

УДК 721.011:628.9.021

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

**РЕЖИМ БИОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ
ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ 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: годовые дозы облучения, режим эффективного облучения помещений, экранирующее воздействие застройки, компьютерный расчет.

Выполнено исследование режима биологически эффективного облучения помещений при экранировании застройки. Произведен компьютерный расчет и проанализированы дозы облучения помещений для всей широтной полосы СНГ.

Оценка природных ресурсов биологически эффективного облучения помещений и территорий и выявление закономерностей их снижения в результате экранирующего воздействия городской застройки являются одной из основных задач обеспечения инсоляции городской среды.

Решение получено путем компьютерного моделирования радиационного режима помещений с незаполненным светопроемом размерами 1400×1600 мм в стене толщиной 350 мм при безоблачном небе и средних значениях характеристик прозрачности атмосферы [1]. Вычислялись: спектр и потоки прямой солнечной радиации, потоки рассеянного излучения интегрированием спектральной яркости неба, моделируемые по методике, изложенной в [2, 3].

Эффективные потоки прямой солнечной радиации, входящие в помещение через незаполненный светопроем в вертикальной стене, выражаются формулой

$$F_{\pi} = S_0 E_0, \quad (1)$$

где F_{π} – эффективный поток прямой солнечной радиации; S_0 – площадь поперечного сечения потока; E_0 – поверхностная плотность эффективного потока.

Площадь поперечного сечения потока, входящего в светопроем (живое сечение светопроема):

$$S_0 = (B_0 \cos |A_0 - A_0| - b \sin |A_0 - A_0|) \cdot \left(H_0 \sin z_0 - \frac{b \cos z_0}{\cos |A_0 - A_0|} \right), \quad (2)$$

где H_0 , B_0 , A_0 – соответственно высота, ширина и азимут ориентации светопроема; b – толщина стены; z_0 и A_0 – зенитное расстояние и азимут Солнца в функции географической широты, солнечного склонения и истинного солнечного времени, определяемые из соотношений параллактического треугольника (рис. 1 а, б, в).

Потоки входящего в помещение рассеянного излучения неба определялись как произведение модуля вектора облученности в центре светопроема и живого сечения проема в плоскости, перпендикулярной направлению вектора:

$$F_p = \left(B_0 \cos \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right| - b \sin \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right| \right) \cdot \left(H_0 \sqrt{E_x^2 + E_y^2} - \frac{b E_z}{\cos \left| A_0 - \arctg \frac{E_x}{E_y} \right|} \right). \quad (3)$$

Здесь координаты вектора облученности:

$$\begin{aligned} E_x &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin^2 \theta \cos \beta d\theta d\beta; \\ E_y &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin \theta \sin \beta d\theta d\beta; \\ E_z &= \int_{\beta_1}^{\beta_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} L_{\text{эф}}(\theta; \beta) \sin \theta \cos \theta d\theta d\beta, \end{aligned} \quad (4)$$

где $L_{\text{эф}}(\theta; \beta)$ – эффективная яркость излучения в функции угловых координат θ и β рассматриваемой точки небосвода. Пределы интегрирования в этих выражениях зависят от характера экранирующей ситуации и определяются соотношениями сферической тригонометрии.

Анализ данных позволил выявить следующие закономерности формирования биологически эффективного радиационного режима помещений в условиях экранирования застройки.

Экранирующее воздействие застройки на потоки F_n и F_p принципиально различно. В промежутке времени инсоляции помещения T между моментами освобождения t_1 и накрытия t_2 светопроема тенью (рис. 1б) дневной ход F_n совпадает с ходом F_p при открытом горизонте (рис. 2). Поэтому при любом постоянном $T = t_2 - t_1$ зависимость $H_{n, \text{н.}}'$ от t_1 всегда имеет экстремальный характер (рис. 3, 4). В летнюю половину года при $T = 3$ ч максимальные дозы бактерицидного и эритемного облучения на всех широтах СНГ составляют соответственно 96 мбк.ч и 290 мэр.ч, минимальные – 15 мбк.ч и 19 мэр.ч.

На отсутствие корреляции между T и H (дозами облучения) указывалось ранее [3, 4], тем не менее показатель продолжительности инсоляции продолжает, к сожалению, фигурировать в гигиенических [12] и градостроительных [13] нормативах. При этом только $T_n = 3$ ч [5–7] опирался на гигиенические исследования [8–10], хотя и недостаточно корректные. В дальнейшем сокращение продолжительности T_n и нормируемого периода обеспечения T_n [11, 12] проводилось в угоду лишь коммерческим интересам уплотнения застройки [4].

Сезонные и широтные изменения H_n определяются фазовыми сдвигами и зависят от конкретного характера экранирующей ситуации (рис. 5). При ориентации помещений на южную половину горизонта увеличение δ (склонения Солнца) и уменьшение φ (широты местности) может приводить как к росту, так и снижению H_n .

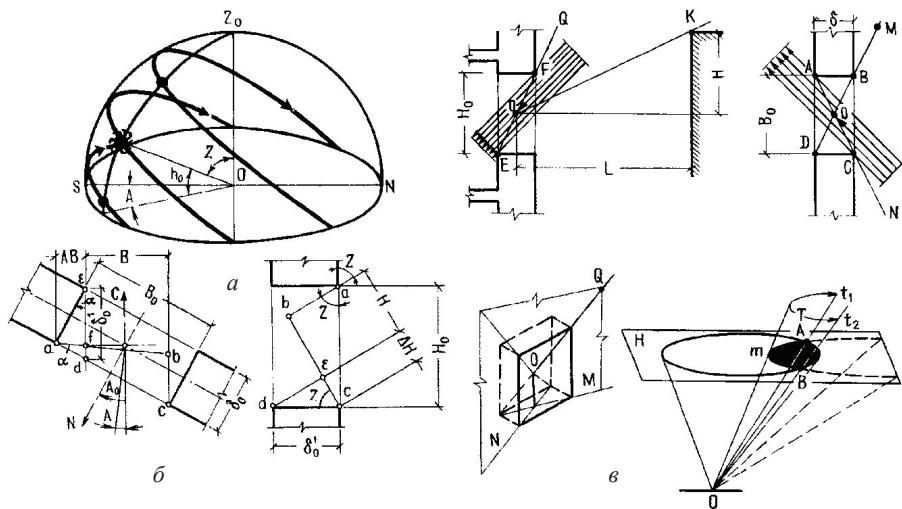


Рис. 1. Координаты Солнца (*a*), схема живого сечения светопроема (*б*), геометрические и временные пределы инсоляции помещений (*в*)

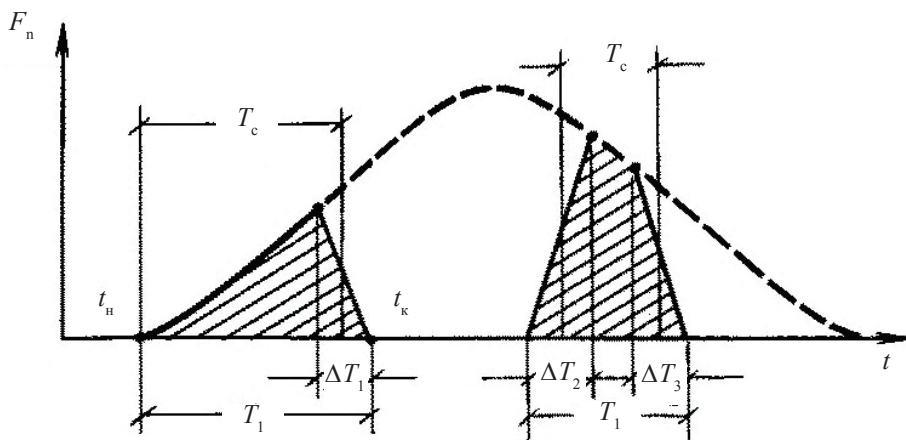


Рис. 2. Характерные случаи дневного хода прямого солнечного облучения помещений в условиях экранирующего воздействия застройки: T_c – продолжительность инсоляции центральной точки светопроема; T_1 – то же при открытом горизонте

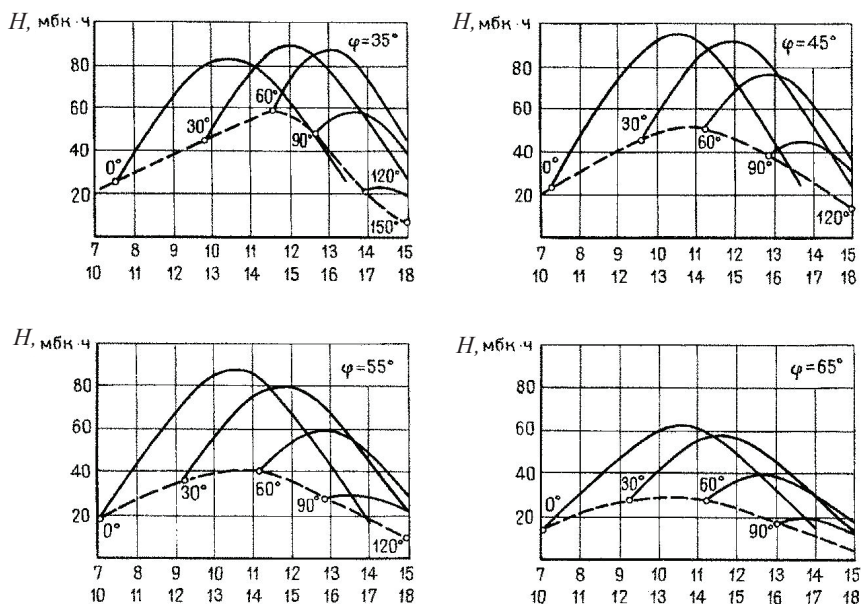


Рис. 3. Зависимость доз прямого бактерицидного облучения, вносимых в помещение 3-часовой инсоляцией от времени дня, в которое инсолируется помещение, от ориентации светопроема в марте месяце на различных широтах (пунктиром показан график временного смещения одного из минимумов при изменении ориентации светопроема)

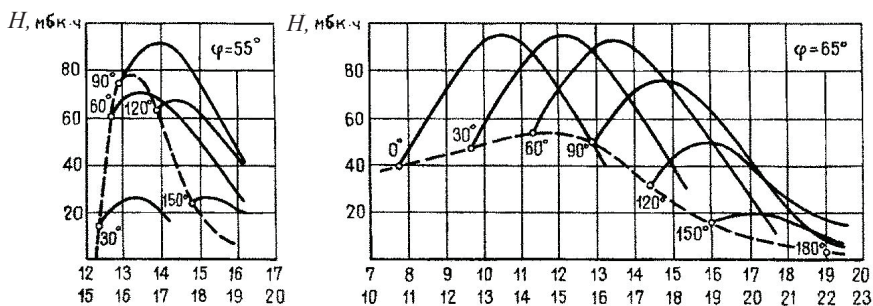


Рис. 4. Зависимость доз прямого бактерицидного облучения, вносимых в помещение 3-часовой инсоляцией от времени дня, в которое инсолируется помещение, при разной ориентации светопроема в июне месяце на различных широтах

Экранирующее воздействие застройки снижает абсолютную величину F_p , однако ее дневной ход остается при этом подобным ходу F_p при открытом горизонте, поэтому зависимость как F_p , так и H_p от φ , δ и A_0 почти совпадает с аналогичными зависимостями при открытом горизонте. Относительные изменения F_p и H_p при увеличении открытости небосвода также имеют сходный характер и мало зависят от ориентации помещения (рис. 6).

Зависимость вклада H_n в H_c от степени экранирования небосвода носит, как правило, экстремальный характер. При малых разрывах до экранирующего здания он может достигать 70 %. В условиях экранирующего воздействия застройки роль прямой радиации в формировании радиационного режима помещений значительно

возрастает.

Анализ показал, что около 60-70 % возможных при открытом горизонте поступлений радиации обеспечивается при разрыве, равном двум высотам экранирующего здания. Увеличение до 2,5 высот (на 25 %) дает приращение дозы всего на 5-12 % (рис. 7-9).

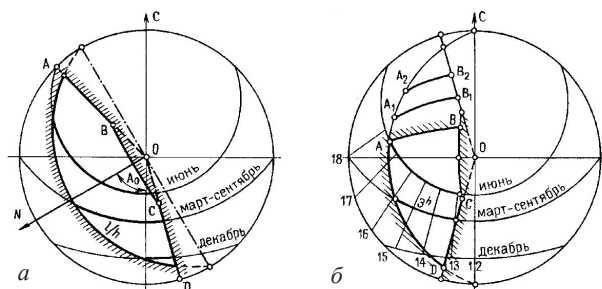


Рис. 5. Расчетная схема свободного участка небосвода ABCD, видимого из центральной точки O тела светопроема, при строчной (а) и П-образной (б) экранирующих ситуациях (в стереографической проекции)

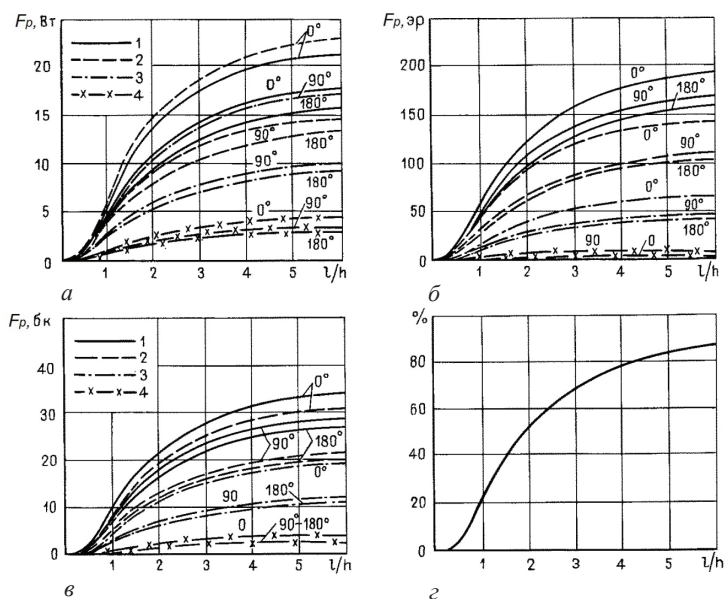


Рис. 6. Зависимости входящих в помещение относительных (з), абсолютных потоков УФ (а), эритемного (б) и бактерицидного (в) рассеянных излучений от разрыва до экранирующего здания при различной величине $|A_0 - A_0|$ и зенитных расстояниях Солнца: 1 - 20°; 2 - 40°; 3 - 60° и 4 - 80°

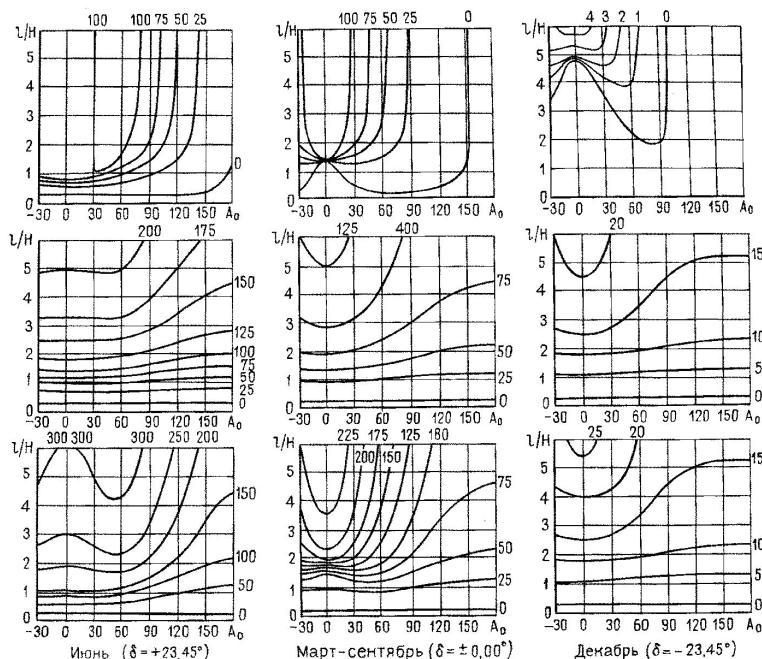


Рис. 7. Изоплеты суточных доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) УФ-облучения помещений (Вт.ч) в плоскости разрыв – ориентация в различные дни года на 55° с. ш.

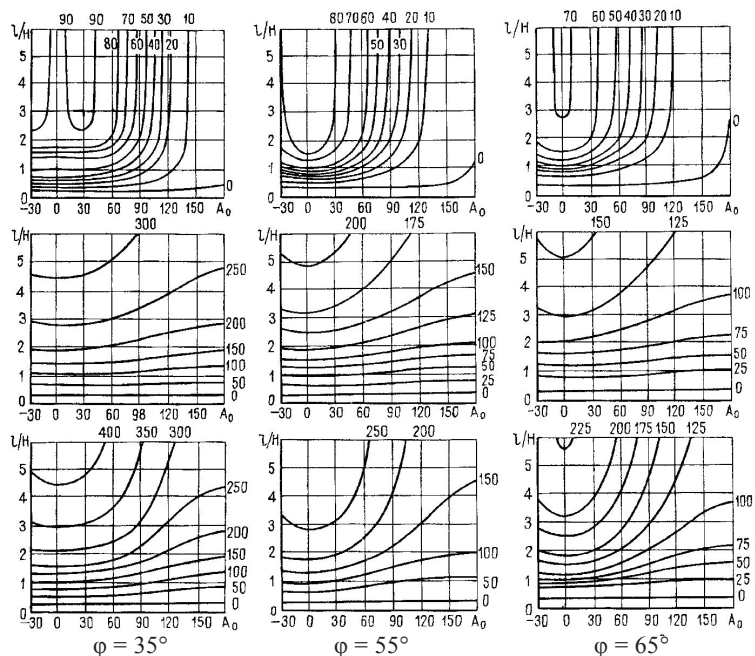


Рис. 8. Изоплеты астрономически возможных годовых доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) эритемного облучения помещений (эр.ч) в плоскости разрыв – ориентация на различных широтах

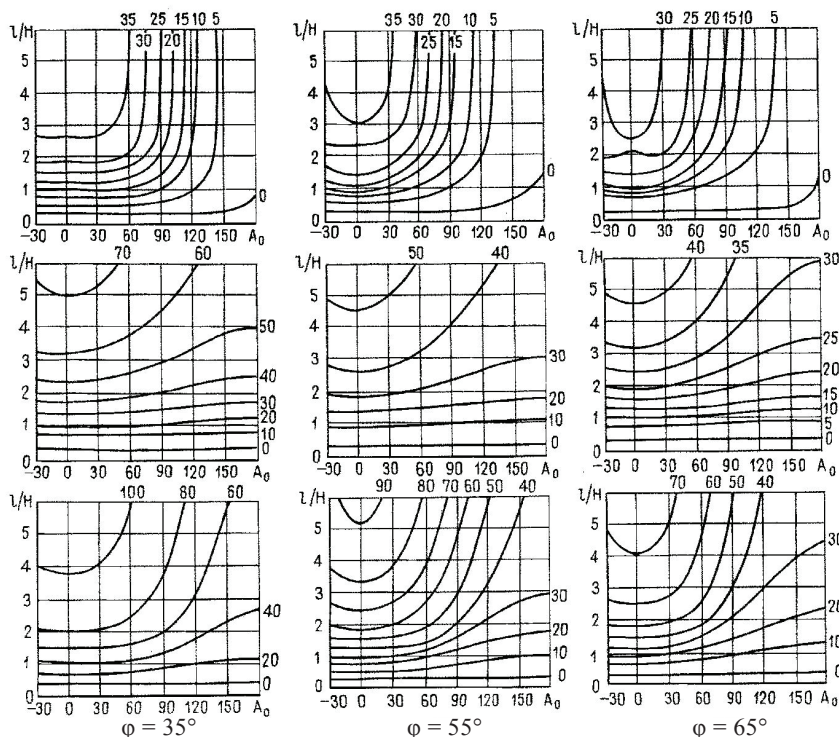


Рис. 9. Изоплеты астрономически возможных годовых доз прямого (вверху), рассеянного и суммарного (внизу) бактерицидного облучения помещений (бк.ч) в плоскости разрыв – ориентация на различных широтах

Таким образом, положенная в основу санитарных норм линейная зависимость T от H_n [14] не соответствует действительности. Анализ поступлений эффективной радиации в помещения при разрывах, обеспечивающих $T=3$ ч, продемонстрировал их случайный, неупорядоченный характер. Поэтому представительным показателем может выступать только годовая доза или отнесенные к ней экстремальные и локальные характеристики облучения [15]. Выбор этого показателя не противоречит гигиеническим представлениям о том, что для профилактического эффекта облучения важной является не столько суточная, сколько годовая доза облучения [16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлова, Л. Н. Основы формирования световой среды городской застройки : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Орлова Людмила Николаевна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний. Новгород. 2006. – 441 с. – Текст : непосредственный.
2. Орлова, Л. Н. Радиационная модель безоблачной атмосферы в оптическом диапазоне спектра / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Светотехника. – 1993. – № 2. – С. 1–4.
3. Бахарев, Д. В. Социально-экологическая проблема обеспечения естественного освещения и инсоляции жилищ / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Великие реки–2001 : международный научно-промышленный форум, 15–18 мая 2001 г. : тезисы докладов международного конгресса / Нижегородский государственный архитектурно-



строительный университет. – Нижний Новгород, 2002. – С. 323–324.

4. Орлова, Л. Н. Проблемы и перспективы оптимизации световой среды городов / Л. Н. Орлова. – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура / Самарский государственный технический университет. – Самара. 2017. – Том 7, № 4. – С. 122–126.

5. СН 427–63. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных мест : приняты и введены Минздравом СССР 21 марта 1963 года : дата введения 21 марта 1963 года. – Москва, 1963. – 5 с. – Текст : непосредственный.

6. СН 1180–74. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки городов и других населенных пунктов : приняты и введены Минздравом СССР : утверждены заместителем Главного Государственного санитарного врача СССР от 23 сентября 1974 года : дата введения 23 сентября 1974 года. – Москва, 1974. – 4 с. – Текст : непосредственный.

7. СН 2605–82. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией помещений жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки : приняты и введены Минздравом СССР 2 февраля 1982 года : дата введения 2 февраля 1982 года. – Москва, 1982. – 8 с. – Текст : непосредственный.

8. Беликова, В. К. Бактерицидное значение излучения солнца, проникающего в помещение / В. К. Беликова. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 1957. – № 11. – С. 8–15.

9. Беликова, В. К. Естественная ультрафиолетовая радиация и ее бактерицидное значение / В. К. Беликова. – Текст : непосредственный // Ультрафиолетовое излучение. – Москва, 1966. – Сборник 4. – С. 322–326.

10. Постникова, В. А. К характеристике и гигиенической оценке ультрафиолетового облучения жилого квартала / В. А. Постникова. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 1960. – № 7. – С. 3–8.

11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий : утверждены и введены в действие Главным санитарным врачом Российской Федерации от 19 октября 2001 года : дата введения 01 февраля 2002 года (с изменениями на 10 апреля 2017 года). – URL : <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

12. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : утверждены и введены в действие Постановлением Главного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года №2 : дата введения 01 марта 2021 года. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

13. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: утвержден приказом Министерства строительства и коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр : актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* : дата введения 01 июля 2017 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. – Режим доступа: Техэксперт. – Текст : электронный.

14. Масленников, Д. С. Физико-гигиеническое нормирование инсоляции городской застройки / Д. С. Масленников, В. К. Беликова, М. А. Гостинцева. – Текст : непосредственный // Влияние местных природно-климатических условий на проектирование городов. – Москва, 1974. – С. 97–102.

15. Бахарев, Д. В. О нормировании и расчете инсоляции / Д. В. Бахарев, Л. Н. Орлова. – Текст: непосредственный // Светотехника. – 2006. – № 1. – С. 9–12.

16. Жилов, Ю. Д. О профилактическом облучении детей и подростков, проживающих в разных климатических районах Советского Союза / Ю. Д. Жилов, А. И. Андрианова, Л. А. Борисова, Ю. В. Горшкова. – Текст : непосредственный // Ультрафиолетовое излучение. – Москва, 1971. – Сборник 5. – С. 241–244.



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

MODE OF BIOLOGICALLY EFFECTIVE IRRADIATION OF PREMISES IN THE CONDITIONS OF BUILDING SHIELDING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia, Tel.: +7 (831) 430-17-83;
e-mail: orludm.orlova@yandex.ru

Key words: annual radiation doses, effective radiation regime of rooms, shielding effect of the building, computer calculation.

The article is devoted to the study of the regime of biologically effective irradiation of premises during the screening of buildings. A computer calculation was made and the radiation doses of the premises for the entire latitudes of the CIS were analyzed.

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. 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.
3. Bakharev D. V., Orlova L. N. Sotsialno – ekologicheskaya problema obespecheniya estestvennogo osvescheniya i insolyatsii zhilishch [Socio-ecological problem of providing natural lighting and insolation of dwellings] // Velikie reki–2001: mezhdunarodny nauchno-promyshlenny forum, 15-18 maya 2001 g.: tezisy dokladov mezhnunaradnogo kongressa / Nizhegorod. gos. arkhitekt.- stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2002. – P. 323–324.
4. Orlova L. N. Problemy i perspektivy optimizatsii svetovoy sredy gorodov [Problems and prospects of optimization of the light environment of cities] // Gradostroitelstvo i arkhitektura / Samarskiy gos. tekhn. un-t. Samara. 2017. – Vol. 7. – № 4. – P. 122–126.
5. SN 427–63. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i zhiloy zastroyki naselyonnykh mest [Sanitary norms and rules for providing insolation of premises of residential and public buildings and residential development of populated areas]: prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR 21 marta 1963 g.: data vved. 21 marta 1963 g. – Moscow. 1963, 5p.
6. SN 1180–74. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i territoriy zhiloy zastroyki gorodov i drugikh naselennykh punktov [Sanitary norms and rules for providing insolation to residential and public buildings and residential areas of cities and other settlements] : prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR: utverzhdeny zamestitelem Glavnogo sanitarnogo vracha SSSR ot 23 sentyabrya 1974 g.: data vvedeniya 23 sentyabrya 1974 g. – Moscow. 1974, 4 p.
7. SN 2605-82. Sanitarnye normy i pravila obespecheniya insolyatsii pomescheniy zhilykh i obshestvennykh zdaniy i territoriy zhiloy zastroyki [Sanitary norms and rules for providing insolation of premises of residential and public buildings and residential areas] : prinyaty i vvedeny Minzdravom SSSR 02 fevralya 1982 g.: data vvedeniya 02 fevralya 1982 g. – Moscow. 1982, 8p.
8. Belikova V. K. Bakteritsidnoe znachenie izlucheniya solntsa, pronikayushchego v pomeschenie [The bactericidal value of the sun's radiation penetrating into the room] // Gigiena i sanitariya [Hygiene and sanitation]. – 1957. – № 11. – P. 8–15.
9. Belikova V. K. Estestvennaya ultrafioletovaya radiatsiya i eyo bakteritsidnoe znachenie [Natural ultraviolet radiation and its bactericidal value] // Ultrafioletovoe izluchenie. – Moscow.



1966. – Vol. 4. – P. 322–326.

10. Postnikova V. A. K kharakteristike i gigienicheskoy otsenke ultrafioletovogo oblucheniya zhilogo kvartala [On the characteristics and hygienic assessment of ultraviolet irradiation of a residential quarter] // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. – 1960. – № 7. – P. 3–8.

11. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1076-01. Gigienicheskie trebovaniya k insolyatsii i solntsezashchite pomescheniy zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i territoriy [Hygienic requirements for insolation and sun protection of premises of residential and public buildings and territories] : utverzh. i vved. v deystvie Glavnym sanitarnym vrachom Rossiyskoy Federatsii ot 19 oktyabrya 2001 g.: data vved. 01 fevralya 2002 g. (s izm. na 10 aprelya 2017 goda). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901800205>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

12. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya [Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans] : utverzh. i vved. v deystvie Postanovleniem Glavnogo sanitarnogo vracha Rossiyskoy Federatsii ot 28 yanvarya 2021 g. №2: data vved. 01 marta 2021 g. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

13. SP 42.13330.2016. Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh poseleniy [Town planning and development of urban and rural settlements] : utverzh. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2016 g. № 1034/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.07.01-89*: data vved. 01 iyulya 2017 g. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209>. – Rezhim dostupa: Tekhekspert.

14. Maslennikov D. S., Belikova V. K., Gostintseva M. A. Fiziko-gigienicheskoe normirovanie insolyatsii gorodskoy zastroyki [Physical and hygienic rationing of urban development insolation] // *Vliyaniye mestnykh prirodno-klimaticheskikh usloviy na proektirovaniye gorodov* [The influence of local climatic conditions on the design of cities]. – Moscow. – 1974. – P. 97–102.

15. Bakharev D. V., Orlova L. N. O normirovanii i raschyote insolyatsii [About rationing and calculation of insolation] // *Svetotekhnika* [Light & Engineering]. – 2006. – № 1. – P. 9–12.

16. Zhilov Yu. D., Andrianova A. I., Borisova L. A., Gorshkova Yu. V. O profilakticheskom obluchenii detey i podrostkov, prozhivayuschikh v raznykh klimaticheskikh rayonakh Sovetskogo Soyuza [About preventive irradiation of children and adolescents living in different climatic regions of the Soviet Union] // *Ultrafioletovoe izlucheniye* [Ultraviolet radiation]. – Moscow, 1971. – Vol. 5. – P. 241–244.

© Л. Н. Орлова, 2022

Получено: 28.05.2022 г.