

И.А. ШМАРОВ<sup>1</sup>, В.В. ЗЕМЦОВ<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

## ВЛИЯНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ НА ОСВЕЩЕННОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ.

*Аннотация.* В статье рассматривается влияние горизонтальных стационарных солнцезащитных устройств на освещенность помещений с учетом их ориентации относительно сторон света и угловой высоты солнца. Измерения проводились под естественным небосводом на трансформируемой модели помещения. Изменялась глубина помещения и размеры стационарного солнцезащитного устройства. На основании полученных результатов даны рекомендации по проектированию эффективных солнцезащитных устройств в целях обеспечения наилучшего баланса между защитой от прямого солнечного излучения и достаточной естественной освещенностью. Использование результатов работы при проектировании будет способствовать улучшению микроклимата помещений, снижению тепловой нагрузки на отопление и повышению энергоэффективности.

*Ключевые слова:* солнцезащита, угловая высота солнца, естественная освещенность, эффективность солнцезащитных систем.

I.A. SHMAROV<sup>1</sup>, V.V. ZEMTSOV<sup>1</sup>

## INFLUENCE OF HORIZONTAL STATIONARY SUN PROTECTION ON ROOM DAYLIGHTING

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Institution Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russia

*Annotation.* The article examines the influence of horizontal stationary sun protection devices on the illumination of rooms, taking into account their orientation relative to the cardinal directions and the angular height of the sun. Measurements were carried out under the natural sky on a transformable model of the room. The depth of the room and the dimensions of the stationary sun protection device were changed. Based on the obtained results, recommendations are given for the design of effective sun protection devices in order to ensure the best balance between protection from direct solar radiation and sufficient daylighting. Using the results of the work in the design will help improve the microclimate of the premises, reduce the heat load on heating and increase energy efficiency.

*Keywords:* sun protection, angular height of the sun, daylighting, daylight factor, effectiveness of sun protection systems.

### Введение.

Солнцезащита зданий занимает одно из главных мест в регулировании теплового комфорта и естественной освещенности помещений. Вопрос о естественном освещении зданий приобретает особую актуальность для регионов с преобладанием солнечных дней в году. Иногда весь световой проем заполняют солнцезащитными устройствами, что ограничивает связь с внешним миром и не пропускает благотворный спектр солнечной радиации, что значительно снижает освещенность и препятствует аэрации помещений. Горизонтальная стационарная солнцезащита, такая как балконы, козырьки и навесы, представляет собой один из наиболее эффективных способов контроля солнечного света, проникающего в помещение [1-4].

Влияние этих систем на освещенность помещения определяется различными факторами, включая ориентацию здания, угловую высоту солнца [5] и климатические условия зоны строительства [6]. Анализ отечественных и зарубежных исследований стационарных солнцезащитных устройств и методов их учета позволяет выявить как общие тенденции, так и специфические подходы в различных странах. Исследования акцентируют внимание на учете климатических особенностей при разработке и выборе солнцезащитных устройств. Например, для жарких климатов разрабатываются системы, максимально снижающие тепловую нагрузку, а для холодных – устройства, сохраняющие максимальную освещенность при минимальных потерях тепла [7-9].

Отечественные и зарубежные исследования имеют схожие методологические подходы. Однако, зарубежные исследования часто более фокусированы на интеграции новых технологий и материалов. Таким образом, интеграция опыта и методов как отечественных, так и зарубежных исследований может существенно улучшить качество проектирования и эффективность использования стационарных солнцезащитных устройств. Важно провести детальный анализ солнечного воздействия и условий для каждой конкретной зоны строительства, чтобы обеспечить максимальную эффективность солнцезащитных систем [10-17].

Рассмотрим влияние горизонтальной стационарной солнцезащиты на естественную освещенность помещений. Степень влияния горизонтальной стационарной солнцезащиты на освещенность помещения определяется через отношение естественной освещенности в помещении к величине освещенности на горизонтальной поверхности. Это соотношение зависит от ориентации помещения и местоположения расчетной точки. При проектировании стационарными системами солнцезащиты в определенной климатической зоне, располагая данные о средней суммарной освещенности на горизонтальной поверхности от ясного неба позволяют, применяя коэффициент затенения  $K_o$ , рационально спроектировать систему солнцезащиты с учетом требуемой естественной освещенности в помещении.

Такой подход позволяет создать эффективную и рациональную систему стационарной солнцезащиты, адаптированную к специфическим условиям зоны строительства и обеспечивающую необходимый уровень естественной освещенности внутри помещений.

### **Модели и методы**

#### **Проведение экспериментальных измерений под естественным небосводом на модели помещения влияния горизонтальных стационарных солнцезащитных устройств на освещенность помещений.**

Экспериментальные измерения освещенности в помещениях с учетом влияния прямой и рассеянной солнечной радиации, проходящей через световой проем в зависимости от ориентации, играют важную роль при проектировании стационарных устройств солнцезащиты и определении потерь естественной освещенности. Этот процесс включал несколько ключевых этапов:

1. Проведение измерений естественной освещенности в помещении при различных условиях солнечной радиации и ориентации помещения. Это включает измерения как при прямом солнечном свете, так и при рассеянной радиации, которая возникает в облачные дни или при наличии отражающих поверхностей.

2. Понимание того, как различные конструкции стационарных солнцезащитных устройств (например, балконы, навесы, козырьки, выступающие над окном архитектурные элементы) влияют на естественную освещенность внутри помещения. Важно учитывать, что эффективность солнцезащитных устройств может значительно варьироваться в зависимости от угла падения солнечных лучей, ориентации помещения, времени суток и времени года.

3. Проведение анализа, насколько стационарные солнцезащитные устройства снижают уровень естественной освещенности в помещении. Это включает расчет потерь естественной освещенности, что позволяет оценить, обеспечивают ли устройства достаточный уровень светового комфорта в зависимости от ориентации помещения и соответствуют ли они нормативным требованиям.

4. Использование полученных данных для создания моделей освещенности в помещении с учетом различных сценариев использования солнцезащитных устройств. Это помогает предсказать, как будет меняться естественная освещенность при изменении условий освещения (например, при изменении угла падения солнечных лучей в зависимости от расчетной точки).

5. На основе проведенных измерений и расчетов можно оптимизировать конструкции солнцезащитных устройств для достижения баланса между снижением солнечной радиации и сохранением достаточной естественной освещенности. Это способствует созданию комфортных условий внутри помещения и повышению энергоэффективности здания.

В результате этих мероприятий можно проектировать эффективные стационарные устройства солнцезащиты, которые обеспечат комфортное и энергоэффективное использование помещений.

Для обеспечения точности и достоверности экспериментальных данных, размеры помещения модели помещения (сборно-разборная в масштабе 1:10) должна значительно превышать размеры фотоэлемента. Минимальный размер помещения должен быть как минимум в десять раз больше размера фотоэлемента. Это условие необходимо для предотвращения влияния краевых эффектов и обеспечения равномерного распределения света, что позволяет получать точные измерения и анализировать результаты без значительных погрешностей.

Проведены экспериментальные измерения естественной освещенности на модели помещения со средневзвешенным коэффициентом отражения внутренних поверхностей,  $\rho_{ср} = 0,55$  с окном высотой 1,50 м. и шириной 2,00 м. при различной ориентации и временной отрезок в расчетных точках. В качестве объектов исследования помещения глубиной 3,00м., 4,50м., 6,00м. и шириной 3,00м. при различной ориентации по сторонам света, на освещенность которых оказывают влияние балконы вышестоящих квартир, горизонтальные выступы на фасаде здания, козырьки, навесы.

Измерения освещенности проводятся с учетом ГОСТ 24940–2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» в части характеристик применяемого оборудования для измерения освещенности.

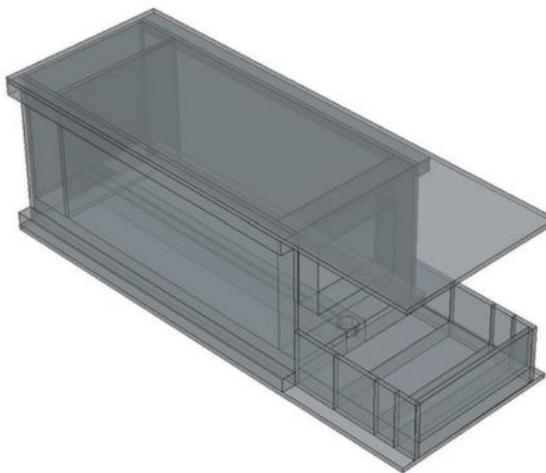


Рисунок 1 – Трансформируемая модель исследуемого помещения для варианта с балконами глубиной 3,00м

Экспериментальные исследования базировались на методе физического моделирования [18-20] в основу которого положены два основных закона строительной физики: закон проекции телесного угла и закон подобия. Закон подобия имеет большое практическое значение, позволяя при исследовании естественного освещения помещений заменять их моделями в определенном масштабе.

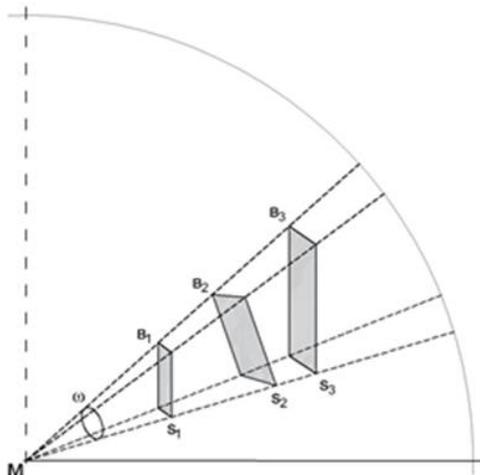


Рисунок 2 – Схема к закону проекции телесного угла

### Результаты исследования и их анализ

Результаты работы представлены на рисунках 3-7. В экспериментальных измерениях определены значения горизонтальной естественной освещенности по точкам нормирования в помещения и одномоментной для каждой из точек наружной горизонтальной освещенности и рассчитан коэффициента затенения  $K_0$ , учитывающий влияние на освещенность по трем вариантам глубины стационарной солнцезащиты, в зависимости от ориентации помещения и временного отрезка.

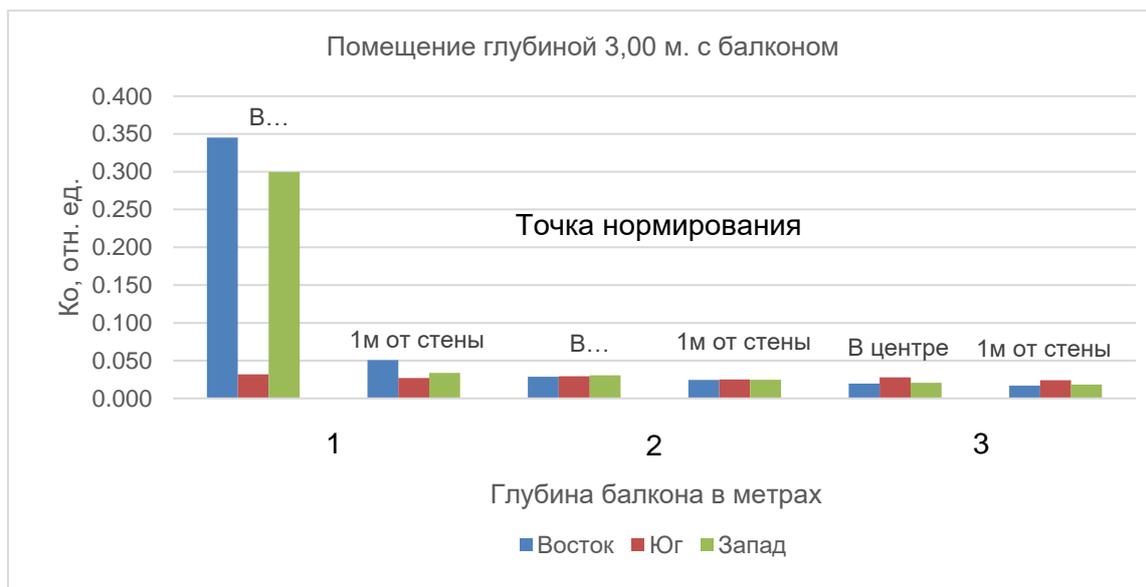


Рисунок 3 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_0$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 3,00 м. балконов разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

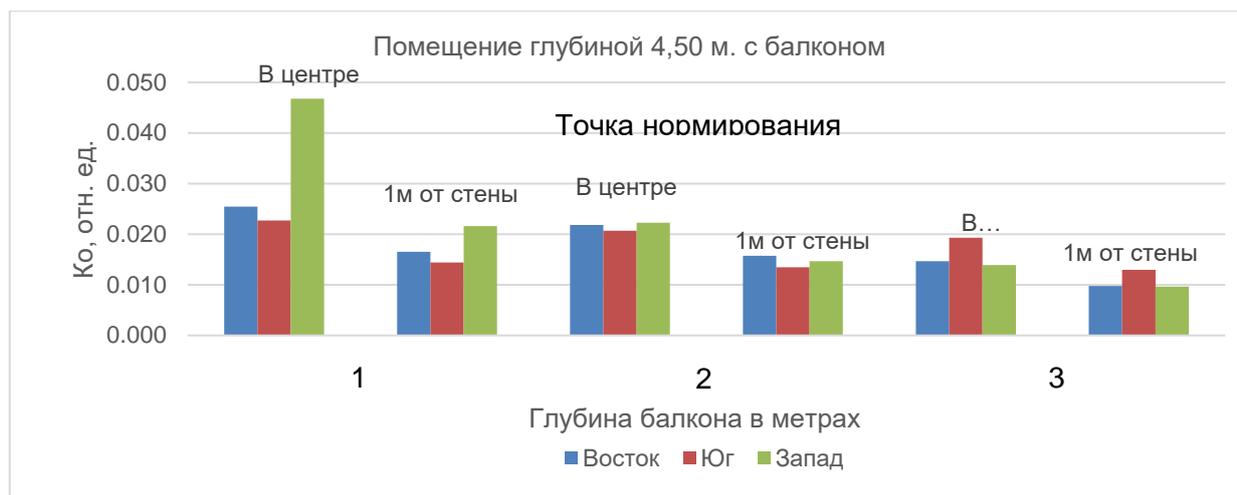


Рисунок 4 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 4,50 м. балконов разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

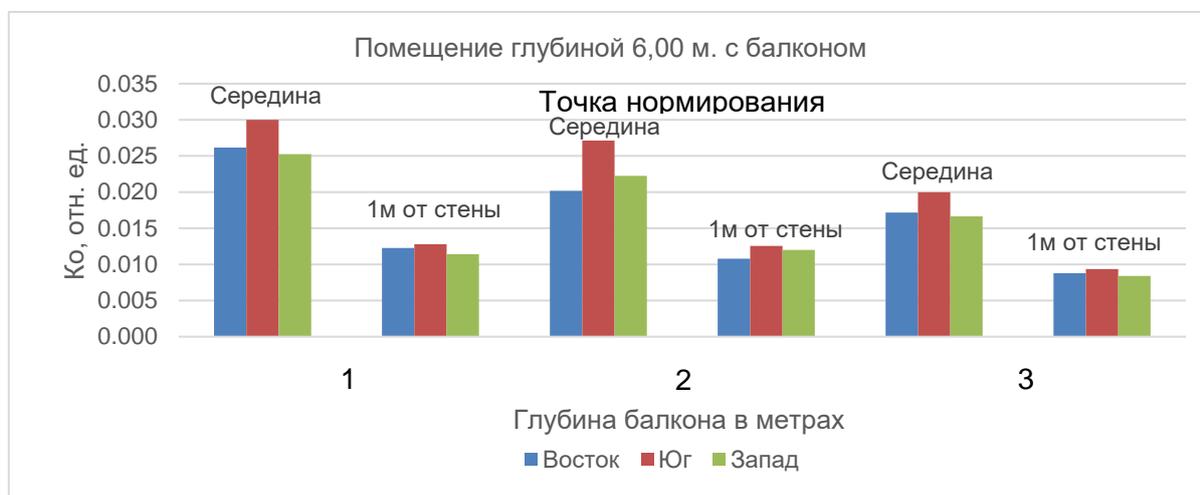


Рисунок 5 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 6,00 м. балконов разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

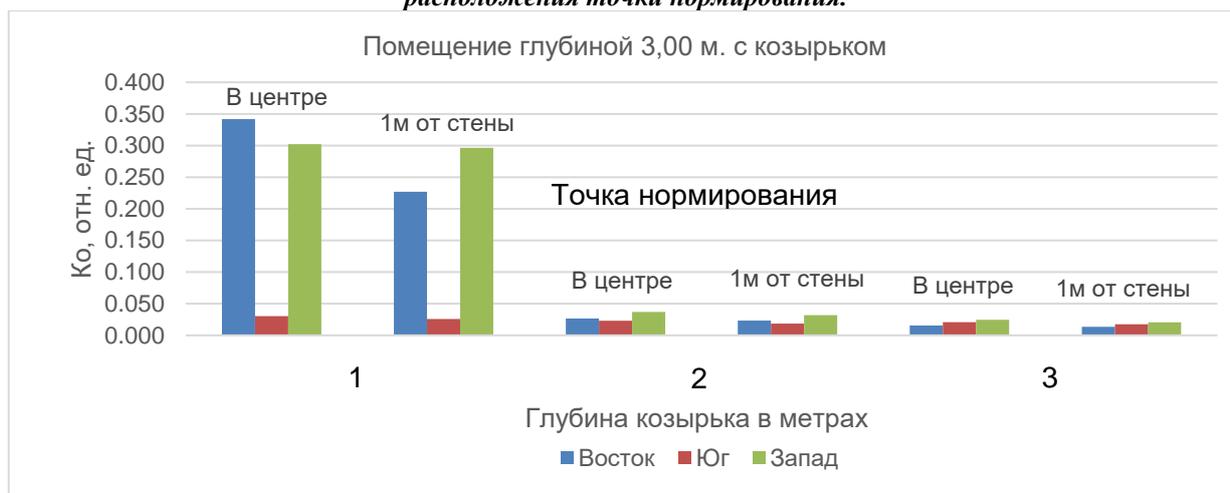


Рисунок 6 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 3,00 м. козырьков разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

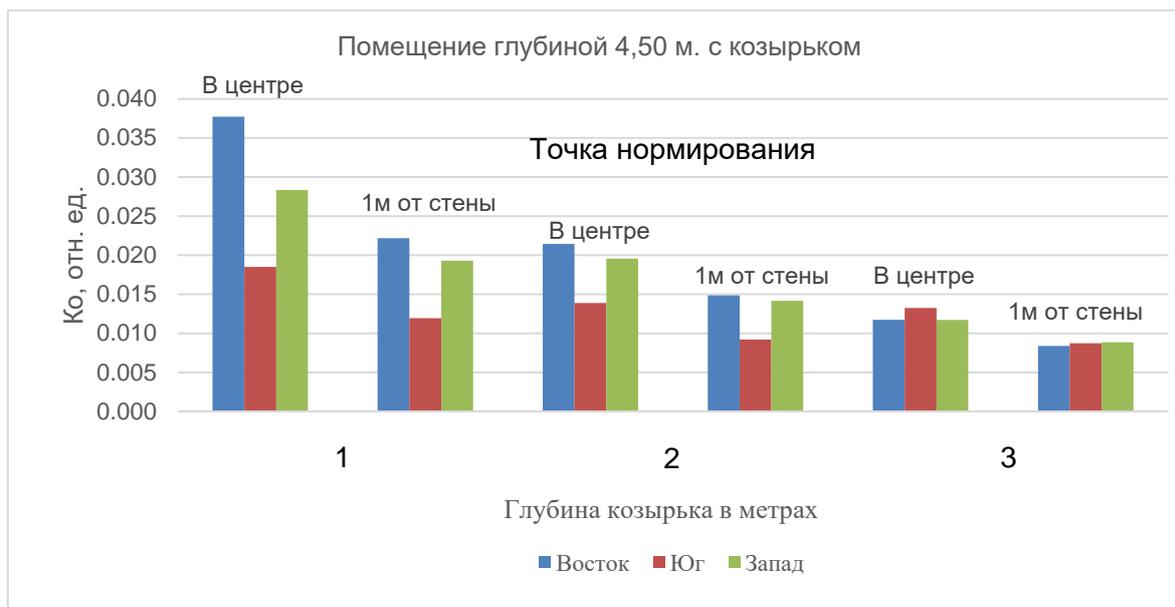


Рисунок 7 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 4,50 м. козырьков разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

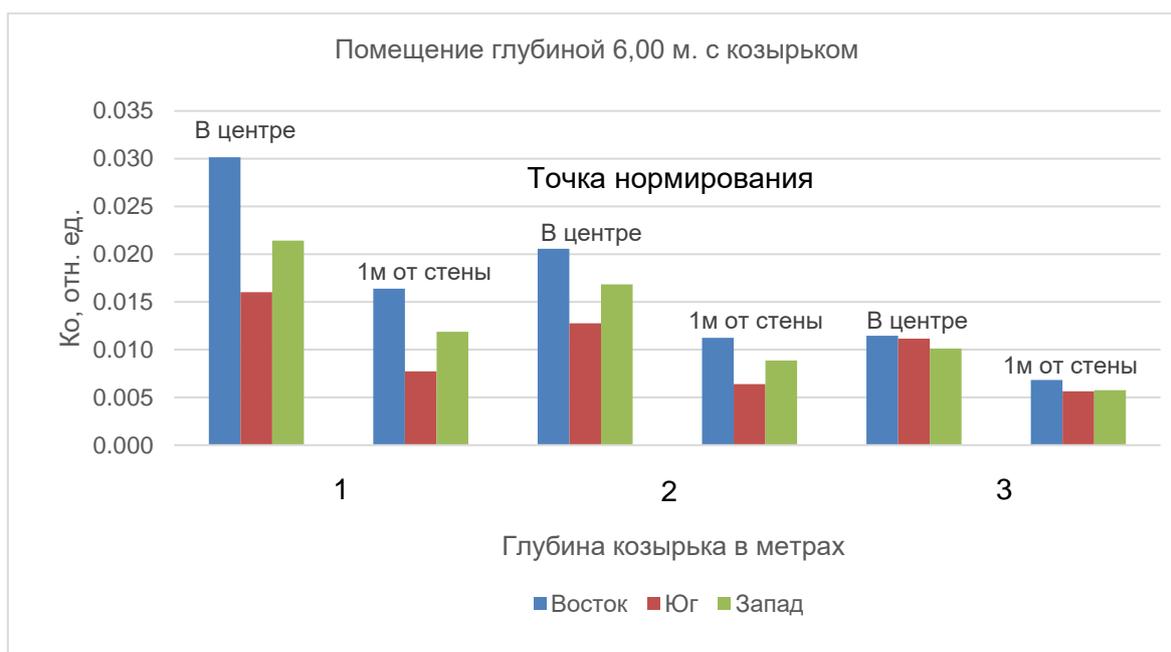


Рисунок 7 – Диаграмма значений коэффициента затенения  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. и глубиной 6,00 м. козырьков разной глубины в зависимости от ориентации и расположения точки нормирования.

Систематизировав данные результата экспериментальных измерений по влиянию горизонтальных стационарных солнцезащитных устройств на освещенность помещений, получили таблицы 1 и 2:

Таблица 1 – Значения коэффициента  $K_0$ , учитывающего влияние на освещенность в помещениях шириной 3,00 м. с балконом в зависимости от ориентации

Глубина помещения, м	Точка нормирования в помещении	Ориентация помещения	Значения $K_0$ для помещения шириной 3,00м. с балконом глубиной, м.		
			1,00	2,00	3,00
3,00	В центре	Восток	0,34	0,03	0,02
		Юг	0,03	0,03	0,03
		Запад	0,30	0,03	0,02
	1 м от стены	Восток	0,05	0,02	0,02
		Юг	0,03	0,03	0,02
		Запад	0,04	0,03	0,02
4,50	В центре	Восток	0,03	0,02	0,02
		Юг	0,02	0,02	0,02
		Запад	0,04	0,02	0,01
		Восток	0,02	0,02	0,01
	1 м от стены	Юг	0,01	0,01	0,01
		Запад	0,02	0,02	0,01
		Восток	0,02	0,02	0,01
6,00	В центре	Восток	0,03	0,02	0,02
		Юг	0,03	0,03	0,02
		Запад	0,03	0,02	0,02
	1 м от стены	Восток	0,01	0,01	0,01
		Юг	0,01	0,01	0,01
		Запад	0,01	0,01	0,01
<i>Примечание – Значение коэффициента <math>K_0</math> для помещений с другой глубиной следует принимать по интерполяции и экстраполяции.</i>					

Таблица 2 – Значения коэффициента  $K_o$ , учитывающего влияние на освещенность на горизонтальную поверхность в помещениях шириной 3,00 м. с козырьком в зависимости от ориентации

Глубина помещения, м	Точка нормирования в помещении	Ориентация помещения	Значения $K_o$ для помещения шириной 3,00 м. с козырьком глубиной, м.		
			1,00	2,00	3,00
3,00	В центре	Восток	0,34	0,03	0,02
		Юг	0,03	0,02	0,02
		Запад	0,30	0,04	0,03
	1 м от стены	Восток	0,23	0,02	0,01
		Юг	0,03	0,02	0,02
		Запад	0,30	0,03	0,02
4,50	В центре	Восток	0,04	0,02	0,01
		Юг	0,02	0,01	0,01
		Запад	0,03	0,02	0,01
	1 м от стены	Восток	0,02	0,02	0,01
		Юг	0,01	0,01	0,01
		Запад	0,02	0,01	0,01
6,00	В центре	Восток	0,03	0,02	0,01
		Юг	0,02	0,01	0,01
		Запад	0,02	0,02	0,01
	1 м от стены	Восток	0,02	0,01	0,01
		Юг	0,01	0,01	0,01
		Запад	0,01	0,01	0,01
<i>Примечание – Значение коэффициента <math>K_o</math> для помещений с другой глубиной следует принимать по интерполяции и экстраполяции.</i>					

Анализ результатов экспериментальных измерений на модели под естественным небосводом, позволил выявить определенные закономерности и систематизировать их.

1. Значений экспериментальных измерений при ясном небе приняты средние значения внутренней и наружной освещенностей, полученные по трем измерениям для каждого варианта помещений, определена степень влияния горизонтальной стационарной солнцезащиты на освещенность помещения определяется через отношение уровня освещенности внутри помещения к величине прямой освещенности на горизонтальной поверхности. Это соотношение зависит от ориентации помещения и местоположения расчетной точки. При проектировании помещений со стационарными системами

солнцезащиты в определенной климатической зоне, знание минимального значения прямой освещенности на горизонтальной поверхности в течение дня позволяет, применяя коэффициент затенения  $K_o$ , рационально спроектировать систему солнцезащиты с учетом требуемого уровня освещенности внутри помещения (таблицы 1 и 2).

2. Исследования показали, что при различных вариантах глубины помещения (3,00 м, 4,50 м, 6,00 м) и глубины горизонтальных солнцезащитных устройств (1,00 м, 2,00 м, 3,00 м) значение коэффициента  $K_o$  увеличивается в зависимости от высоты солнца при ориентации помещения в утренний и вечерний отрезки времени. Это увеличение коэффициента  $K_o$  наблюдается при уменьшении как глубины помещения, так и глубины стационарных солнцезащитных устройств.

### Выводы

Произведение средней суммарной освещенность на горизонтальной поверхности от ясного неба в зоне строительства и коэффициента затенения  $K_o$  позволяет еще при проектировании помещения с горизонтальными стационарными системами солнцезащиты определить освещенность помещения в точке нормирования. Для оптимального проектирования стационарных солнцезащитных систем необходимо учитывать эти параметры, чтобы обеспечить баланс между естественной освещенностью и защитой от прямого солнечного света в зависимости от времени суток и ориентации помещения.

При правильном выборе при проектировании размеров горизонтальных солнцезащитных устройств и глубины помещения можно существенно улучшить освещенность помещений, снижая интенсивность прямых солнечных лучей, но сохраняя достаточный уровень естественного освещения. Для достижения наилучших результатов необходимо учитывать местные климатические и географические условия, а также особенности ориентации здания при проектировании и установке стационарных солнцезащитных устройств.

Экспериментальные измерения светопропускания различных стационарных солнцезащитных устройств в реальных условиях помогают оценить потери прямой освещенности в помещениях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий А.Т., Моргунова М.А., Сергейчук О.В., Спиридонов А.В. Методы проектирования стационарных солнцезащитных устройств // Светотехника.– 2016.– № 6. – С. 43–47.
2. Архитектурная физика: свет, тепло, звук / Под ред. Н.В. Оболенского. — М.: Архитектура-С, 2007. — 368 с.
3. Соловьёв А.К., Дорожкина Е.А. Современное понимание роли естественного освещения при проектировании зданий // Жилищное строительство. 2021. №11. С. 46-52. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-11-46-52>
4. Энциклопедия строительных технологий. Современные решения в области солнцезащиты зданий. — М.: Технополис, 2020. — 256 с.
5. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. М. : Стройиздат, 1988.
6. Киреев Н.Н. Повышение эффективности систем естественного освещения зданий на основе более полного учета ресурсов светового климата//Сб.тр. НИИСФ: Совершенствование световой среды помещений. -М., 1986. – с. 7-13.
7. Соловьёв А.К., Сунь Ифэн. Влияния характеристик светопроема на энергопотребление офисного здания в климатической зоне с жарким летом и холодной зимой в Китае // Вестник МГСУ. 2012. № 9. с. 31–38.
8. Коркина Е.В., Шмаров И.А., Войтович Е.В. Исследования времени наступления критической освещённости для оценки длительности дневного естественного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 6. с. 35-42. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-35-42.
9. Дарула С. Обзор современного состояния и перспектив стандартизации в области естественного внутреннего освещения. // Светотехника, 2019, №1, с.6-20.
10. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». – (с изменениями №1 и №2) – [www.consultantplus](http://www.consultantplus)

11. СП 367.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещенного освещения» (с изменениями №1 и №2) – www.consultantplus
12. EN 13037:2018. «Естественное освещение» EN 13037:2018 «Daylighting». – 56 p.
13. ДИН 5034-1: 2011 «Естественное освещение помещений. Часть 1. Общие требования.» (DIN 5034-1: 2011 Tageslicht in Innenräumen. Teil 1: Allgemeine Anforderungen). – Berlin, Deutsches Institut für Normung e.V., 2011 – 19 s.
14. ДИН 5034-2: 1985 «Естественное освещение помещений./Часть 2. Основные положения.» (DIN 5034-2: 1985 Tageslicht in Innenräumen. Grundlagen)/ – Berlin, Deutsches Institut für Normung e.V., 1985 – 13 s.
15. БС 8206-2:2008 «Освещение зданий» – Часть 2. Строительные нормы и правила естественного освещения. (BS 8206-2:2008. Lighting for buildings. Part 2) – London, BSI, 2008.
16. Государственный стандарт Китайской Народной Республики GB/T 50033-2001 Стандарт проектирования естественного освещения зданий. (中华人民共和国国家标准建筑采光设计标准, GB/T 50033—2001 Standard for daylighting design of buildings).
17. ДБН В.2.5-28-2006. Державні Будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. - Київ Мінбуд України, 2006. – 76 с.
18. Штофф В.А. Моделирование и философия. М.-Л. Изд-во Наука, 1966 - 304с.
19. Чудинский Р.М. Натурный и модельный эксперимент в учебном познании / Ю.А. Воронин, Р.М. Чудинский // Наука и школа. – 2002. – №3. – С. 33-41.
20. Гусев Н. М. Основы строительной физики: Учебник для ВУЗов. –М. :Стройиздат, 1975. – 440 с.

## REFERENCES

1. Dvoretzky A.T., Morgunova M.A., Sergeychuk O.V., Spiridonov A.V. Methods of designing stationary sun protection devices // Lighting engineering.- 2016.– No. 6. – pp. 43-47.
2. Architectural physics: light, heat, sound / Edited by N.V. Obolensky. — М.: Architecture-C, 2007. — 368 p.
3. Solovyov A.K., Dorozhkina E.A. Modern understanding of the role of natural lighting in the design of buildings // Housing construction. 2021. No.11. pp. 46-52. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-11-46-52>
4. Encyclopedia of construction technologies. Modern solutions in the field of solar protection of buildings. — М.: Technopolis, 2020. — 256 p.
5. Obolensky N.V. Architecture and the sun. М. : Stroyizdat, 1988.
6. Kireev N.N. Improving the efficiency of natural lighting systems of buildings based on a more complete accounting of the resources of the lighting climate//Sat.tr. NIISF: Improving the light environment of the premises. -M., 1986. – pp. 7-13.
7. Solovyov A.K., Sun Yifeng. The influence of the characteristics of the light barrier on the energy consumption of an office building in a climatic zone with hot summers and cold winters in China // Bulletin of the MGSU. 2012. No. 9. pp. 31-38.
8. Korkina E.V., Shmarov I.A., Voitovich E.V. Studies of the time of onset of critical illumination to assess the duration of daytime natural illumination // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2022. No. 6. pp. 35-42. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-35-42.
9. Darula S. Review of the current state and prospects of standardization in the field of natural indoor lighting. // Svtotekhnika, 2019, No.1, pp.6-20.
10. SP 52.13330.2016 "Natural and artificial lighting". – (with changes No. 1 and No. 2) – www.consultantplus
11. SP 367.1325800.2017 "Residential and public buildings. Rules for the design of natural and combined lighting" (with amendments No. 1 and No. 2) – www.consultantplus
12. EN 13037:2018. "Natural lighting" EN 13037:2018 "Daylighting". – 56 p.
13. DIN 5034-1: 2011 "Natural lighting of premises. Part 1. General requirements." (DIN 5034-1: 2011 Tageslicht in Innenräumen. Teil 1: Allgemeine Anforderungen). – Berlin, Deutsches Institut für Normung e.V., 2011 – 19 s.
14. DIN 5034-2: 1985 "Natural lighting of premises./Part 2. Basic provisions." (DIN 5034-2: 1985 Tageslicht in Innenräumen. Grundlagen)/ – Berlin, Deutsches Institut für Normung e.V., 1985 – 13 s.
15. BS 8206-2:2008 "Lighting of buildings" – Part 2. Building codes and rules of natural lighting. (BS 8206-2:2008. Lighting for buildings. Part 2) – London, BSI, 2008.
16. State Standard of the People's Republic of China GB/T 50033-2001 Standard for the design of natural lighting of buildings. (中华人民共和国国家标准建筑采光设计标准, GB/T 50033—2001 Standard for daylighting design of buildings).

17. DBN V.2.5-28-2006. The powers that be are the norms of Ukraine. The engineer owns budinkiv i sporud. The nature of the first piece of illumination. Kiev Ministry of Culture of Ukraine, 2006. – 76 p.
18. Shtoff V.A. Modeling and philosophy. M.-L. Nauka Publishing House, 1966 - 304s.
19. Chudinsky R.M. Natural and model experiment in educational cognition / Yu.A. Voronin, R.M. Chudinsky // Science and school. - 2002. – No.3. – pp. 33-41.
20. Gusev N. M. Fundamentals of building physics: Textbook for universities. –M. :Stroyizdat, 1975. – 440 p.

**Информация об авторах**

**Шмаров Игорь Александрович**

ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21), канд. техн. наук, рук. лаб. «Строительная светотехника», E-mail: [shmarovigor@yandex.ru](mailto:shmarovigor@yandex.ru)

**Земцов Владимир Викторович**

ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21), вед. инженер лаб. «Строительная светотехника», E-mail: [zemcov-v@yandex.ru](mailto:zemcov-v@yandex.ru)

**Information about the authors**

**Shmarov Igor A.**

Federal State Budgetary Institution Scientific Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (127238, Russia, Moscow, Locomotive passage, 21), Candidate of Technical Sciences, ruk. lab. "Construction lighting engineering", E-mail: [shmarovigor@yandex.ru](mailto:shmarovigor@yandex.ru)

**Zemtsov Vladimir V.**

Federal State Budgetary Institution Scientific Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (127238, Russia, Moscow, Locomotive passage, 21), Vedomosti. lab engineer. "Construction lighting engineering", E-mail: [zemcov-v@yandex.ru](mailto:zemcov-v@yandex.ru)