

## Оптимизация размеров светопрозрачных конструкций для повышения энергоэффективности в офисных зданиях

*Е.В. Никонова*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** На сегодняшний день в современном мире многие архитектурные решения направлены на улучшение качества окружающей среды, повышения энергоэффективности за счет минимизации потребления искусственного освещения. Одно из решений поставленных задач это применение естественного света, благодаря которому возможно уменьшить влияние искусственного освещения, снизить энергозатраты. Как известно в большинстве случаев дневной свет поступает в помещения через светопрозрачные конструкции, именно правильное проектирование окон дает возможность увеличить поток солнечного света. В зависимости от параметров окна возможно контролировать, распределять естественное освещение поступающее в помещение. В статье рассматривается влияние соотношения окон к стенам как один из вариантов дизайна для оптимизации естественного освещения. Исследование будет проводиться с применением моделирования в программном комплексе для расчета распределения дневного света.

**Ключевые слова:** Естественное освещение, коэффициент естественного освещения, светопрозрачные конструкции, оптимизация, площадь, моделирование, стены, рабочая поверхность, освещенность, вертикальное расширение, горизонтальное расширение, рекомендации, модель, энергоэффективность.

Архитектурные особенности здания в том числе светопрозрачные конструкции, которые влияют на микроклимат в помещении проектируются на начальной стадии разработки проекта с учетом необходимости соблюдения мер по повышению энергоэффективности здания [1,2]. Основной функцией окна является передача солнечного света, которая напрямую зависит от параметров окна, дизайна окна, применяемого стеклопакета.

Повышение естественного освещения – одна из наиболее значимых задач пассивного дизайна, поставленная перед проектировщиками и архитекторами [3]. Повышение применения естественного освещения не только уменьшает зависимость от искусственного освещения, но и также снижает потребление нагрузок на отопление и охлаждение помещения [4]. Применение естественного освещения — это не только снижение энергозатрат, но и улучшение визуального комфорта проектируемого

---

объекта, повышение зрительной реакции человека, улучшение работоспособности. Плюсом естественного освещения перед искусственным является качество передаваемого света, цветопередача и вариативность изменения. При этом можно отметить и неблагоприятный фактор естественного освещения это возможность создания отражения высокой яркости, что в свою очередь может вызывать дискомфорт.

Дневной свет – очень динамичный по интенсивности, направлению и пространственному распределению [5]. Он характеризуется суточными, сезонными колебаниями, пространственными изменениями, что в свою очередь является достаточно сложной задачей при проектировании освещения внутренних помещений. Всем этим параметрам должны удовлетворять светопрозрачные конструкции, поскольку параметры окна оказывает очевидное влияние на потенциальный дневной свет. Применение горизонтальных и узких окон рис.1 обеспечивают глубокую зону дневного света, открывают красивый вид, но такие окна сильно слепят в зависимости от их ориентации по сторонам света.



Рис. 1. – Горизонтальные узкие окна

При алогичных параметрах помещения более широкое окно рис.2 дает больше дневного света и больший коэффициент естественной освещённости по сравнению с узкими горизонтальными окнами. Но как правило архитекторы и проектировщики обычно предлагают второй вариант окон по причине более низкого ослепления [6].

---



Рис. 2. – Вертикальные широкие классические окна

Как показали предыдущие исследования, правильное проектирование светопрозрачных конструкций дает возможность снижения электроэнергии до 40% за счет поступления дневного света в помещения [7].

Исследование проводится методом имитационного моделирования с использованием программного комплекса. Моделирование процесса проводилось в программном комплексе ClimateStudio. Моделирование проводилось для города Москва, для двух месяцев июнь и декабрь (солнцестояние) в 10 часов утра, 13 часов дня и 16 часов вечера. Модель рассчитывалась в двух условиях: пасмурное небо и солнечное небо [8].

В качестве модели было выбрано офисное помещение размерами 6\*6 метров и высотой 4 метра расположенное на 15 этаже рис. 3

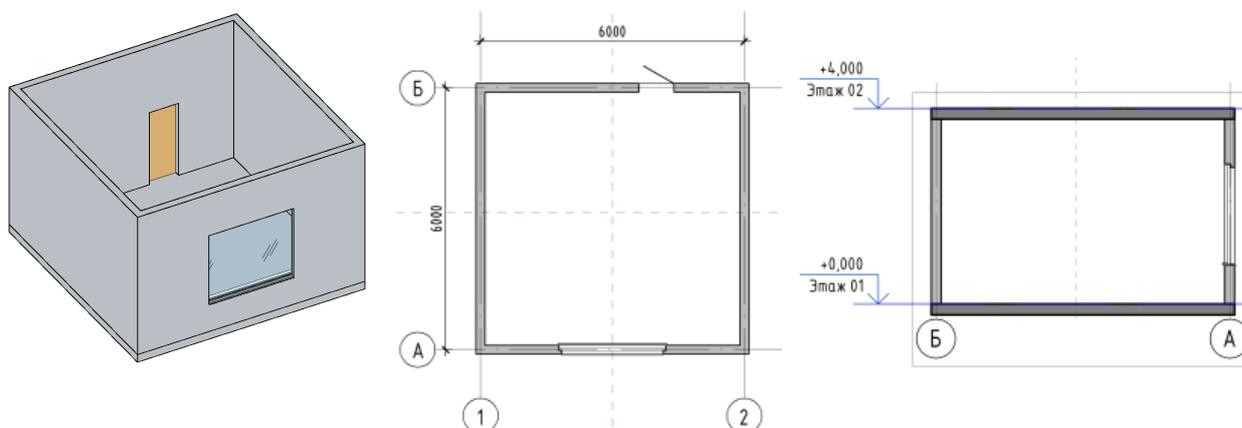


Рис. 3. – Модель исследуемого офисного здания

Для нахождения оптимальных площадей окон применялся диапазон размеров окон как вертикальных, так и горизонтальных в пределах от 20 до 50% от площади стены рис.4.

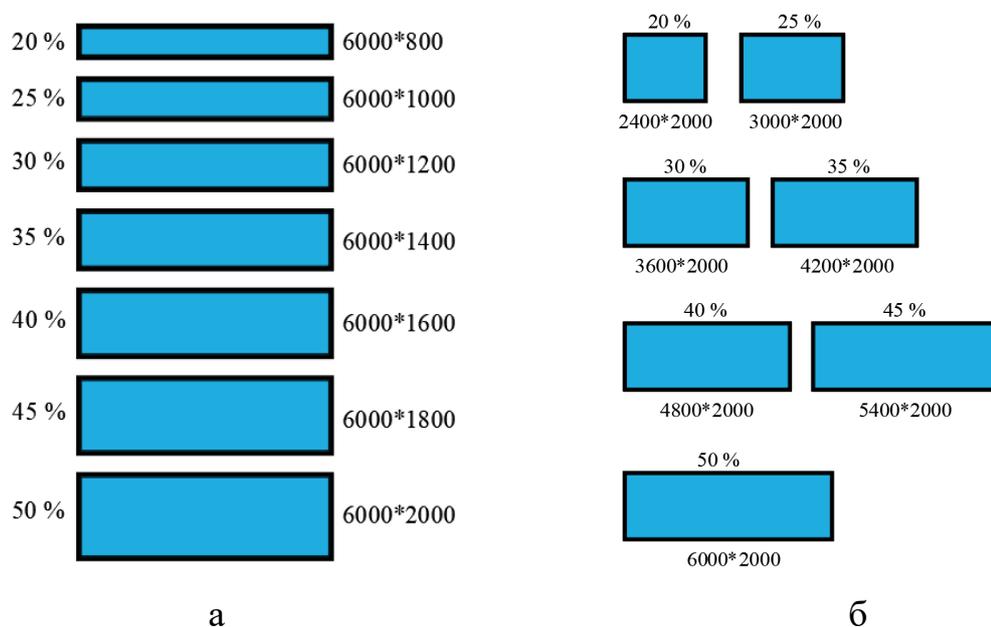


Рис. 4. – Варианты расчетных светопрозрачных конструкций  
а) вертикальные светопрозрачные конструкции; б) горизонтальные светопрозрачные конструкции

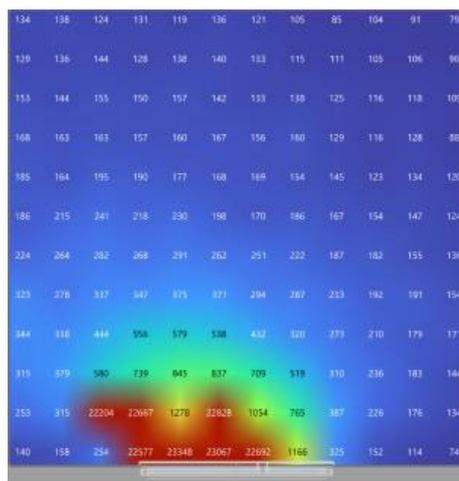
Применяемые окна проектировались без затемнений, процент пропускания принят 85%, внутренняя поверхность светлая, стены светлая краска. Высота подоконника принимается 0,8м. Для нахождения оптимального значения размера применяемых светопрозрачных конструкций рассчитывались два параметра:

- Коэффициент естественной освещённости (КЕО) [9- 11],
- Площадь с соответствующим дневным освещением, которое необходимо обеспечить на рабочей поверхности [12,13].

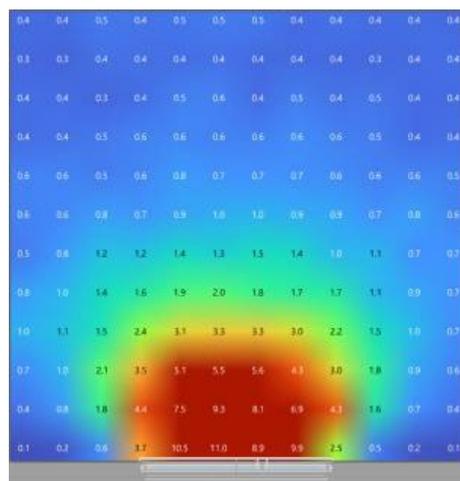
На основании нормативной документации для офисных помещений коэффициент естественной освещённости от бокового освещения должно быть не менее 1,2%, освещенность на рабочей поверхности не менее 400 лк.

Для данного исследования производились расчеты:

- Значения освещенности рабочей поверхности
- Значения коэффициента естественной освещенности
- Расчет площади помещения со значением освещенности до 400лк
- Расчет площади помещения со значением коэффициента естественной освещенности до значения 1,2%



а



б

Рис. 5. Пример выполненного расчета: а) расчетные значения освещенности рабочей поверхности; б) расчетные значения коэффициента естественной освещенности

В исследовании при расчете площади понимается процентная доля, которая занимает площадь, в пределах которой коэффициент естественной освещенности от бокового освещения должен быть не менее 1,2%, освещенность на рабочей поверхности не менее 400 лк.

При этом следует учесть, что коэффициент естественной освещенности (1) рассматривается только при пасмурном небе.

$$e = \frac{E_{нар}}{E_{внутр}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $E_{нар}$  – наружная освещенность на горизонтальной поверхности;  $E_{внутр}$  – естественная освещенность в точке внутри помещения.

Таблица 1

Результаты моделирования вертикальных светопрозрачных конструкций

Небо	Размер светопрозрачной конструкции	Месяц	Общая площадь помещения м <sup>2</sup>	Площадь не менее 400 лк м <sup>2</sup>	Процент освещенной площади	Средний процент освещенности
Солнечное небо	Вертикальное 800*6000 (20%)	Июнь	33,64	26,4	78,4	55,25
		Декабрь	33,64	10,8	32,1	
	Вертикальное 1000*6000 (25%)	Июнь	33,64	23,7	70,45	51,2
		Декабрь	33,64	10,8	32,1	
	Вертикальное 1200*6000 (30%)	Июнь	33,64	19,1	56,7	56,7
		Декабрь	33,64	19,1	56,7	
	Вертикальное 1400*6000 (35%)	Июнь	33,64	16,2	48,16	69,11
		Декабрь	33,64	30,3	90,07	
	Вертикальное 1600*6000 (40%)	Июнь	33,64	13,0	38,6	59,3
		Декабрь	33,64	29,8	88,5	
	Вертикальное 1800*6000 (45%)	Июнь	33,64	10,3	30,6	55,4
		Декабрь	33,64	24,3	72,2	
	Вертикальное 2000*6000 (50%)	Июнь	33,64	3,2	9,5	50,1
		Декабрь	33,64	30,3	90,7	

Таблица 2

Результаты моделирования вертикальный светопрозрачных конструкций

Небо	Размер светопрозрачной конструкции	Месяц	Общая площадь помещения м <sup>2</sup>	Площадь не менее 400 лк м <sup>2</sup>	Процент освещенной площади	Средний процент освещенности
1	2	3	4	5	6	7
Пасмурное небо	Вертикальное 800*6000 (20%)	Июнь	33,64	13,25	39,4	38,55
		Декабрь	33,64	12,7	37,7	
	Вертикальное 1000*6000 (25%)	Июнь	33,64	17,0	50,5	49,33
		Декабрь	33,64	16,2	48,16	
	Вертикальное 1200*6000 (30%)	Июнь	33,64	24,3	72,2	72,2
		Декабрь	33,64	24,2	72,2	
Вертикальное 1400*6000 (35%)	Июнь	33,64	24,3	72,2	72,05	
	Декабрь	33,64	24,2	71,9		

1	2	3	4	5	6	7
Пасмурное небо	Вертикальное 1600*6000 (40%)	Июнь	33,64	21,5	63,9	63,15
		Декабрь	33,64	21,0	62,4	
	Вертикальное 1800*6000 (45%)	Июнь	33,64	22,0	65,4	65,55
		Декабрь	33,64	22,1	65,7	
	Вертикальное 2000*6000 (50%)	Июнь	33,64	20,1	59,7	59,85
		Декабрь	33,64	20,2	60,0	

Таблица 3

Результаты моделирования горизонтальных светопрозрачных конструкций

Небо	Размер светопрозрачной конструкции	Месяц	Общая площадь помещения м <sup>2</sup>	Площадь не менее 400 лк м <sup>2</sup>	Процент освещенной площади	Средний процент освещенности
Солнечное небо	Горизонтальное 2400*2000 (20%)	Июнь	33,64	26,0	77,3	55,3
		Декабрь	33,64	11,2	33,3	
	Горизонтальное 3000*2000 (25%)	Июнь	33,64	22,1	65,7	60,5
		Декабрь	33,64	18,6	55,3	
	Горизонтальное 3600*2000 (30%)	Июнь	33,64	18,9	56,2	71,65
		Декабрь	33,64	29,3	87,1	
	Горизонтальное 4200*2000 (35%)	Июнь	33,64	13,6	40,4	64,9
		Декабрь	33,64	30,1	89,4	
	Горизонтальное 4800*2000 (40%)	Июнь	33,64	10,2	30,3	60,15
		Декабрь	33,64	30,28	90,0	
	Горизонтальное 5400*2000 (45%)	Июнь	33,64	7,2	21,4	56,48
		Декабрь	33,64	30,8	91,56	
	Горизонтальное 6000*2000 (50%)	Июнь	33,64	3,2	9,5	51,1
		Декабрь	33,64	31,2	92,7	

Таблица 4

Результаты моделирования горизонтальных светопрозрачных конструкций

Небо	Размер светопрозрачной конструкции	Месяц	Общая площадь помещения м <sup>2</sup>	Площадь не менее 400 лк м <sup>2</sup>	Процент освещенной площади	Средний процент освещенности
1	2	3	4	5	6	7
	Горизонтальное 2400*2000 (20%)	Июнь	33,64	25,4	75,5	73,5
		Декабрь	33,64	24,1	71,6	

1	2	3	4	5	6	7
Пасмурное небо	Горизонтальное 3000*2000 (25%)	Июнь	33,64	26,7	79,3	79,6
		Декабрь	33,64	26,9	79,9	
	Горизонтальное 3600*2000 (30%)	Июнь	33,64	25,5	75,8	75,8
		Декабрь	33,64	25,5	75,8	
	Горизонтальное 4200*2000 (35%)	Июнь	33,64	23,6	70,1	70,4
		Декабрь	33,64	23,8	70,7	
	Горизонтальное 4800*2000 (40%)	Июнь	33,64	22,3	66,2	66,0
		Декабрь	33,64	22,2	65,9	
	Горизонтальное 5400*2000 (45%)	Июнь	33,64	21,1	62,7	62,2
		Декабрь	33,64	20,8	61,8	
	Горизонтальное 6000*2000 (50%)	Июнь	33,64	20,1	59,7	58,3
		Декабрь	33,64	19,2	57,0	

Таблица 5

Результаты моделирования коэффициента естественной освещённости

Небо	Размер светопрозрачной конструкции	Ориентация окон	Процент освещенной площади	Средний процент освещённости
Пасмурное небо	(20%)	Горизонтальные	49,1	48,2
		Вертикальные	47,4	
	(25%)	Горизонтальные	73,4	71,0
		Вертикальные	68,7	
	(30%)	Горизонтальные	61,9	61,7
		Вертикальные	61,5	
	(35%)	Горизонтальные	56,1	56,8
		Вертикальные	57,5	
	(40%)	Горизонтальные	50,4	50,4
		Вертикальные	50,4	
	(45%)	Горизонтальные	45,8	45,7
		Вертикальные	45,6	
	(50%)	Горизонтальные	44,1	44,8
		Вертикальные	45,6	

В результате проведенного моделирования можно сделать следующие  
ВЫВОДЫ:

- В программном комплексе была создана модель для моделирования процесса естественного бокового освещения через различные варианты светопрозрачных конструкций.

- Произведены расчеты коэффициента естественной освещенности, расчеты площадей помещения, соответствующие требованиям, поставленным в исследовании.

- При проектировании вертикальных светопрозрачных конструкций при солнечном небе и пасмурном небе оптимальными являются светопрозрачные конструкции с площадью остекления в пределах 35-40% от общей площади поверхности.

- При проектировании горизонтальных светопрозрачных конструкций при солнечном небе и пасмурном небе оптимальными являются светопрозрачные конструкции с площадью остекления в пределах 25-35% от общей площади поверхности.

- Расчет коэффициента естественной освещенности показал, что оптимальными являются как горизонтальные, так и вертикальные светопрозрачные конструкции, площадь которых лежит в границах от 25-30%.

### Литература

1. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

2. Сеферян Л.А., Воронцова О.В., Швец Ю.С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4847/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4847/).

3. Карасева Л.В. Преимущества и перспективы применения систем естественного освещения с полыми трубчатыми световодами в России // Инженерный вестник Дона, 2022, №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7725/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7725/).

---

4. Шеина С. Г., Гиря Л. В., Швец А. Е., Ларин Н. С. Методы повышения энергоэффективности на этапе строительства жилых зданий повышенной этажности // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий 2022 Т. 1 № 1. С. 17-23.

5. 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.

6. Крайнов Д. В., Масленников И. А. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи светопрозрачных конструкций из алюминиевых профилей // Известия КГАСУ. 2020. № 4 (54). С. 35–43.

7. Богомолова Л.К., Ильницкий В.Д. Метод ускоренной оценки долговечности алюминиевого профиля под действием климатических факторов // Жилищное строительство. 2018. № 6. С. 36–39.

8. Шмирко К.А., Павлов А.Н., Бобриков А.А. Расчет отраженного взволнованной морской поверхностью диффузного солнечного излучения // Вестник ДВО РАН. 2015. № 3. С. 36-44.

9. Стецкий С.В., Ларионова К.О. Расчет естественной освещенности помещений с системой верхнего естественного освещения с учетом светотехнического влияния окружающей застройки // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 20—30.

10. Гусев Н.М. Основы строительной физики. Москва: Стройиздат. 1975. 440 с.

11. Соловьёв А.К. Физика среды. Москва: АСВ. 2014. 341 с.

12. Zain-Ahmed, A., Sopian, K., Zainol Abidin, Z., Othman, M. Y. H. The availability of daylight from tropical skies a case study of Malaysia // Renewable Energy. 2002. №25(1). pp.21-30.

13. Li, Danny H. W., Lam, Joseph C. An investigation of day lighting performance and energy saving in a daylit corridor // *Energy and Buildings*. 2003. № 35. pp.365-373.

### References

1. Alojjan R.M., Fedosov S.V., Oparina L.A. Jenergojeffektivnyye zdanija – sostojanie, problemy i puti reshenija [Energy efficient buildings - status, problems and solutions]. Ivanovo: PresSto, 2016. 276 p.
2. Seferjan L.A., Voroncova O.V., Shvec Ju.S. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4847/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4847/).
3. Karaseva L.V. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2022, №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7725/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7725/).
4. Sheina S. G., Girja L. V., Shvec A. E., Larin N. S. *Sovremennye tendencii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorij* 2022 T. 1 № 1. pp. 17-23.
5. Solov'jov A.K., Sun' Ifjen. *Vestnik MGSU*. 2012. №9. pp. 31-38.
6. Krajnov D. V., Maslennikov I. A. *Izvestija KGASU*. 2020. № 4 (54). pp. 35–43.
7. Bogomolova L.K., Il'nickij V.D. *Zhilishhnoe stroitel'stvo*. 2018. № 6. pp. 36–39.
8. Shmirko K.A., Pavlov A.N., Bobrikov A.A. *Vestnik DVO RAN*. 2015. № 3. pp. 36-44.
9. Steckij S.V., Larionova K.O. *Vestnik MGSU*. 2014. № 12. pp. 20—30.
10. Gusev N.M. *Osnovy stroitel'noj fiziki [Basics of building physics]*. Moskva: Strojizdat. 1975. 440 p.
11. Solov'ev A.K. *Fizika sredy [Physics of the environment]*. Moskva: ASV. 2014. 341 p.
12. Zain-Ahmed, A., Sopian, K., Zainol Abidin, Z., Othman, M. Y. H. *Renewable Energy*. 2002. №25 (1). pp.21-30.



13. Li, Danny H. W., Lam, Joseph C. An investigation of day lighting performance and energy saving in a daylit corridor // Energy and Buildings. 2003. № 35. pp.365-373.

**Дата поступления: 8.02.2025**

**Дата публикации: 26.03.2025**