

Зеркальные фасады: их влияние на освещение противостоящих зданий

А.К. СОЛОВЬЁВ

НИУ «МГСУ», Москва
E-mail: agpz@mgsu.ru

Аннотация

В сознании архитекторов бытует мнение, что зеркальные фасады усиливают освещение в помещениях противостоящих зданий. Так ли это? В связи с этим рассматриваются характерные примеры расчётов КЕО в помещении здания, противостоящего зеркальному фасаду. Отмечается, что повышение освещённости в расчётной точке по сравнению с обычным, диффузно отражающим фасадом возможно лишь при условии, что из этой точки виден отражённый достаточно большой участок неба. В противном случае зеркальные фасады создают значительное снижение указанной освещённости.

Ключевые слова: зеркальное отражение, фасад, яркость фасада, естественное освещение, геометрия застройки, диффузное отражение, структурное остекление, стеклопакет, прогибы стеклопакетов, «климатическая нагрузка».

1. Введение

Зеркальные фасады (ЗФ) – один из новейших трендов в архитектуре. Фасады могут быть зеркальными целиком или частично. Здание целиком с ЗФ – пример объекта «исчезающей архитектуры», когда в ЗФ отражается окружающая среда с деревьями, зданиями, машинами, людьми, а самого здания не видно. Здание становится видимым только в тёмное время суток, когда в его окнах горит электрический свет. «Исчезающая архитектура» может быть хорошим инструментом для архитектора в работах по реставрации архитектурных комплексов и памятников архитектуры, когда окружающая застройка имеет большое значение.

Зеркальное отражение фасадов может нарушаться «климатической нагрузкой», когда под действием высокой наружной температуры стёкла в стеклопакетах выгибаются наружу,

а при низких наружных температурах, наоборот, выгибаются вовнутрь [1–3]. Это нарушает чёткость отражения. Влияние таких деформаций на условия естественного освещения в противостоящих помещениях может быть мало, но это ещё нуждается в проверке.

Исследования по освещению помещений через световые колодцы показали [4–6], что наибольший прирост уровня освещения (УО) – в верхних этажах, где из расчётных точек видна стенка колодца, освещённая небосводом. Там, где имеют место вторичные отражения, прирост УО минимален.

ЗФ порождают много вопросов у архитекторов. Они – не только средство архитектурно-художественного решения зданий и застройки, но и сильно влияют на световую среду в помещениях противостоящих зданий и в помещениях самих зданий с ЗФ. С одной стороны, они могут значительно повышать УО в помещениях противостоящих зданий. А с другой стороны, если здание с рассматриваемым помещением высокое, то рас-

положенный напротив него ЗФ может значительно снижать УО в этом помещении. При каких же условиях это происходит? Попробуем ниже объяснить этот вопрос.

2. Методы и результаты расчётов

ЗФ, особенно со структурным остеклением (рис. 1), зеркально отражают окружающую среду. И всё дело в том, что отражается в них: то ли небо высокой яркости, то ли противостоящая застройка с разновысокими зданиями с разными фасадами разной отражающей способности, а то ли близко расположенное здание, на УО в помещениях которого этот ЗФ оказывает влияние. Отражённые противостоящие здания хорошо видны на рис. 2, на котором показано здание с обычным ЗФ. Причём яркость отражённых ЗФ зданий значительно ниже яркости отражённого ЗФ неба.

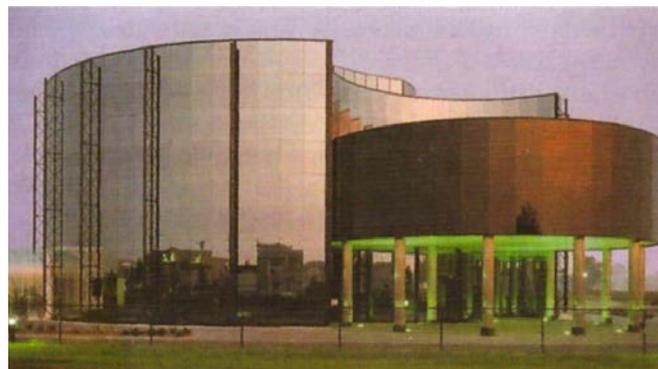
2.1. Методы

В сознании практикующих архитекторов бытует мнение, что ЗФ повышает УО в помещениях противостоящих зданий [7]. Так ли это? Рассмотрим несколько характерных случаев геометрии застройки. Для простоты на первых порах, рассмотрим случаи, когда противостоящие здания взаимопараллельны и имеют длину, значительно превышаю-

Рис. 1. Структурное остекление создаёт идеальную зеркальную поверхность фасада здания



Рис. 2. Отражение противостоящих зданий в стандартном зеркальном фасаде с переплётами



щую их высоту и расстояние между ними. (При этом считая одинаковыми в рассматриваемых случаях характеристики светопропускания проёма и внутреннего отражения в расчётном помещении). Комната, в которой рассчитывается КЕО, имеет высоту подоконника $h_{п} = 1$ м, высоту окна $h_o = 1,5$ м, толщину стены $d_{ст} = 0,5$ м, расстояние от окна до расчётной точки на полу $d = 3$ м и расстояние между зданиями $L = 15$ м.

Случай 1

ЗФ имеет постоянную высоту $H_2 = 24$ м при разной высоте противостоящего здания с расчётным помещением H_1 , от 4 до 28 м, с шагом в 4 м (здесь и далее все геометрические обозначения приведены на рис. 3 и 4). Расчёт геометрического КЕО ε , ведём по известным формулам, соответствующим расчёту по графику А.М. Данилюка № 1.

— Если через окно из расчётной точки (р.т.) M видно только небо или противостоящее здание, то

$$\varepsilon = \frac{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}{2} \cdot 100\%$$

$$\text{где } \alpha_1 = \arctg \frac{h_{п}}{d}, \alpha_2 = \arctg \frac{h_{п} + h_o}{d + d_{ст}}$$

— Если через окно из расчётной точки видно отражение небосвода и противостоящего здания, то геометрический КЕО, учитывающий прямой свет от неба, ε_n выражается как

$$\varepsilon_n = \frac{\cos \alpha_3 - \cos \alpha_2}{2} \cdot 100\%,$$

где, как видно из рис. 4,

$$\alpha_3 = \arctg \frac{H_1}{d + d_{ст} + 2 \cdot L}$$

Согласно Своду правил (СП) [8], КЕО

$$e = (\varepsilon_n \cdot q + \varepsilon_{зд} \cdot b_{ф} \cdot K_{зд}) \cdot \tau_o \cdot r_o / K_3,$$

где τ_o — общий коэффициент пропускания света, $\varepsilon_{зд}$ — геометрический КЕО, учитывающий свет, отражённый от противостоящего здания (рассчитывается по соответствующей формуле СП [8]), $b_{ф}$ — средняя относительная яркость фасада противостоящего здания (по соответствующей таблице СП [8]), $K_{зд}$ — коэффициент, учитывающий изменения внутренней отражённой составляющей КЕО в помещении при наличии

Рис. 3. Схема к учёту зеркального фасада противостоящего здания (случаи 1 и 2)

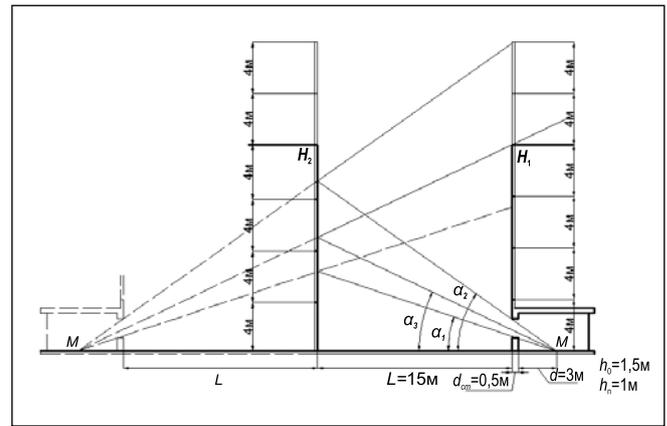
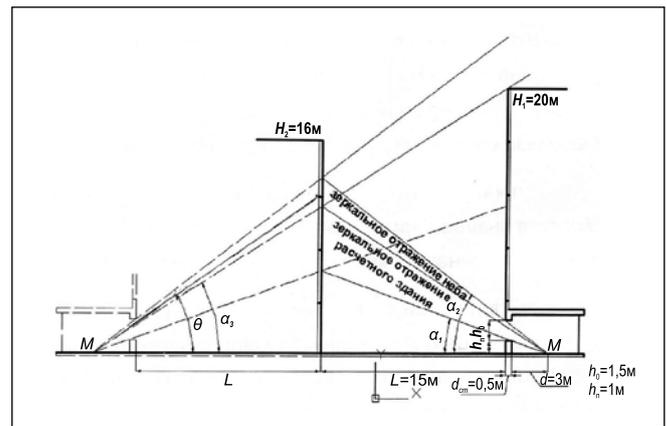


Рис. 4. Схема к расчёту в примере с противостоящим зданием с зеркальным фасадом



противостоящего здания (рассчитывается по соответствующей формуле СП [8]), K_3 — расчётный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещённости в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проёмах, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения (определяется по табл. 3 СНиП [9]), r_o — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отражённому от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, принимаемый по табл. Б.4 и Б.5 СП [8], q — коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба МКО:

$$q = \frac{1 + 2 \sin \theta}{3} \cdot \frac{9}{7},$$

где $\theta = (\alpha_2 + \alpha_3)/2$.

Считаем (для простоты), что $\tau_o = 1$, $K_3 = 1$, $r_o = 1$, и в формулу для e в качестве общего множителя добавим коэффициент отражения ЗФ $\rho_{зерк}$, взяв его равным 0,4 — характерным для i-стекла.

Значение $b_{ф}$ определяем по соответствующей таблице СП [8] для зда-

ния, отражающегося в ЗФ, то есть для здания с расчётным помещением. Для этого же здания по другой таблице СП [8] определяем значение $K_{зд}$, учитывающего перераспределение световых потоков внутри расчётного помещения за счёт отражения от ЗФ.

Если бы противостоящее здание имело не зеркальный, а обычный фасад с характерным коэффициентом отражения $\rho_{ф} = 0,4$, то через окно из расчётной точки мы бы видели только стену противостоящего здания. Для сравнения был проведён расчёт e для этого случая. Расчётные значения e для зеркального и обычного фасадов приведены в табл. 1, из которой видно: если от ЗФ в расчётную точку отражается только небо, ЗФ повышает e в расчётном помещении (в данном случае примерно на 15%), и, конечно, тем больше, чем больше $\rho_{ф}$.

С увеличением H_1 , когда в ЗФ начинает отражаться здание с расчётным помещением, по мере уменьшения видимого в ЗФ участка неба e в р.т. M падает. При $H_1 \geq 22$ м при наличии ЗФ противостоящего здания данный e значительно падает (в нашем случае примерно на 40%). В общем случае, как надо отметить, ЗФ

Расчётные значения величин в случае 1

H_1	α_1	α_2	α_3	ϵ_n	$\epsilon_{зд}$	q	b_Φ	$K_{зд,о}^*$	$K_{зд}$	e	\bar{e}^{**}	Примечание
4	18,43°	35,54°	6,81°	6,75	0	0,817	—	—	—	2,206	1,91	Отражается только небо
8			13,43°				—	—	—			
12			19,71°	6,38	0,37	0,826	0,23	1,192	1,18	2,148		Отражается здание + небо
16			25,53°	4,43	2,32	0,864		1,344	1,126	1,771		
20			30,84°	2,24	4,51	0,898		1,39		1,327		
24			35,62°	0	6,75	—	0,225	1,33	1,33	0,808		Отражается только здание
28			39,88°			—	0,213			0,765		

* $K_{зд,о}$ – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отражённой составляющей КЕО (e) в помещении при полном закрытии небосвода противостоящим зданием, видимым из расчётной точки (определяется по табл. Б.6 СП [8])

** \bar{e} – значение КЕО для затенения обычным фасадом с $\rho_\Phi = 0,4$

Таблица 2

Расчётные значения величин в случае 2

H_1	α_1	α_2	α_3	ϵ_n	$\epsilon_{зд}$	q	b_Φ	$K_{зд,о}^*$	$K_{зд}$	e	\bar{e}^{**}	Примечание
4	18,43°	35,54°	6,81°	6,75	0	0,817	—	—	—	5,51	5,51	Только прямая составляющая e (п.с.) (e_n)
8			13,43°				—	—	—			Только п.с. (e_n)
12			19,71°	6,38	0,37	0,826	0,213	—	1,18	5,37	5,36	П.с. (e_n) + отражённая составляющая (о.с.) ($e_{зд}$)
16			25,53°	4,43	2,32	0,864		—	1,126	4,48	4,38	П.с. (e_n) + о.с. ($e_{зд}$)
20			30,84°	2,24	4,51	0,898		—	1,26	2,52	3,22	Отражается только здание + прямое небо
24			35,62°	0	6,75	—		—	1,33	0,765	1,91	Отражается только здание
28			39,88°			—		—	1,33	0,765		

* $K_{зд,о}$ – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отражённой составляющей КЕО (e) в помещении при полном закрытии небосвода противостоящим зданием, видимым из расчётной точки (определяется по табл. Б.6 СП [8])

** \bar{e} – значение КЕО при затенении обычным фасадом с $\rho_\Phi = 0,4$

повышает e , когда только L равно превышению высоты H_1 над р.т. M .

Случай 2

H_2 варьирума при постоянной $H_1 = 28$ м. В отличие от случая 1, здесь при малой H_2 в р.т. M может иметь место только прямая составляющая e от света неба.

2.2. Результаты

Результаты расчёта e как при ЗФ, так и – обычном фасаде противостоящего здания приведены в табл. 2.

Из неё видно: в нашем случае при $H_1/L = 0,67$ в р.т. M имеет место только прямая составляющая e , одинаковая при обоих этих фасадах. С ростом превышения H_2 над р.т. M значение e в ней постепенно падает из-за уменьшения телесного угла, под которым из неё через светопроём виден открытый участок неба. В случае противостоящего здания с ЗФ, как только с ростом H_2 из расчётной точки перестает быть виден от-

крытый участок неба, e резко падает. Спад e в нашем случае такой же, как и в рассмотренном выше случае 1, т.е. примерно на 40 %.

Как видно из табл. 1 и 2, найденное, согласно СП [8], расчётное значение e не зависит от H_1 . На самом же деле фасад (в том числе ЗФ) противостоящего (затеняющего) здания освещается участком небосвода, размер которого зависит от H_1 , и потому зависят от H_1 как b_Φ , так и, соответственно, e .

Сегодня, когда есть возможность математического моделирования условий освещения при затенении противостоящим зданием с помощью ЭВМ, обязательно необходима корректировка таблицы СП [8] по определению b_{ϕ} (таблица Б.2) с обязательным, как уже говорилось, учётом H_1 .

Эта корректировка особенно важна в отношении к центральным районам городов, с их очень плотной застройкой, и может облегчить труд архитекторов-проектировщиков в части реконструкции очень плотных застроек.

Чтобы понять, каково будет влияние противостоящего ЗФ на УО в помещении необходимо построить в масштабе разрез градостроительной ситуации с разрезом этого помещения и построить лучевую схему телесных углов прямого и отражённого света, поступающего через проём в расчётную точку (рис. 4).

Рассмотрим пример

Пусть $H_1 = 20$ м, $H_2 = 16$ м, $L = 15$ м, $d = 3$ м, $h_{\text{п}} = 1$ м, $h_0 = 1,5$ м, $d_{\text{ст}} = 0,5$ м и $\rho_{\text{зерк}} = 0,4$. Расчётные значения $\alpha_1 \approx 18,43^\circ$, $\alpha_2 \approx 35,84^\circ$, $\alpha_3 = \arctg[20 / (3 + 0,5 + 2 \cdot 15)] \approx 30,84^\circ$, $\varepsilon_{\text{н}} \approx 2,4\%$, $\varepsilon_{\text{зд}} \approx 4,5\%$, $\varepsilon_{\text{н}} \approx [(\cos 30,84^\circ - \cos 35,84^\circ) / 2] \cdot 100\% \approx 2,4\%$, $\varepsilon_{\text{зд}} \approx [(\cos 18,43^\circ - \cos 30,84^\circ) / 2] \cdot 100\% \approx 4,5\%$, $\theta \approx (35,84^\circ + 30,84^\circ) / 2 \approx 33,34^\circ$, $q \approx 0,9$, $b_{\phi} \approx 0,18$, $K_{\text{зд}} \approx 1,23$ и $e \approx 3,156\% \cdot 0,4 \approx 1,26\%$.

При обычном фасаде противостоящего здания с $\rho_{\phi} = 0,4$ $e \approx 1,53\%$, т.е. больше, чем при ЗФ.

При $H_1 = 24$ м отражённого участка неба из расчётной точки не видно. Видно только здание с помещением с этой точкой. При ЗФ $e \approx 0,67\%$, а при обычном фасаде с $\rho_{\phi} = 0,4$ $e \approx 1,68\%$. Даже при $\rho_{\text{зерк}} = 1$, чего в принципе быть не может, расчётный $e \approx 1,68\%$, т.е. смог бы только приблизиться к значению e при обычном, диффузно отражающем фасаде.

Таким образом, в рассмотренном примере ЗФ снижает освещённость в расчётной точке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плотников А.А., Стратий П.В. Расчёт климатической нагрузки на стеклопакет на примере г. Москвы // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 190–194.

2. Стратий П.В., Борискина И.В., Плотников В.В. Климатическая на-

грузки на стеклопакеты // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2–2. – С. 262.

3. Стратий П.В., Плотников В.В., Борискина И.В. Исследование прогибов стёкол пакета при действии атмосферной составляющей климатической нагрузки. // Жилищное строительство. – 2011. – № 4. – С. 33–36.

4. Стецкий С.В., Чень Гуанлун. Оптимальные конструктивные, планировочные и геометрические решения световых колодцев для многоэтажных производственных зданий // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 2. – С. 84–85.

5. Стецкий С.В., Гуанлун Ч. Создание качественной световой среды в помещениях производственных зданий для климатических условий юго-восточного Китая // Вестник МГСУ. – 2012. – № 7. – С. 16–25.

6. Стецкий С.В., Гуанлун Ч. Конструктивные и планировочные решения многоэтажных производственных зданий при обеспечении в них естественного освещения через световые колодцы // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 3. – С. 70–72.

7. Грищенко Г.Д., Касьянов В.Ф. Постановка задач по применению световодов и отражённого света фасадами для улучшения условий инсоляции и повышения КЕО при реконструкции городской застройки // Светотехника. – 2015. – № 3. – С. 27–30.

8. СП 23–102–2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий».

9. СНиП 232–05–95* «Естественное и искусственное освещение».

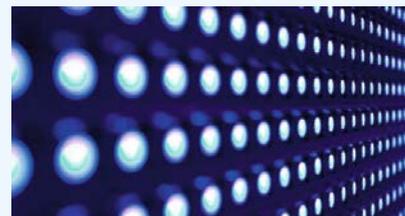


Соловьёв Алексей Кириллович, доктор техн. наук, проф. Окончил в 1965 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Профессор кафедры «Архитектура гражданских и промышленных зданий»

ФГБОУ ВПО «НИУ «МГСУ». Член Европейской академии наук и искусств и редколлегии журнала «Светотехника». Имеет звания «Почётный строитель РФ» и «Заслуженный работник высшей школы РФ»

«Росэлектроника» создала систему освещения на лазерах

Инженеры холдинга «Росэлектроника» создали новейшую систему освещения, основанную на использовании лазерного излучения. Осветительные приборы (ОП) системы способны работать в агрессивных средах и даже под водой. Излучение приходит в них по оптоволокну, что исключает опасность возникновения пожара или взрыва из-за возникновения искры.



Новая система освещения построена на синих диодных лазерах, излучающих в диапазоне длин волн 440–470 нм, и удалённом люминофоре. Такие осветительные устройства обладают высокой световой отдачей – до 100 лм/Вт.

Применение оптоволокну обеспечивает электро- и пожаробезопасность в любых светотехнических приборах. Они устойчивы к климатическому, коррозионному, механическому, электромагнитному и радиационному воздействиям, а также, например, на химическом производстве, где освещать объект иным образом крайне небезопасно.

Светотехническая продукция на основе диодных лазеров может успешно применяться для внутреннего и внешнего освещения бытовых помещений и инфраструктурных опасных производственных объектов, например, химических заводов, атомных станций и шахт. Новый проект ОП был представлен холдингом «Росэлектроника» в рамках международной выставки «Фотоника-2017», которая проходила в Экспоцентре с 28 февраля по 3 марта.

<https://hi-news.ru/>
10.03.2017