

УДК 721.011.22:628.9.021

Л. Н. ОРЛОВА, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектурного проектирования

## СВЕТ И ТЕНИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

*Ключевые слова:* оптическая теория светового поля, световое поле в застройке, рассеянные, размытые и четкие оптические изображения светящихся объектов.

---

*На основе оптической теории светового поля наглядно продемонстрирована пространственная структура реального светового поля застройки как аддитивной комбинации пространственно-импульсных рассеянных, размытых и четких оптических изображений светящихся объектов.*

---

В современной теоретической фотометрии под оптическим изображением понимают пространственную структуру светового поля, воспроизводящую форму, взаиморасположение, характер излучения светящихся объектов и оптические свойства среды, в которую они светят [1–3]. Различают *рассеянные* в свободное пространство, *размытые* затеняющими объектами и преобразованные оптическими средами и системами *четкие* оптические изображения. Четкие изображения являются сложнейшими аддитивными комбинациями рассеянных и размытых оптических изображений всего множества светящихся объектов в неограниченной области светового поля.

Показанные на рис. 1, 2 цв. вклейки *четкие* ИО (оптические изображения) содержат полное оптическое (зримое) описание всего жизненного пути фотонов, формирующих изображение: от их рождения в солнечной хромосфере, поглощения и вторичного излучения веществом земной атмосферы, городской среды и до поглощения сетчаткой глаза. То, что мы видим, есть наложение пейзажей пройденного ими пути. Это хорошо иллюстрирует рис. 1 цв. вклейки, на котором показан промежуточный ортогональный пейзаж дома на заснеженном участке, освещенном Солнцем и безоблачным небом. Изображение синтезировано модулем *ClearSky* нашей программы *Lara\_02* [4], реализующим спектрально-колориметрическую модель безоблачной атмосферы [5–7]. Как видно на рис. 1 (цв. вклейки), тени являются размытыми изображениями светящей атмосферы, т. е. изображениями ее индикатрисы рассеяния и оптической толщи [8]. Освещаемые участки есть сумма изображений неба и Солнца. Контуры и структура теней воспроизводят сложную форму апертурных диафрагм, образованных конфигурацией здания в потоках параллельных солнечных и сходящихся от неба гомоцентрических лучей.

Поясним это на примере *2D*-изображения плана участка с домом, расположенного на широте Н. Новгорода (рис. 2 цв. вклейки). Участок и крыши дома покрыты снегом и освещаются безоблачным небом и Солнцем в 8 часов утра 22 февраля (*а*). Тени от дома представляют собою размытое изображение показанного выше (*б*) небосвода. Освещенные участки есть сумма изображений неба и Солнца. Это хорошо видно на структурированном изображении (*в*).

Как видно на рис. 2 цв. вклейки, рассеянное анизотропное изображение Солнца изменяет только цветность и яркость освещенных областей и не влияет



на тонкую структуру поля, порождаемую формой затеняющих объектов, индикатрисы рассеяния и оптической толщи атмосферы. Размытое изображение небосвода имеет единый пространственный рисунок, образованный бесконечным продолжением плоскостей  $m_1n_1, m_2n_2, k_1l_1, k_2l_2$  граней параллелепипедов  $ABCD$  и т. д. как в теневой, так и в освещаемой Солнцем области поля. Разрывы структуры выявляют разные уровни горизонтальных плоскостей пространственного рисунка изображения. Изломы светового поля в плоскостях рисунка, четко воспринимаемые не только в структурированном ( $\epsilon$ ), но и в обычном, гладком ( $\zeta$ ) изображении, разделяют его на темные зоны  $k_1ABk_2, n_1BCn_2$  и т. д. размыва изображения неба гранями параллелепипедов и более светлые зоны  $k_2Bn_1, n_2Cl_2$  и т. д. реберного (суммарного) размыва. Размытое оптическое изображение неба, как и четкое, повернуто на  $180^\circ$ . Этим определяется цветность и яркость света и тени. Тени краснеют по мере удаления от затеняющего объекта, а освещаемые участки – синеют, т. е. насыщенность цвета изображения неба всегда уменьшается с удалением от объектов, образующих это изображение. Примеры световых полей в застройке представлены на рис. 3, 4 цв. вклейки.

Изложенные выше закономерности формирования прямой составляющей изображения плана застройки остаются справедливыми также и для 2D-изображений вертикальных граней (фасадов) объектов и перспективных изображений застройки. Многократные отражения света от поверхностей объектов образуют рефлексы теней – отраженную составляющую светового поля. Рефлексы не меняют пространственного рисунка показанного ( $\epsilon, \zeta$ ) прямого изображения источников света (светящей атмосферы и Солнца), но существенно дополняют и усложняют его за счет образования рассеянных и размытых изображений всех объектов, светящих отраженным светом. Принципы образования рисунка рефлексов аналогичны прямому изображению первичных источников света. Цветность рефлексов определяется  $RGB$  коэффициентами отражения поверхностей объектов и цветностью прямого изображения на их гранях. Теория рефлексов по существу является теорией многократных отражений света и требует специального рассмотрения. Оптико-геометрический подход к описанию качественной сущности явления открывает здесь широкие возможности для исследователей.

Таким образом, оптическая теория светового поля, позволившая использовать для описания световых полей застройки адекватные явлению терминологию и математические аппараты геометрической оптики, проективной геометрии и теории интегральных уравнений, впервые с наглядной очевидностью объяснила сложнейшую структуру реальных световых полей как аддитивную комбинацию пространственно-импульсных рассеянных, размытых и четких оптических изображений светящихся объектов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки : специальность 18.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Людмила Николаевна Орлова ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2006. – 46 с. – Текст : непосредственный.
2. Бахареv, Д. В. Изображение оптическое (к определению основного понятия теории светового поля) / Д. В. Бахареv, Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 2007. – № 2. – С. 4–7.
3. Bakharev D. V. Optical Image : revisiting the Basic Concept of the Light Field Theory / D. V. Bakharev, L. N. Orlova // Light & Engineering. – 2007. – Vol. 15, № 3. – P. 32–37.

**К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ  
«СВЕТ И ТЕНИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ»**

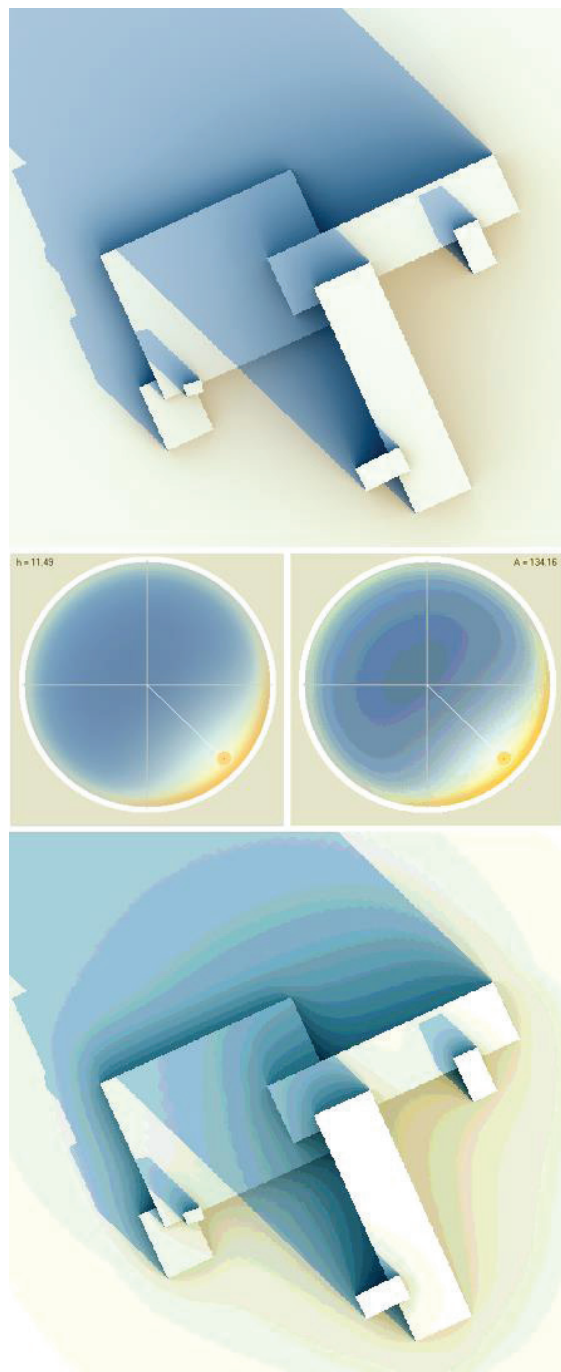


Рис. 1. Горизонтальная ортогональная проекция (план) покрытого снегом участка и дома, освещаемого безоблачным небом и Солнцем. На нижних рисунках изображения градуированы 16 перепадами яркости, демонстрирующими структуру теней как размытых изображений неба и Солнца

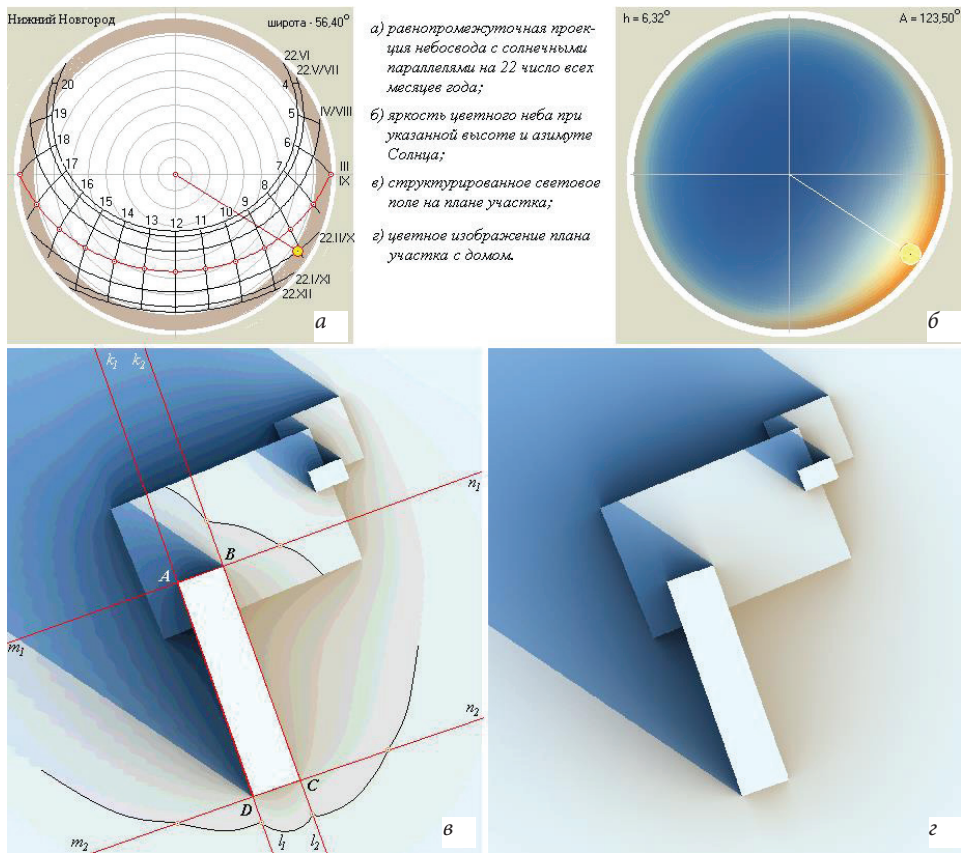


Рис. 2. Изображение плана участка с домом, расположенного на широте Н. Новгорода: в – изображения градуированы 16 перепадами яркости, демонстрирующими структуру теней как размытых изображений неба и Солнца

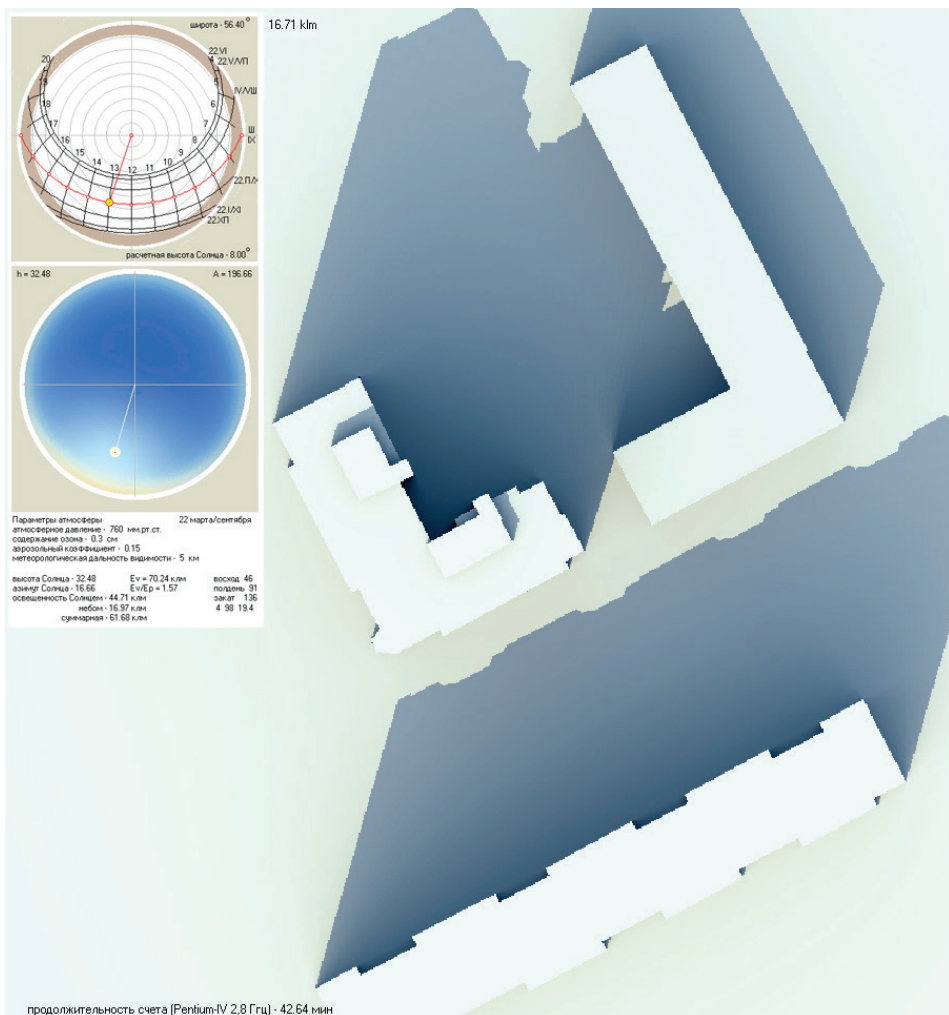


Рис. 3. Световое поле участка застройки по ул. Варварской в Н. Новгороде, освещаемого безоблачным небом и Солнцем в 13 часов

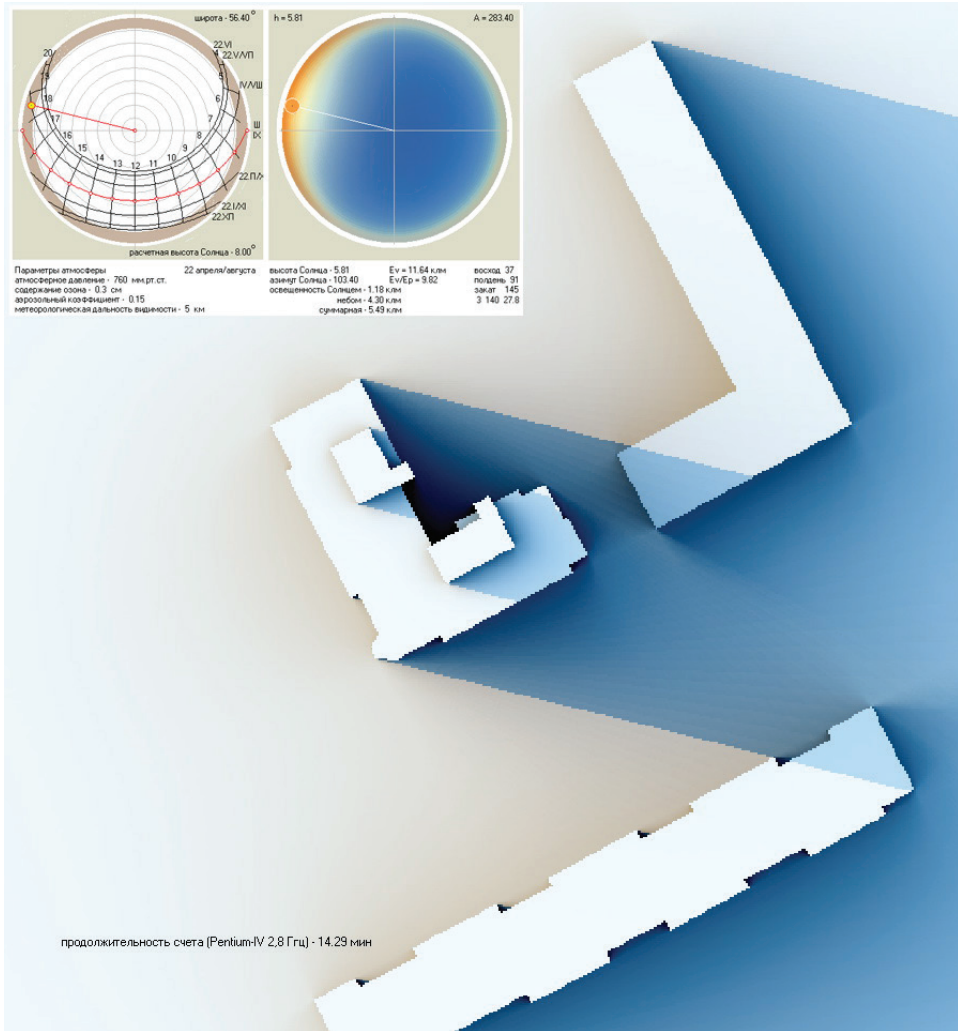


Рис. 4. Световое поле участка застройки по ул. Варварской в Н. Новгороде, освещаемого безоблачным небом и Солнцем в 17<sup>30</sup> часов





4. Бахарев, Д. В. Компьютерный расчет естественного освещения : справочная книга по светотехнике / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова, И. А. Зимнович ; под редакцией Ю. Б. Айзенберга. – Издание 3-е, перераб. и доп. – Москва : Знак, – 2006. – Раздел 18.12. – С. 863–873. – Текст : непосредственный.

5. Орлова, Л. Н. Радиационная модель безоблачной атмосферы в оптическом диапазоне спектра / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 1993. – № 2. – С. 1–4.

6. Orlova, L. N. Radiation model for ancloudless atmosphere in the optical range / L. N. Orlova // Light and Engineering. – 1993. – Vol. 1, № 3. – P. 49–54.

7. Бахарев, Д. В. О визуализации спектральной модели безоблачного неба и Солнца / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова, А. Ф. Ширококов. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 2000. – № 4. – С. 30–34.

8. Орлова, Л. Н. Атмосферная индикатриса рассеяния – инварианта модели яркости небосвода в оптическом диапазоне спектра / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 2016. – № 4. – С. 155–163.

**ORLOVA Lyudmila Nikolaevna, doctor of technical science, professor of the chair of architectural design**

### LIGHT AND SHADOWS ON THE BUILDING SITE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83; e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

*Key words:* optical theory of the light field, light field in the building, scattered, blurred and clear optical images of luminous objects.

---

*Based on the optical theory of the light field, the article clearly demonstrates the spatial structure of the real light field of the building as an additive combination of spatial-pulse scattered, blurred and clear optical images of luminous objects.*

---

### REFERENCES

1. Orlova L. N. Osnovy formirovaniya svetovoy sredy gorodskoy zastroyki [Fundamentals of the formation of the light environment of urban development]: spets. 18.00.04 : dis. ... d-ra tekhn. nauk: Mosk. gos. stroit. un-t. – Moscow, 2006, 46 p.

2. Bakharev D. V., Orlova L. N. Izobrazhenie opticheskoe (k opredeleniyu osnovnogo ponyatiya teorii svetovogo polya) [Optical image (to the definition of the basic concept of the theory of the light field)] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. – 2007. – № 2. – P. 4–7.

3. Bakharev D. V., Orlova L. N. Optical Image: Revisiting the Basic Concept of the Light Field Theory // Light & Engineering. – 2007. – Vol. 15. № 3. – P. 32–37.

4. Bakharev D. V., Orlova L. N., Zimnovich I. A. Kompyuterny raschyot estestvennogo osvescheniya [Computer calculation of natural light] // Spravochnaya kniga po svetotekhnike / pod red. Yu. B. Ayzemberga. 3-e izd. pererab. i dop. – Moscow: Znak. – 2006. – Razdel 18.12. – P. 863–873.

5. Orlova L. N. Radiatsionnaya model bezoblachnoy atmosfery v opticheskom diapazone spektra [Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. – 1993. – № 2. – P. 1–4.

6. Orlova L. N. Radiation model for a cloudless atmosphere in the optical range // Light and Engineering. Allertonpress.Inc. / NewYork. – 1993. – Vol. 1. – № 3. – P. 49–54.

7. Bakharev D. V., Orlova L. N., Shirobokov A. F. O vizualizatsii spektralnoy modeli bezoblachnogo neba i Solntsa [On visualization of a spectral model of a cloudless sky and the Sun] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. – 2000. – № 4. – P. 30–34.

8. Orlova L. N. Atmosfernaya indikatrisa rasseyaniya – invarianta modeli yarkosti небосвода



v opticheskom diapazone spectra [Atmospheric scattering indicatrix is an invariant of the sky brightness model in the optical range of the spectrum] // Svetotekhnika [Light & Engineering]. – 2016. – № 4. – P. 155–163.

© **Л. Н. Орлова, 2023**

Получено: 02.12.2022 г.