\circ$). При стандартному форматі дисплею 3:4 вертикальна складова поля