

Сравнительный анализ эффективности различных типов системы верхнего естественного освещения в общественных и производственных зданиях

С.В. Стецкий, С.С. Корнеев

Московский Государственный Строительный Университет

Аннотация: В статье рассматриваются традиционные и новые типы системы верхнего естественного света для их применения в общественных и производственных зданиях. Основной целью анализа является нахождение оптимальных проектных решений рассматриваемой системы освещения по ряду критериев. В частности, рассматриваются не только объективные функциональные критерии (такие, как экономические и светотехнические), но и субъективные критерии (психологические, гигиенические и т.д.). Делается вывод о том, что проблемы создания комфортного микроклимата в помещениях и, в частности – качественной световой среды должны в значительно большей степени, чем это принято сейчас, базироваться на субъективных критериях оценки. Отмечается также, что экономические и энергетические аспекты оценки рассматриваемых типов системы верхнего естественного освещения в настоящее время в значительной степени уступают свою приоритетность медико-субъективным аспектам, которые в большей мере определяют рост производительности труда, зависящего в свою очередь от физического и психологического состояния работающих в рассматриваемых зданиях людей.

Ключевые слова: система верхнего естественного освещения, объективная и субъективная оценки, комфортность внутренней среды, оценочные критерии, общественные и производственные здания.

В настоящее время в большинстве стран мира ведется интенсивное строительство общественных зданий – как правило, торговых и развлекательных. Одновременно с этим осуществляется строительство новых и реконструкция существующих производственных зданий – в основном для нужд легкой промышленности. Такая тенденция имеет ряд специфических особенностей. В частности, интенсивность этого процесса определяется условиями глобализации экономики. Кроме этого, дефицит свободных территорий в современных городах приводит к необходимости возведения рассматриваемых зданий в многоэтажном варианте. Наконец, в современном архитектурно-строительном проектировании все большую роль играют физико-технические аспекты, которые определяют формирование

комфортной внутренней микроклиматической среды, одной из основных составляющих которой является естественная освещенность [1-3].

В многоэтажных общественных и производственных зданиях, которые отличаются также и значительной шириной, эффективность естественного освещения определяется как экономией электроэнергии на цели дополнительного искусственного освещения, так и повышением производительности труда. Эти цели в современных условиях могут быть достигнуты только с привлечением естественных методов регулирования параметров внутренней среды [1,3,4].

Системами естественного освещения, традиционно применяющимися в широких многоэтажных зданиях, являются: система бокового, верхнего и комбинированного естественного света (таблица 1). Боковое естественное освещение недостаточно эффективно, так как глубина зоны в достаточной степени освещаемой естественным светом, не превышает обычно 6,0-7,5м. Увеличение площади окон, естественно, увеличивает уровни естественной освещенности в помещениях, но приводит к ряду сопутствующих негативных последствий – например, к появлению дискомфортных яркостей и контрастов, избыточных теплопоступлений летом, теплопотерь зимой и т.д. [3,5].

Система верхнего естественного света значительно более эффективна со светотехнической точки зрения, однако в своих традиционных конструктивных типах – таких, как разнообразные фонари верхнего света или их сочетание с шахтными элементами – не способны обеспечить естественным светом все этажи зданий, кроме самого верхнего. Кроме этого, при использовании системы верхнего естественного освещения возникает ряд негативных последствий – например, интенсивная инсоляция и снижение визуального контакта с наружной средой (кроме оценки состояния небосвода). Это особенно важно для производственных зданий, так как

инсоляция в них не допускается в принципе, а психологическая связь работающих с внешней средой необходима в силу продолжительного пребывания в замкнутом пространстве [1,6,7].

До недавнего времени практическим решением проблемы минимизации негативных характеристик и максимизации позитивных свойств вышеприведенных типов систем естественного света являлась система комбинированного естественного освещения. Однако, комбинированное естественное освещение превращается в боковое на всех этажах многоэтажных зданий, кроме последнего и поэтому такое решение не является универсальным. Оно может быть успешно применено лишь в случае использования недавно разработанной в МГСУ новой системы верхнего естественного освещения через световые колодцы [4,8,9].

Наряду с этим, популярными и наиболее эффективными со светотехнической и экономической точек зрения (по мнению ряда авторов) становятся полые трубчатые световоды. Они могут обеспечивать как верхнее, так и боковое освещение помещений, что делает возможным строительство безоконных зданий [10-12].

В таблице 1 приводятся общие характеристики различных конструктивных типов систем бокового, комбинированного и верхнего естественного освещения. Как следует из анализа этих характеристик, наиболее приемлемыми для многоэтажных общественных и производственных зданий со значительной шириной корпусов являются: система комбинированного естественного освещения с использованием световых колодцев и система верхнего (или комбинированного) естественного освещения на основе полых трубчатых световодов. Детальный анализ этих двух систем приведен в таблице 2 на основе ряда критериев, имеющих не только объективный, но и субъективный характер.

Так, в этой таблице рассматриваются ряд характеристик вышеуказанных систем на основе таких критериев, как капитальные затраты на устройство рассматриваемых систем естественного освещения для создания в помещениях требуемых уровней освещенности, психологическая связь пребывающих в здании людей с окружающей средой, равномерность освещения и комфорт внутренней световой среды в целом и т.д. Последние критерии используются для субъективной оценки. В частности, критерий психологического контакта является обобщающим, включающим в себя частные критерии визуального контакта, оценки погодных условий и спектрального состава наружной освещенности и т.д. Оценка характеристик двух рассматриваемых систем проходит по укрупненным показателям по схеме «хорошо-удовлетворительно-плохо», что соответствует трёхбалльной системе оценок. Аналогичный подход неоднократно использовался в ранее проводимых исследованиях [13-15].

По результатам исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Равномерность светораспределения по глубине помещений в многоэтажных зданиях со значительной шириной корпуса значительно эффективнее может быть доступна при использовании системы естественного освещения помещений через полые трубчатые световоды, нежели при использовании световых колодцев, имеющих значительно большие размеры в плане, чем световоды. Частое расположение колодцев нерационально в силу больших потерь рабочих площадей общественных или промышленных зданий. Частое расположение световодов, не имеющих больших площадей поперечного сечения возможно, но создает определенные сложности при устройстве конструкций кровли на покрытии зданий.

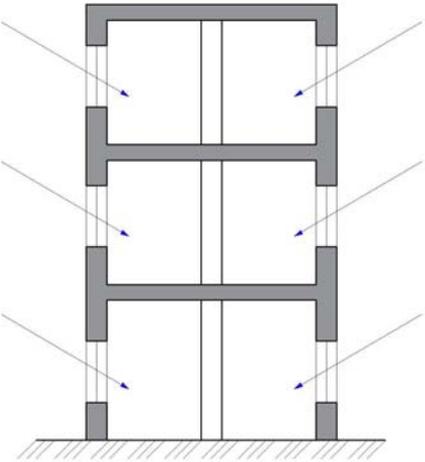
2. Психологический контакт с окружающей средой пребывающих в помещениях рассматриваемых зданий людей складывается из прямого

визуального контакта с материальным окружением и из прямого или косвенного их визуального контакта с небосводом, при котором оцениваются погодные условия и спектральный состав наружного освещения. При использовании системы световых колодцев одновременно с боковыми светопроемами оценка психологического контакта достигает максимума, что нельзя сказать о системе полых трубчатых световодов, не обеспечивающих прямого контакта и кроме этого, исключающих визуальный контакт с материальной окружающей средой.

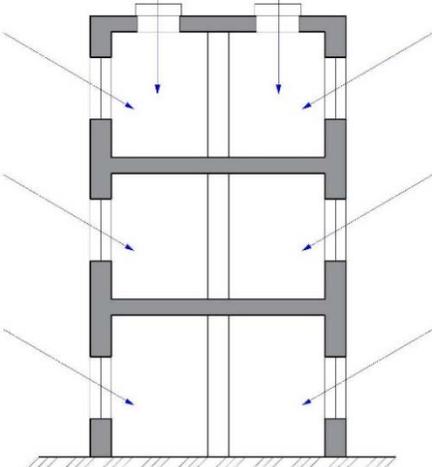
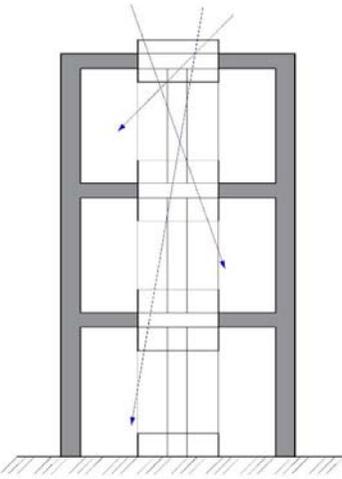
3. В целом, можно сделать обобщенный вывод о том, с объективной точки зрения, анализируя вопросы капитальных затрат на устройство рассматриваемых систем и эксплуатационного дополнительного искусственного освещения, система с полыми трубчатыми световодами оказывается лучшей. Однако, сравнивая рассматриваемые системы освещения по субъективным критериям, можно наблюдать обратную картину. В данном случае, на наш взгляд итоговое преимущество следует отдавать системе освещения со световыми колодцами, так как их положительная субъективная оценка о лучшем физиологическом и психологическом состоянии людей в помещениях рассматриваемых зданий, в конечном итоге, в ближайшей перспективе будет иметь своим результатом повышение производительности труда, что значительно более важно. Однако, окончательное подтверждение этого вывода требует проведения дальнейших широких теоретических и экспериментальных исследований, что и будет определять область научных изысканий авторов в ближайшее время.

Таблица № 1

Сравнение основных характеристик различных конструктивных типов системы естественного освещения зданий

Типы системы освещения	Схема рассматриваемой системы освещения	Возможность освещения нескольких этажей	Ограничения, накладываемые на глубину освещаемого помещения	Ограничение, накладываемые на расстояние от покрытия до освещаемого помещения
1	2	3	4	5
Окна системы бокового освещения		Возможность освещения только одного этажа	Эффективное освещение через окна возможно лишь до глубины помещения 6,0-7,5м.	В целом ограничения отсутствуют. Однако, чем больше расстояние от покрытия до освещаемого помещения, т.е. чем оно ближе к земле, тем больше может быть экранирующее влияние окружающей застройки

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Окна и фонари системы комбинированного освещения		<p>Возможность комбинированного освещения только верхнего этажа здания. Нижерасположенные этажи будут освещаться только через окна.</p>	<p>Ограничение глубины эффективно освещаемого помещения может быть на всех этажах, кроме последнего.</p>	<p>В помещениях всех этажей, кроме последнего возможен эффект затеняющего влияния противостоящих зданий. Он тем больше, чем этажи ближе к земле.</p>
Световые колодцы системы верхнего освещения		<p>Возможно освещение нескольких этажей здания по всей их высоте.</p>	<p>Глубина помещения не ограничена при устройстве нескольких световых колодцев по ширине здания.</p>	<p>В целом ограничения отсутствуют. При большом расстоянии помещения от покрытия увеличивается площадь остекления световых колодцев.</p>

Окончание таблицы 1

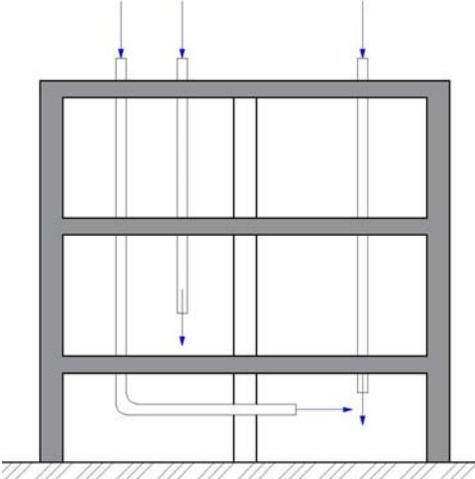
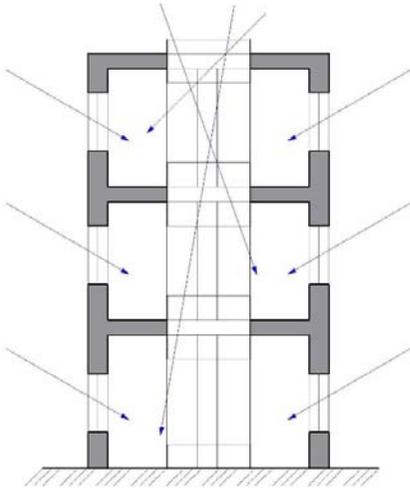
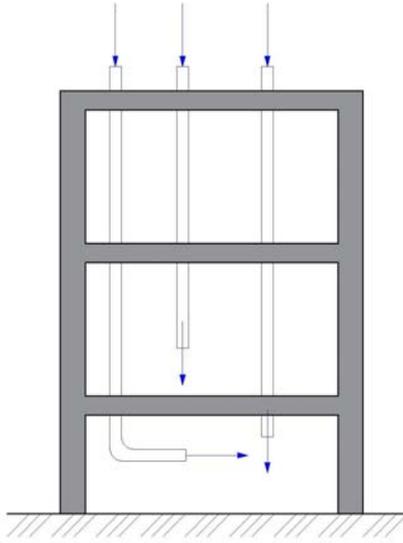
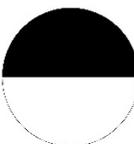
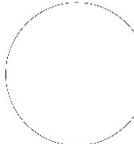
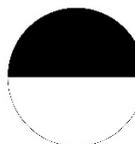
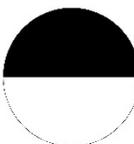
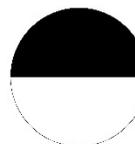
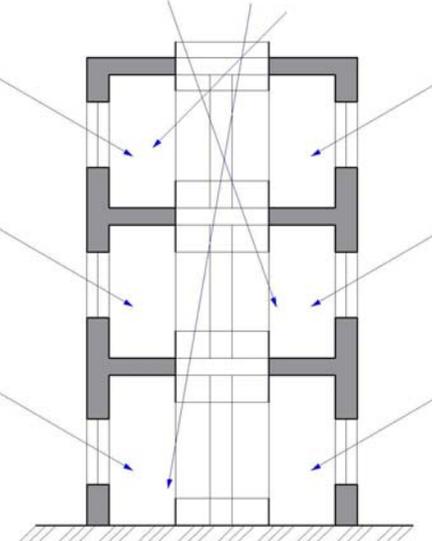
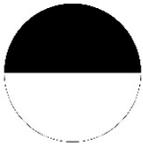
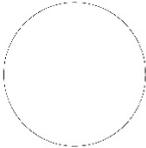
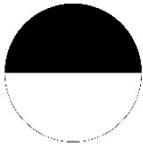
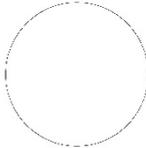
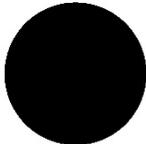
1	2	3	4	5
<p>Световоды системы верхнего бокового или естественного освещения</p>		<p>Возможно освещение нескольких этажей зданий по всей их высоте.</p>	<p>Глубина помещения не ограничена при равномерном расположении световодов по ширине здания.</p>	<p>Ограничения практически полностью отсутствуют.</p>
<p>Окна и световые колодцы системы комбинированного освещения</p>		<p>Возможно освещение нескольких этажей зданий по всей их высоте.</p>	<p>Глубина помещения не ограничена при равномерном расположении световых колодцев по ширине здания.</p>	<p>Ограничение практически полностью отсутствуют.</p>

Таблица 2

Сравнение основных характеристик современных систем естественного освещения многоэтажных зданий

Типы систем естественного освещения	Схема рассматриваемых систем освещения	Критерии сравнения				
		Капитальные затраты на устройство системы	Затраты на дополнительное искусственное освещение	Равномерность освещения	Дискомфортные контрасты и яркости	Психологическая связь с внешней средой
1	2	3	4	5	6	7
Полые трубчатые световоды систем верхнего, бокового и комбинированного естественного света						

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Световые колодцы и окна в системе комбинированного естественного освещения						

Условные обозначения:

-  хорошо, большие значения
-  удовлетворительно, средние значения
-  плохо, малые значения

Литература

1. Соловьев А.К. Физика среды. М.: АСВ, 2008. 344 с.
2. Маклакова Т.Г. Зодчество индустриальной эпохи. М: АСВ. 2003. 207с.
3. Хенн В. Промышленные здания и сооружения. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1959. 287 с. (перевод с немецкого).
4. Шубин Л.Ф. Архитектура гражданских и промышленных зданий, Том V Промышленные здания. М.: Стройиздат. 1975. 311 с.
5. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий. Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 2. С. 53-55.
6. Косо Йозеф Солнечный дом. Естественное освещение в планировке и строительстве. М.: Контент, 2008. 174 с.
7. Земцов В.А. Вопросы проектирования и расчета естественного освещения помещений через зенитные фонари шахтного типа // Светотехника. 1990. №10. С. 25-26.
8. Соломатин А.В., Казаков Ю.Н. Научное обоснование новых технологий устройства солнечного освещения в зданиях. Энергосвет. 2013. №6. С. 55-58.
9. Палагин А.В., Стерхов А.И., Корепанов Е.В. Сравнение систем естественного освещения зданий по функционально-энергетическим факторам. Интеллектуальные системы в производстве. 2014. №2(24). С. 191-194.
10. Броташ Л., Уилсон М. Расчет показателей естественного освещения. Светотехника. 2008. №3. С. 44-47.
11. Мохельникова Й. Естественное освещение и фонари верхнего света. Светотехника. 2008. №3. С. 26-30.

12. Tregenza PR. Measured and calculated frequency distribution of daylight illuminance. *Lighting Research and Technology*. 1986. Vol. 18 №2. pp. 71-74.
13. Muraviova N.A., Soloviev A.K., Stetsky S.V. Comfort light environment under natural and combined lighting; method of their characteristics' definition with subjective expert appraisal using. *Light and engineering-2018-Volume 26*. 2018. №3. pp. 124-131.
14. Стецкий С.В., Ларионова К.О., Борисов В.А. Влияние снегового покрова на зенитных фонарях системы верхнего естественного света на уровне освещенности в помещениях. *Инженерный вестник Дона*. 2018. №1. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_181_Stetsky_Larionova.pdf_faf02c357f.pdf
15. Стецкий С.В., Ларионова К.О., Борисов В.А. Влияние снегового покрова на зенитных фонарях системы верхнего естественного света на уровне освещенности в помещениях. *Инженерный вестник Дона*. 2018. №1. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_181_Stetsky_Larionova.pdf_faf02c357f.pdf

References

1. Solov'ev A.K. Solov'ev A.K. *Fizika sredy [Environmental Physics]*. M.: ASV, 2008. 344 p.
 2. Maklakova T.G. *Zodchestvo industrialnoi epohi M: ASV. 2003. 207 p. [Architecture of the industrial era]*.
 3. Henn V. *Promishlennye zdaniya i sooruzheniya. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo literaturi po stroitelstvu_ arhitekture i stroitel'nim materialam. [Industrial buildings and structures]*. 1959. 287 p. (perevod s nemeckogo).
 4. Shubin L.F. *Arhitektura grajdanskih i promishlennih zdanii, Tom V Promishlennye zdaniya. [Architecture of civil and industrial buildings, volume 5, industrial buildings]*. M.: Stroizdat. 1975. 311 p.
-



5. Solov'ev A.K. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2007. №2. pp. 53-55.
6. Koso Jozhef Solnechnyj dom. Estestvennoe osveshhenie v planirovke i stroitel'stve [Sunny house. Natural lighting in planning and construction]. M.: Kontent, 2008. 174 p.
7. Zemcov V.A. Svetotekhnika. 1990. №10. pp. 25-26.
8. Solomatin A.V., Kazakov Ju.N. Jenergosvet. 2013. №6. pp. 55-58.
9. Palagin A.V., Sterhov A.I., Korepanov E.V. Intellektual'nye sistemy v proizvodstve. 2014. №2 (24). pp. 191-194.
10. Brotash L., Uilson M. Svetotekhnika. 2008. №3. pp. 44-47.
11. Mohel'nikova J. Svetotekhnika. 2008. №3. pp. 26-30.
12. Tregenza PR. Lighting Research and Technology. 1986. Vol. 18 №2. pp. 71-74.
13. Muraviova N.A., Soloviev A.K., Stetsky S.V. Light and engineering-2018-Volume 26. 2018. №3. pp. 124-131.
14. Steckii S.V., Larionova K.O., Borisov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018. №1. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_181_Stetsky_Larionova.pdf_af02c357f.pdf.
15. Steckii S.V., Larionova K.O., Borisov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018. №1. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_182_Stetsky_Larionova_Borisov.pdf_b1083f64be.pdf.