

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

---

УДК 721.011:628.9.021

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

## СТРУКТУРА ГОДОВЫХ ПОЛЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83;  
эл. почта: orludm.orlova@yandex.ru

*Ключевые слова:* радиационный режим территорий, годовые дозы облучения, классификация зданий по экранирующей способности фасадов, зоны области экранирования.

---

*Проведено исследование структуры годовых полей облучения территорий. Произведен компьютерный расчет и моделирование, а также проанализированы годовые поля эффективного облучения территорий и выявлены особенности их формирования вокруг зданий различных геометрических параметров и ориентации.*

---

Распределение годовых доз на территории, прилегающей к зданию, является результатом сезонного изменения суточных полей прямого и рассеянного облучения в оптическом диапазоне спектра [1, 2]. Установлено, что в годовых циклах нивелируются сезонные различия в областях незначительного экранирования и четче выявляются закономерности формирования геометрической структуры поля в областях существенного экранирования. Поэтому именно годовые поля облучения наиболее представительны характеризуют радиационный режим, причем в условиях ясного небосвода годовые поля суммарного облучения, а при наличии облачности, в связи с увеличением симметрии распределения количества облучения, реальная картина приближается по своей структуре к полю рассеянной радиации при ясном небосводе [1, 2, 3].

Поля облучения удобно характеризовать в относительных единицах по степени экранирования территории [2]:

$$\eta = 1 - H_M / H_0,$$

где  $\eta$  – степень экранирования;  $H_M$  – годовая доза облучения в точке M экранируемой территории;  $H_0$  – годовая доза облучения открытой территории.

Рассмотрим более подробно структуру полей. Величина и конфигурация поля экранирования вокруг здания произвольной ориентации определяется линейной комбинацией полей от прямоугольных экранов-фасадов здания [4]. Экранирующая способность фасада определяется его относительной длиной  $l/h$  ( $l$  – длина,  $h$  – высота фасада). Все здания в зависимости от  $l/h$  можно подразделить на три группы: 1) башенного типа ( $l/h < 1$ ); 2) средней протяженности ( $1 \leq l/h < 3$ ) и 3) протяженные ( $l/h \geq 3$ ) [2].

Вместе с тем область экранирования можно разделить на три зоны по степени экранирования: а) малого ( $\eta < 0,3$ ); б) среднего ( $0,3 \leq \eta < 0,5$ )



и  $\epsilon$ ) большого ( $\eta \geq 0,5$ ). Целесообразно выделить зону существенного экранирования ( $\eta \geq 0,3$ ), в пределах которой происходит значительное снижение  $H$ .

Произведен компьютерный расчет и моделирование, а также проанализированы годовые поля вокруг зданий различных геометрических параметров и ориентации. Анализ показал, что закономерности формирования годового поля при изменении геометрических параметров зданий в принципе аналогичны отмеченным ранее [4, 5] закономерностям формирования структуры суточных полей. При уменьшении  $l/h$  поле стремится к предельному состоянию для  $l/h = 0$ , т. е. к структуре поля бесконечной вертикальной полосы [2, рис. 1б цв. вклейки], а при увеличении  $l/h$  приближается к полю бесконечно протяженной полосы, т. е. поля вырождаются в плоскопараллельные [2, рис. 1а цв. вклейки]. Структура поля от здания конечных размеров занимает промежуточное положение между двумя предельными [2, рис. 1в цв. вклейки]. Причем, чем больше  $\eta$ , тем быстрее происходит переход поля в одно из предельных состояний. Для зоны существенного экранирования такими предельными значениями являются  $l/h = 0,5$  и  $l/h = 3$ . Для зоны малого экранирования принятие тех же значений в качестве предельных вносит незначительную погрешность ( $\leq 5\%$ ) в определение размеров зоны экранирования при  $l/h < 0,5$  и  $l/h \geq 3$  [2].

Анализ показал, что качественная картина распределения прямого  $H_p$ , рассеянного  $H_r$  и суммарного  $H_c$  практически не зависит от широты, а определяется лишь геометрическими параметрами и ориентацией фасадов здания. Влияние геометрических параметров на структуру годовых полей раскрыто в [2]. Поэтому остановимся подробнее на вопросе о влиянии ориентации фасадов на режим облучения прилегающей к ним территории.

Распределение  $H_p$  существенно зависит от ориентации фасадов. Качественные различия здесь обусловлены азимутальной неравномерностью поступления солнечной радиации на открытом горизонте. Градиент снижения  $H_p$  уменьшается по мере отклонения угла ориентации фасада от северной ( $\alpha = 0^\circ$ ). При этом у фасадов, ориентированных на северную половину горизонта, распределение  $H_p$  характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения лишь в зоне малого экранирования, тогда как в зоне существенного экранирования он достигает некоторой постоянной величины (рис. 1 а,г цв. вклейки). При ориентации фасадов на южные секторы горизонта нарастание градиента снижения происходит постепенно по всей области экранирования. Очевидно, что в количественном отношении облучение территории у фасадов различной ориентации не равноценно.  $H_p$  возрастает от 0 до 50 %  $H_p$  на открытом горизонте при увеличении  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  и соответственно от 50 до 100 % при изменении  $\alpha$  от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ . Территории у фасадов диагональной ориентации по условиям облучения занимают промежуточное положение между С (Ю) и В (З). Так, территории вблизи фасадов с  $\alpha = 135^\circ$  получают 75–80 % от  $H_{p,уф}$  и 74–77 % от  $H_{p,инт}$  на открытом горизонте (УФ – ультрафиолетовая, инт – интегральная радиация). Соответственно при  $\alpha = 45^\circ$  – 25 – 20 % от  $H_{p,уф}$  и 26 – 23 % от  $H_{p,инт}$ . Причем большие значения поступлений  $H_p$  относятся к южным широтам. Отсюда разница в  $H_p$  облучении территории у противоположных фасадов возрастает от 0 у В (З), 50–60 % при ( $\alpha = 135^\circ - 45^\circ$ ) до 100 % у С (Ю).

Картина распределения  $H_r$  отличается от  $H_p$  большей простотой и характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения в направлении



фасадов любой ориентации (рис. 2 цв. вклейки). Структура полей  $H_p$  мало зависит от ориентации фасадов. Так, разница в  $H_{p,уф}$  облучения территории при изменении угла ориентации  $\alpha$  от 0 до 180° не превышает 10–12 %. Увеличение азимутальной неравномерности распределения  $H_{p,инт}$  приводит к возрастанию различий в облучении территории при изменении угла ориентации  $\alpha$  фасадов. Однако эти различия не велики и составляют 13–15 % при увеличении  $\alpha$  от 0 до 90°. Более существенны различия в  $H_{p,инт}$  у противоположных фасадов, достигающие 20 % у зданий диагональной и 30 % у зданий широтной ориентации.

Как уже отмечалось выше, структура полей  $H_c$  определяется вкладом прямой и рассеянной составляющих и характеризуется постепенным нарастанием градиента снижения  $H_c$  при приближении к фасаду (рис. 3–4 цв. вклейки). В отличие от полей  $H_p$  территории у северных фасадов зданий широтной ориентации получают 27–29 % от  $H_{c,уф}$  и 15–25 % от  $H_{c,инт}$  на свободном горизонте. Это приводит к снижению разницы в облучении противоположных фасадов до 46–42 % для  $H_{c,уф}$  и 70–50 % для  $H_{c,инт}$ . Для зданий диагональной ориентации относительное увеличение  $H_c$  по сравнению с  $H_p$  составляет 10–15 % от  $H_{c,уф}$  и 4 % от  $H_{c,инт}$ . Разница в облучении противоположных фасадов снижается до 30 % у  $H_{c,уф}$  и 40–46 % у  $H_{c,инт}$ .

Анализ показал [2, рис. 2 цв. вклейки], что несмотря на различия в спектральном составе излучения, относительные распределения  $H_{п,уф}$ ,  $H_{р,уф}$  и  $H_{с,уф}$  справедливы и для биологически активной эритемной и бактерицидной радиации. При этом бактерицидный эффект в условиях открытого горизонта в основном определяется УФ радиацией, причем ведущую роль играет рассеянная радиация. Этот важный в практическом отношении вывод позволил в дальнейшем исследовать поля  $H_{уф}$ , а выявленные закономерности распространить на  $H_{эр}$  и  $H_{бакт}$ . Относительное распределение всех видов радиации в видимой области занимает промежуточное положение между распределениями  $H_{уф}$  и  $H_{инт}$ .

Наряду с различиями в качественной картине облучения территорий  $H_p$  и  $H_c$ , не менее существенными являются количественные различия. Учет только прямой составляющей дает превратное представление о величине  $H$  облучения фасадов и территорий. Так, на  $\varphi = 55^\circ$  с. ш. энергетический потенциал точки поля, получающей 50 %  $H$  (В–З фасады), фактически занижается в 2,5 раза для УФ радиации и в 1,3 раза для интегральной. Более того, как видно из таблицы, учет суммарной интегральной радиации вместо прямой равносителен угловому повороту фасада на 50–40° в зависимости от широты местности, а для биологически активной и УФ радиации – на 120–135° в южном направлении.

К СТАТЬЕ Л. Н. ОРЛОВОЙ «СТРУКТУРА ГОДОВЫХ ПОЛЕЙ  
ОБЛУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ»

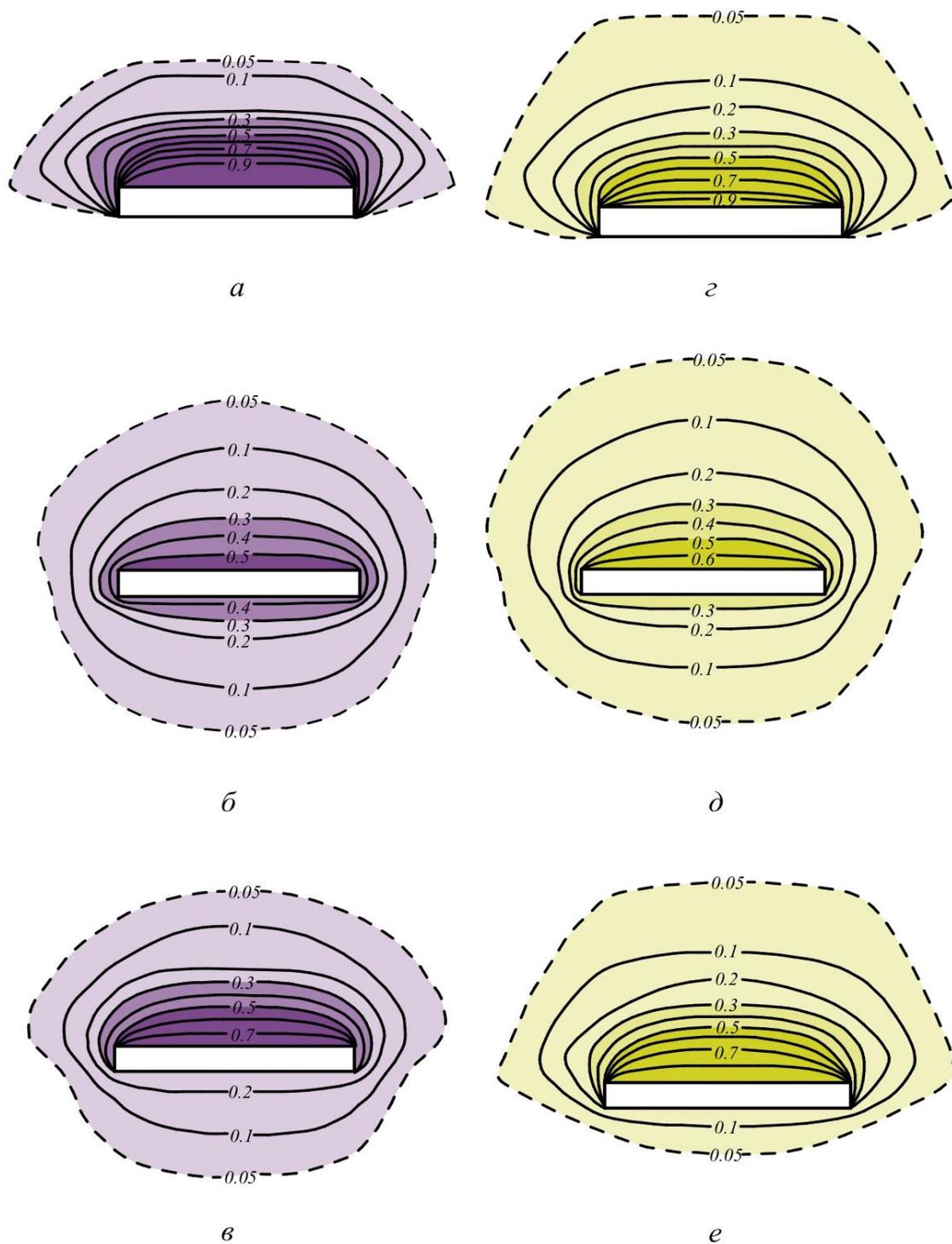


Рис. 1. Годовые поля  $H_{п,уф}$  (*a*),  $H_{р,уф}$  (*б*),  $H_{с,уф}$  (*в*) и  $H_{п,инт}$  (*г*),  $H_{р,инт}$  (*д*),  $H_{с,инт}$  (*е*) облучения территории вокруг протяженных зданий широтной ориентации ( $\varphi = 55^\circ$  с. ш.)

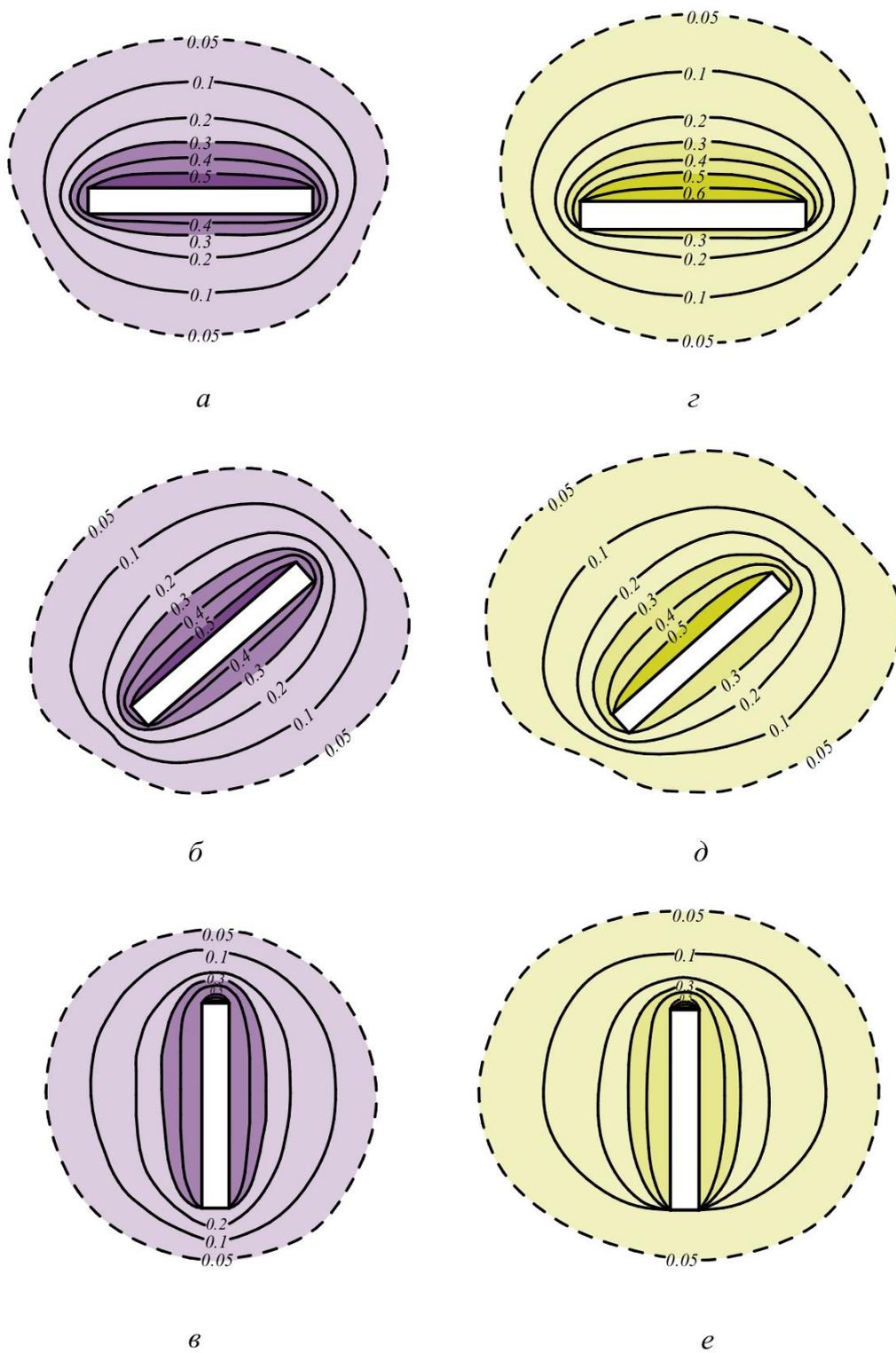


Рис. 2. Годовые поля  $H_{p,уф}$  (а-в) и  $H_{p,инт}$  (г-е) облучения территории ( $\varphi=55^\circ$  с. ш.) вокруг протяженных зданий ( $l/h = 3$ ): а, г – широтной; б, д – диагональной и в, е – меридиональной ориентации

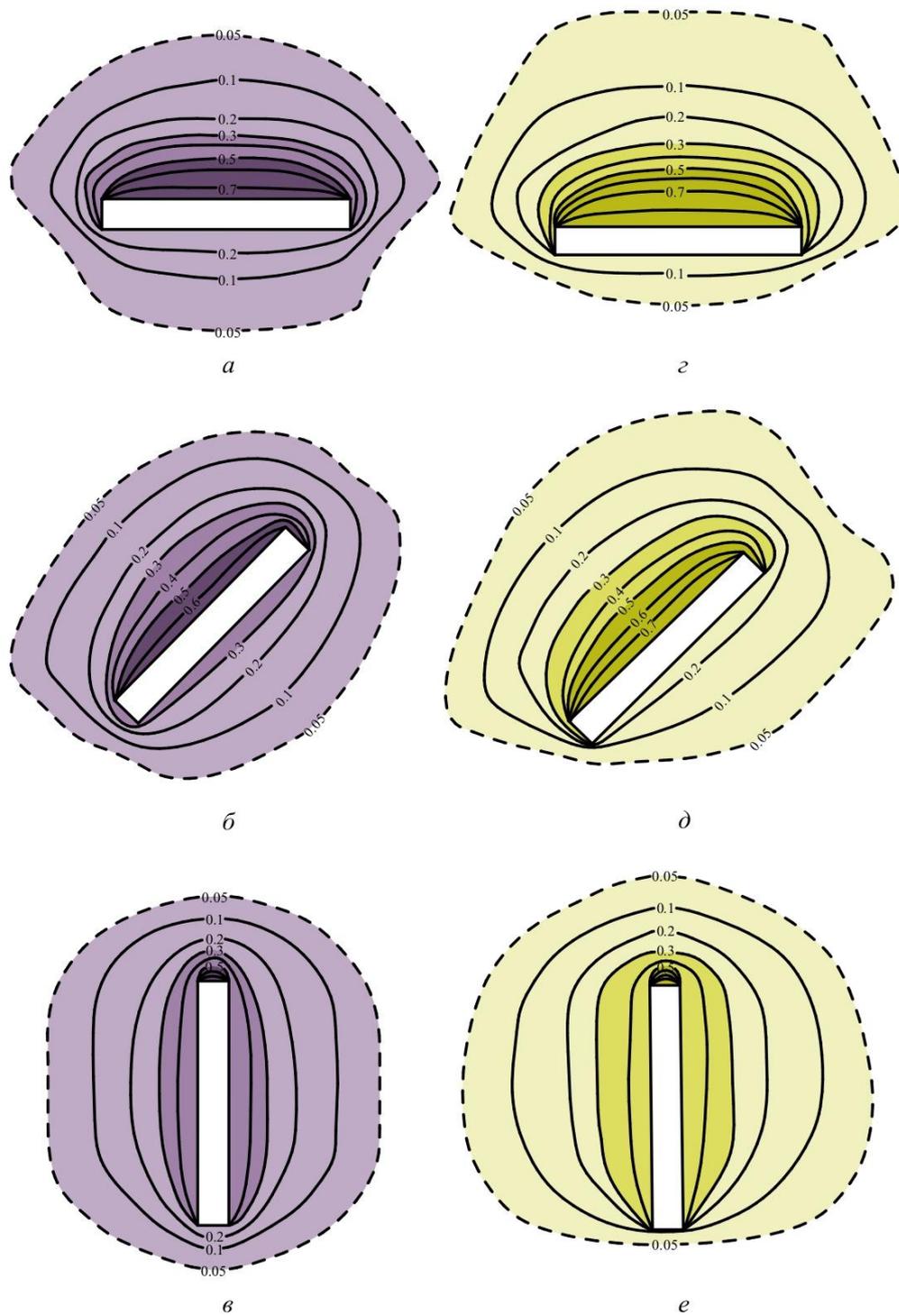


Рис. 3. Годовые поля  $H_{с,уф}$  (а-в) и  $H_{с,инт}$  (z-e) облучения территории ( $\varphi=55^{\circ}$  с. ш.) вокруг протяженных зданий ( $l/h = 3$ ): а, z – широтной; б, д – диагональной и в, e – меридиональной ориентации

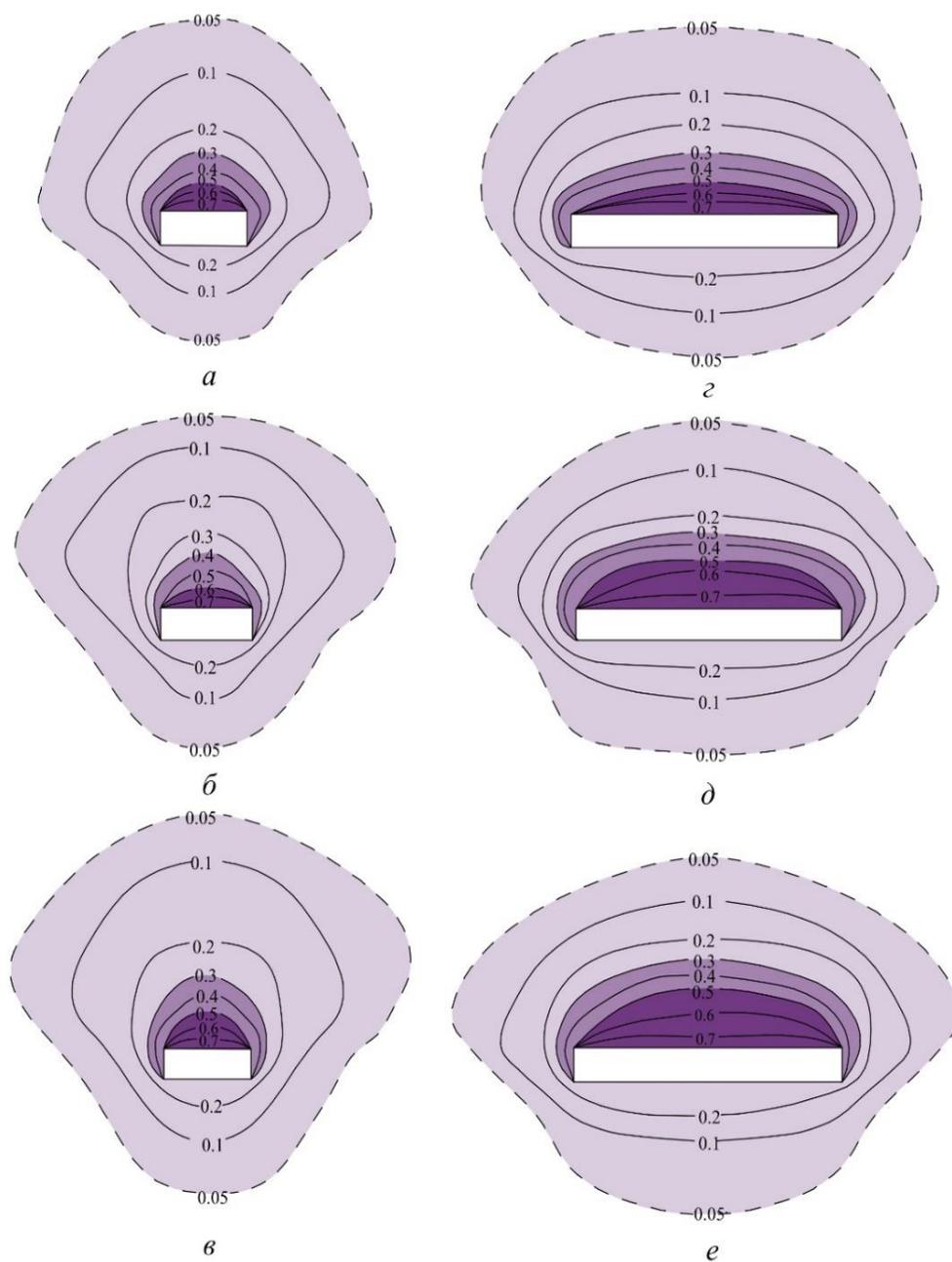


Рис. 4. Годовые поля  $H_{с,уф}$  облучения территории вокруг башенных (*a-в*) и протяженных (*г-е*) зданий широтной ориентации: на южных  $\varphi = 35^\circ$  с. ш. (*a, г*), средних  $\varphi = 55^\circ$  с. ш. (*б, д*) и северных  $\varphi = 65^\circ$  с. ш. (*в, е*) широтах



**Сравнение возможных поступлений  $H_c$  и  $H_n$  на территорию  
у различно ориентированных фасадов**

Широта φ, градус	Годовые дозы облучения $H$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>					
	$H_{уф}$			$H_{инт}$		
	$H_n$ ( $\alpha = 90^\circ$ )	$H_c$ ( $\alpha = 0^\circ$ )	$H_c/H_n$ , %	$H_n$ ( $\alpha = 45^\circ$ )	$H_c$ ( $\alpha = 0^\circ$ )	$H_c/H_n$ , %
35	31,15	35,9	115,2	455,5	541,5	118,8
45	24,60	30,4	123,5	372,8	364,6	98,0
55	18,25	25,3	138,6	255,2	232,5	91,0
65	12,75	19,6	153,7	209,5	187,3	89,4

Таким образом, относительные поля любой энергетической (монохроматической, интегральной) или эффективной (световой, бактерицидной, ФАР – физиологически активной и т. п.) облученности, создаваемые в пространствах застройки излучением неба при любых состояниях атмосферы и ее облачного покрова, имеют одинаковую зональную структуру, определяемую геометрическими параметрами застройки, и различаются только зональным градиентом.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Л. Н. Орлова ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2006. – 441 с. – Текст : непосредственный.
2. Орлова, Л. Н. Экранирующая способность зданий / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний. Новгород, 2023. – № 1. – С. 231–237.
3. Орлова, Л. Н. Режим эффективного облучения территорий в годовых циклах / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 179–182.
4. Бахарев, Д. В. Методы расчета и нормирования солнечной радиации в градостроительстве : специальность 05.00.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бахарев Деомид Вениаминович ; Научно-исследовательский институт строительной физики. – Москва, 1968. – 218 с. – Текст : непосредственный.
5. Marti, H. Der Schattenwurf von Gebauden [Тенеобразование от зданий] / H. Marti // Schurizerische Bauzeitung. – 1952. – № 29. – P. 407–412.



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

## **STRUCTURE OF ANNUAL IRRADIATION FIELDS OF THE BUILT-UP AREA**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;  
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

*Key words:* radiation regime of territories, annual doses of irradiation, classification of buildings by shielding ability of facades, zones of shielding area.

---

*The article is devoted to the study of the structure of annual irradiation fields of territories. Computer calculation and modeling were performed, as well as the annual fields of effective irradiation of territories were analyzed, and the features of their formation around buildings of various geometric parameters and orientation were revealed.*

---

### REFERENCES

1. Orlova L. N. Osnovy formirovaniya svetovoy sredy gorodskoy zastroyki [Fundamentals of the formation of the light environment of urban development]: dis. ... d-ra tekhn. nauk: Nizhegor. gos. arkhitekt.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. 2006, 441 p.
2. Orlova L. N. Ekraniruyuschaya sposobnost zdany [Shielding capacity of buildings] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitekt.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. –2023. – № 1. – P. 231–237.
3. Orlova L. N. Rezhim effektivnogo oblyucheniya territoriy v godovykh tsiklakh [The regime of effective irradiation of territories in annual cycles] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitekt.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2021. – № 4. – P. 179–182.
4. Bakharev D. V. Metody raschyota i normirovaniya solnechnoy radiatsii v gradostroitelstve [Methods of calculation and rationing of solar radiation in urban planning]: spetsialnost 05.00.00 : dis. ... cand. tekhn. nauk. – Moscow : Nauchno-issledovat. un-t stroit. fiziki, 1968. 218 p.
5. Marti H. Der Schattenwurf von Gebauden [Shade formation from buildings] // Schurizerische Bauzeitung. 1952. № 29. P. 407–412.

© Л. Н. Орлова, 2024

Получено: 16.01.2024 г.