

Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды)

*Д.т.н., профессор А.К. Соловьев;
аспирант О.А. Туснина,*

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Аннотация. Полые трубчатые световоды являются весьма эффективными системами. Применение световодов может снизить затраты на искусственное освещение здания и повысить комфортность труда людей в помещении.

В данной статье проведен сравнительный теплотехнический расчет покрытий с двумя типами систем естественного освещения. Исследовались покрытия с применением полых трубчатых световодов как наиболее современное решение и как наиболее традиционное и широко распространенное решение – зенитных фонарей. Расчет выполнялся численным методом в двух вычислительных комплексах – NASTRAN и TEPL, что повышает достоверность результатов.

В результате расчета определено, что применение световодов позволяет улучшить теплозащитные свойства покрытия и повысить приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции. Таким образом, выявлено еще одно преимущество применения световодов.

Ключевые слова: приведенное сопротивление теплопередаче; теплотехнический расчет; полый трубчатый световод; зенитный фонарь

Одним из перспективных способов повышения эффективности естественного освещения зданий является применение полых трубчатых световодов [1]. Полый трубчатый световод – это устройство, проводящее свет внутрь здания. Световоды принимают естественный свет на крыше здания и передают его в помещение. Обладая рядом преимуществ, световоды являются перспективной и удобной системой естественного освещения здания.

Применение световодов позволяет экономить энергию, затрачиваемую на отопление, вентиляцию и охлаждение помещения. Основным преимуществом является уменьшение затрат энергии на искусственное электрическое освещение помещений, оборудованных световодами. Кроме того, проведение естественного освещения в помещениях, не имеющих к нему доступа, повышает комфортность пребывания там людей, улучшает условия работы и повышает производительность труда и качество результата.

В данной статье исследуются теплотехнические качества покрытия с установленными в нем световодами. Проводится сравнение теплозащитных свойств покрытия с системой естественного освещения из световодов с покрытием с традиционным решением естественного освещения – зенитными фонарями.

Обзор литературы

Многие ученые, как отечественные, так и зарубежные, занимались исследованием полых трубчатых световодов [2–7], разработкой новых конструктивных систем и оценкой их экономической эффективности.

В статьях [8, 9, 10, 11] проведена оценка экономической эффективности применения систем полых трубчатых световодов для освещения зданий и удобства их применения с точки зрения комфортности пребывания человека в помещениях.

В статье [8] проведен анализ стоимости и преимуществ систем полых трубчатых световодов в помещениях, не имеющих доступа к естественному освещению, в сравнении с использованием электрического освещения. Работа показала, что на первый взгляд световоды не являются достаточно эффективной системой в сравнении с обычным искусственным освещением. Однако если учесть неочевидные выгоды, такие как улучшение условий труда человека в помещениях с естественным освещением и, как следствие, повышение производительности и качества работы, то можно сказать, что применение световодов является экономически целесообразными. Стоит

отметить, что в данной работе не произведена оценка теплотехнических свойств ограждающих конструкций зданий с учетом наличия в них световодов.

В статье [11] анализ применения систем полых трубчатых световодов показал, что их использование позволяет значительно снизить расход электроэнергии на освещение здания. Также сделан вывод, что наиболее эффективно применять световоды в сочетании с автоматически регулируемым искусственным освещением.

Системы полых трубчатых световодов активно применяются в различных странах Европы (Германия, Великобритания, Италия) [12, 13, 14]. На территории нашей страны эти системы еще не получили широкого распространения, однако работа в этом направлении ведется, и световоды постепенно внедряются в практику проектирования.

На рынке представлено большое разнообразие систем полых трубчатых световодов [15–19], таких, например, как SOLARSPOT [20], Heliobus [21] и др.

Проведенный обзор существующих исследований показал, что полые трубчатые световоды являются весьма перспективными и обладают рядом преимуществ, позволяя обеспечить экономический эффект и комфортность пребывания и труда человека в помещении. Однако эффективность применения полых трубчатых световодов в отношении теплотехники на данный момент недостаточно изучена, в связи с этим целью настоящей работы является исследование теплозащитных свойств покрытий со световодами и сопоставление с другими широко известными системами естественного освещения.

Постановка задачи

В данной статье приведены результаты теплотехнического расчета двух типов систем верхнего естественного освещения в здании. Рассматривались зенитные фонари как наиболее распространенная система, используемая в покрытиях зданий, и полые трубчатые световоды как одна из перспективных систем, повышающая эффективность естественного освещения здания.

Исследовались системы со следующими характеристиками.

Зенитный фонарь. Выделена часть покрытия здания размерами в плане 5х5 м, в пределах которой расположен один зенитный фонарь размерами в плане 2.9х2.9 м (рис. 1). Принята ограждающая конструкция послойной сборки, состоящая из двух стальных листов ($\lambda = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) толщиной 1 мм и слоя утеплителя из минеральной ваты ($\lambda = 0.05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) толщиной 200 мм. Остекление фонаря принято двуслойное: стекла ($\lambda = 1.15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) толщиной 3 и 4 мм – внутреннее и наружное соответственно. Замкнутая воздушная прослойка между стеклами толщиной 23 мм имеет теплопроводность $\lambda = 0.15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Полый трубчатый световод. Выделена часть покрытия здания размерами в плане 1х1 м, в пределах которой расположен один световод диаметром 375 мм (рис. 2). Состав кровли принят такой же, как в случае зенитного фонаря. Светопроводящий канал световода толщиной 2 мм выполнен из алюминия ($\lambda = 230 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$). Наружный прозрачный купол выполнен из органического стекла ($\lambda = 0.2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) толщиной 2 мм. Внутреннее распределяющее свет стекло ($\lambda = 1.15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) имеет толщину 4 мм. Принято, что стенки световода утеплены минеральной ватой ($\lambda = 0.05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) толщиной 50 мм. Замкнутая воздушная полость внутри светопроводящего алюминиевого канала имеет теплопроводность $\lambda = 9.33 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

В обеих задачах принято, что температура наружного воздуха равна -30 °C , внутреннего воздуха $+18 \text{ °C}$. Коэффициент теплоотдачи на поверхностях, граничащих с наружным воздухом, равен $8.7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, на поверхностях, граничащих с внутренним воздухом, – $23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Расчет производился в программных комплексах TEPL (рис. 3, 5) и NASTRAN (рис. 4, 6) для подтверждения достоверности получаемых результатов. По итогам расчета в комплексе TEPL получено трехмерное распределение температур в конструкции, на основании которого автоматически образом вычислена величина приведенного сопротивления теплопередаче конструкции. В результате расчета в комплексе NASTRAN получено только трехмерное поле температур в конструкции.

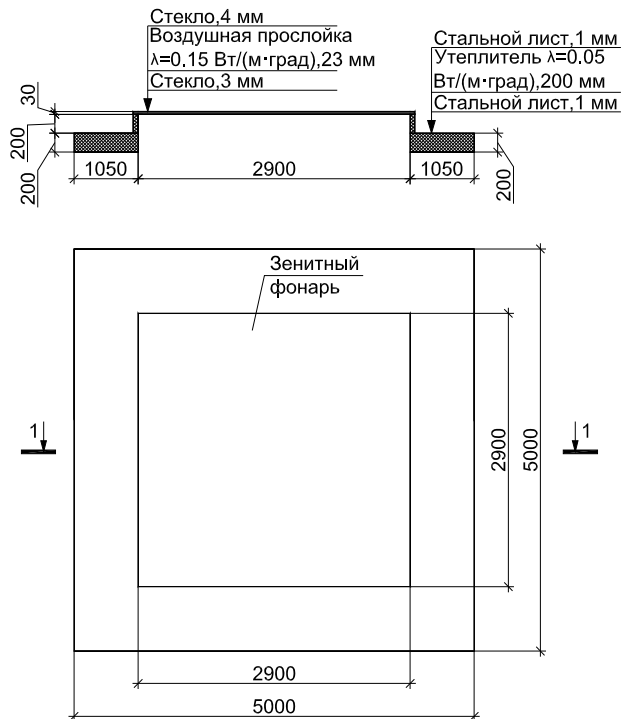


Рисунок 1. Исследуемая система естественного освещения с использованием зенитного фонаря

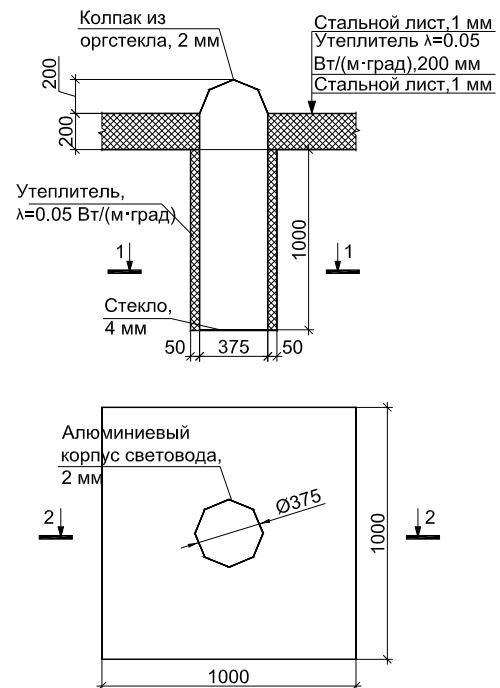


Рисунок 2. Исследуемая система естественного освещения с использованием полого трубчатого световода



Рисунок 3. Расчетная схема покрытия с зенитным фонарем в программном комплексе TEPЛ (см. сечение 1-1, рис. 1) Разными цветами показаны области с разным коэффициентом теплопроводности

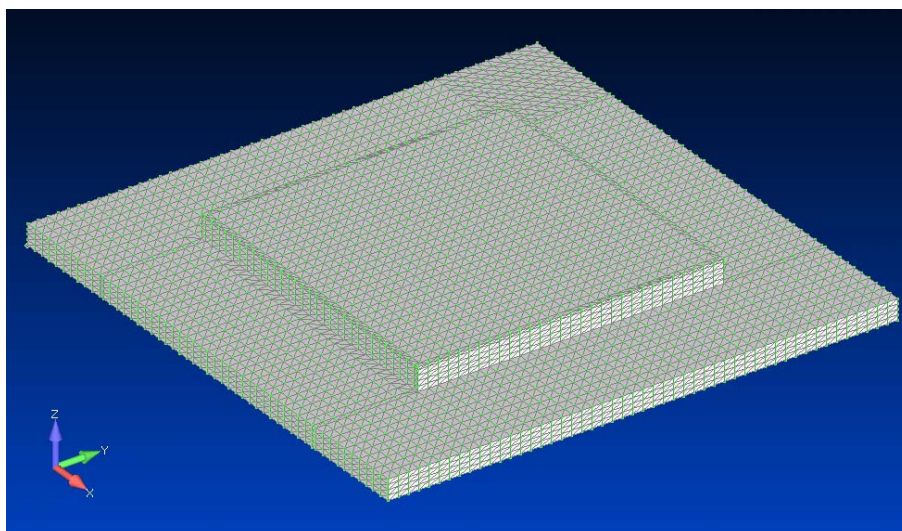


Рисунок 4. Расчетная схема для расчета покрытия с зенитным фонарем в программном комплексе NASTRAN

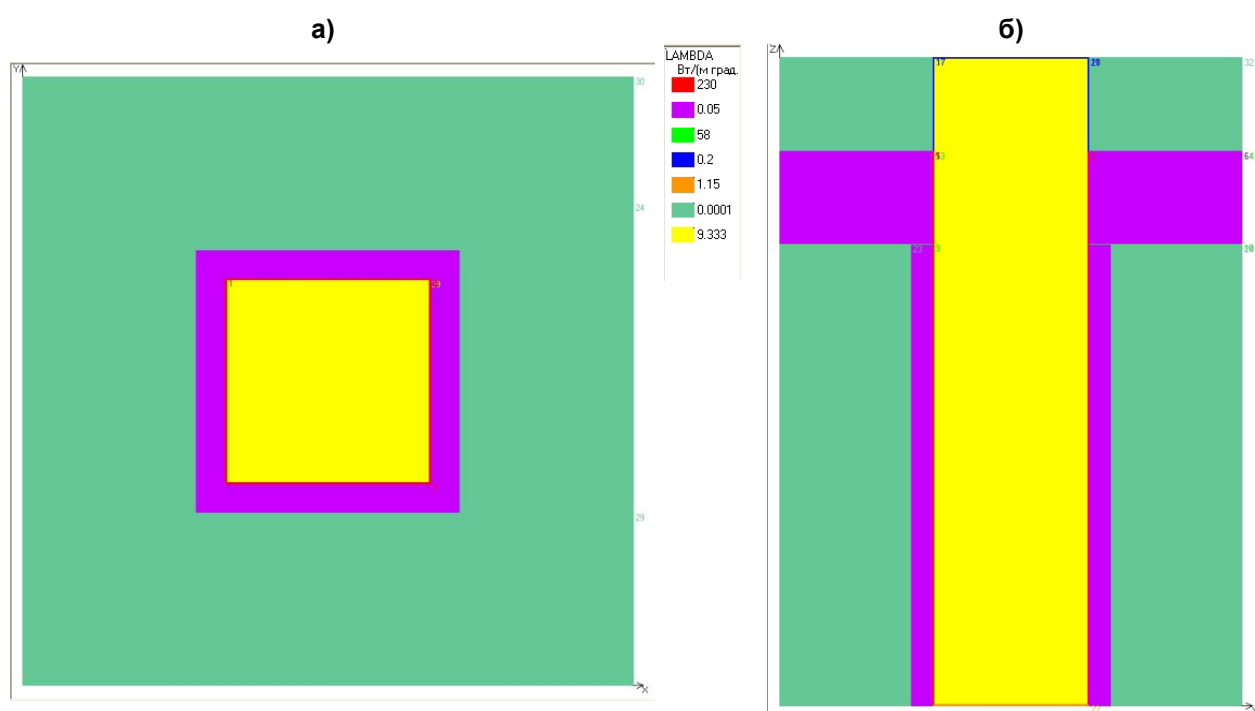


Рисунок 5. Расчетная схема покрытия со световодом в программном комплексе TEPL
(а – см. сечение 1-1, рис. 2; б – см. сечение 2-2, рис. 2)

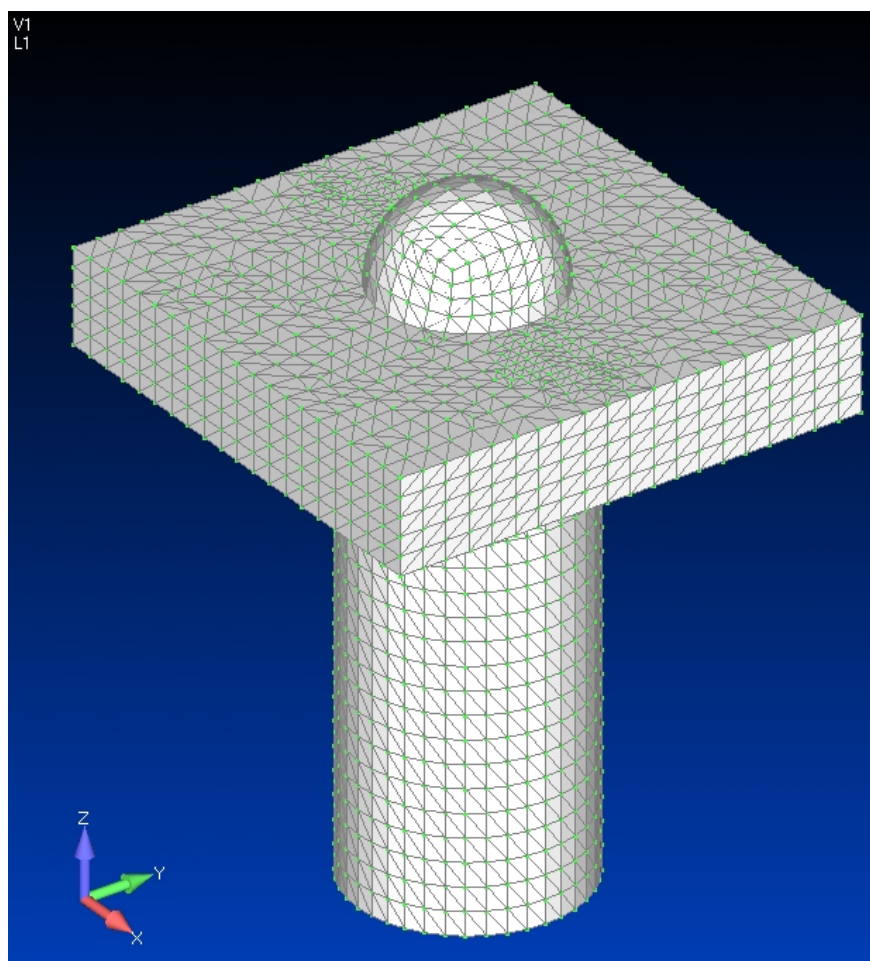


Рисунок 6. Расчетная схема покрытия со световодом в программном комплексе NASTRAN

Результаты исследования

По результатам расчета получили следующие картины распределения температур в конструкции (рис. 7–10).

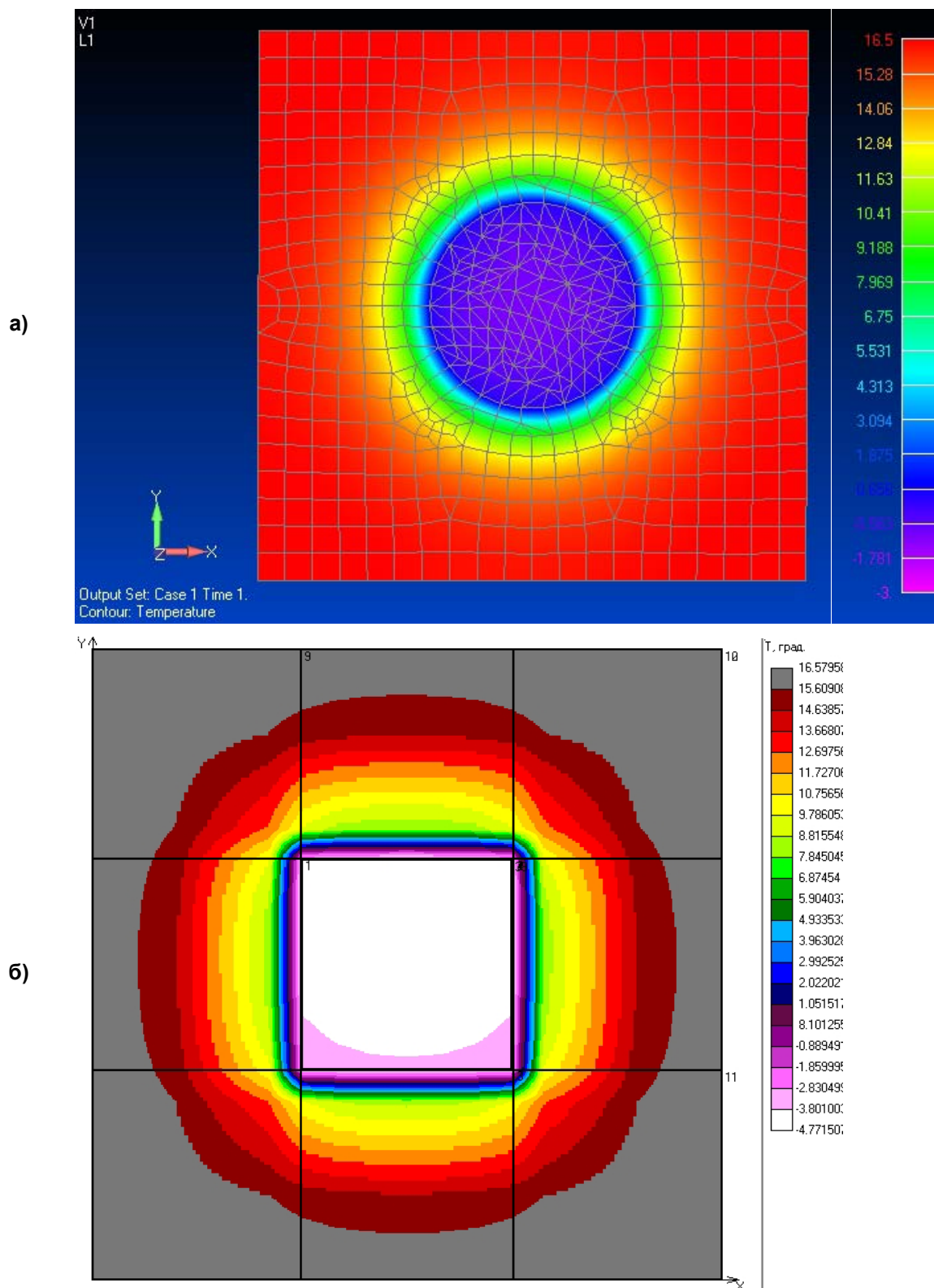


Рисунок 7. Распределение температур по нижнему стальному листу для световода (а – NASTRAN; б – TEPL)

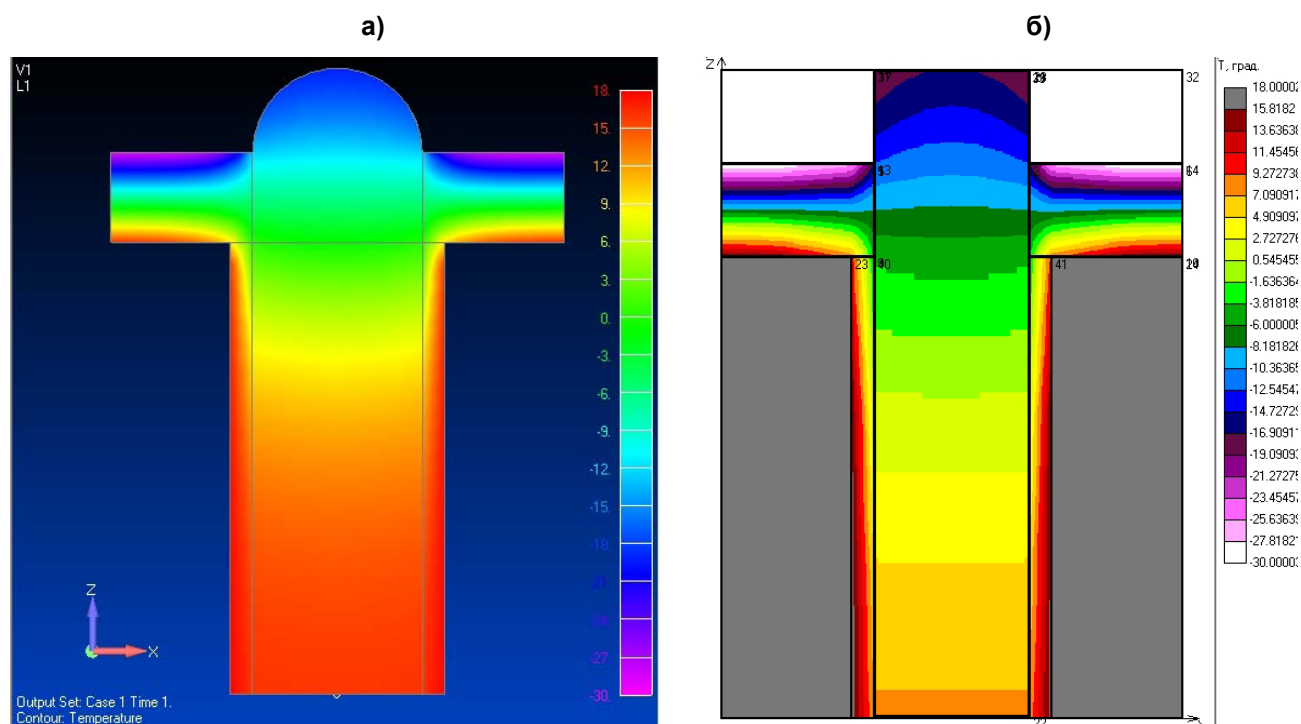


Рисунок 8. Распределение температур по сечению световода (а – NASTRAN; б – TEPL)

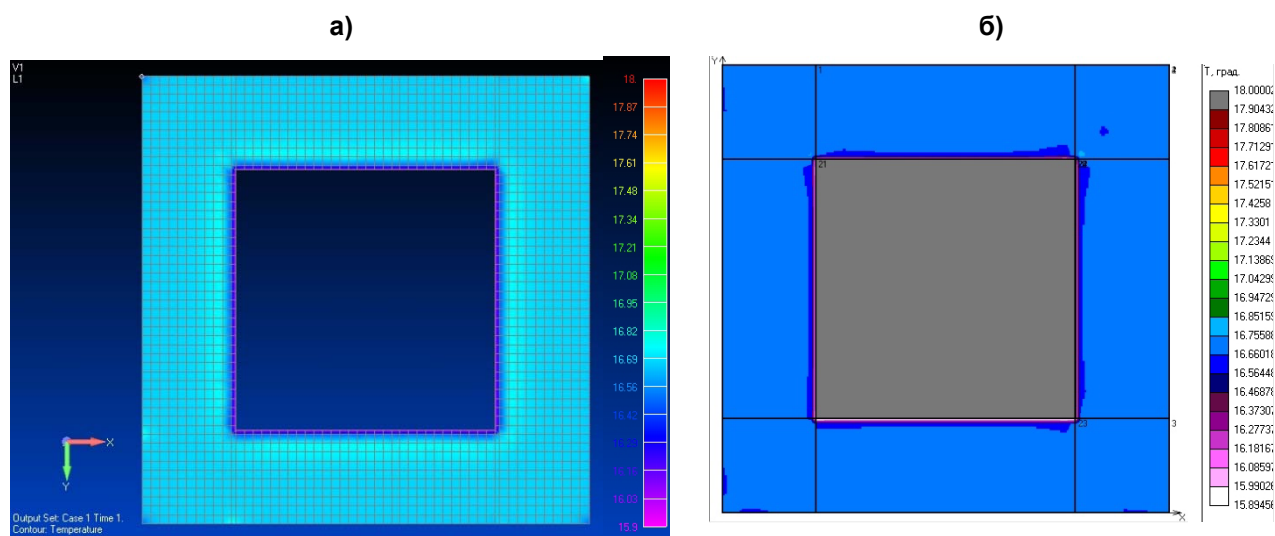


Рисунок 9. Распределение температур по нижнему стальному листу для зенитного фонаря (а – NASTRAN; б – TEPL)

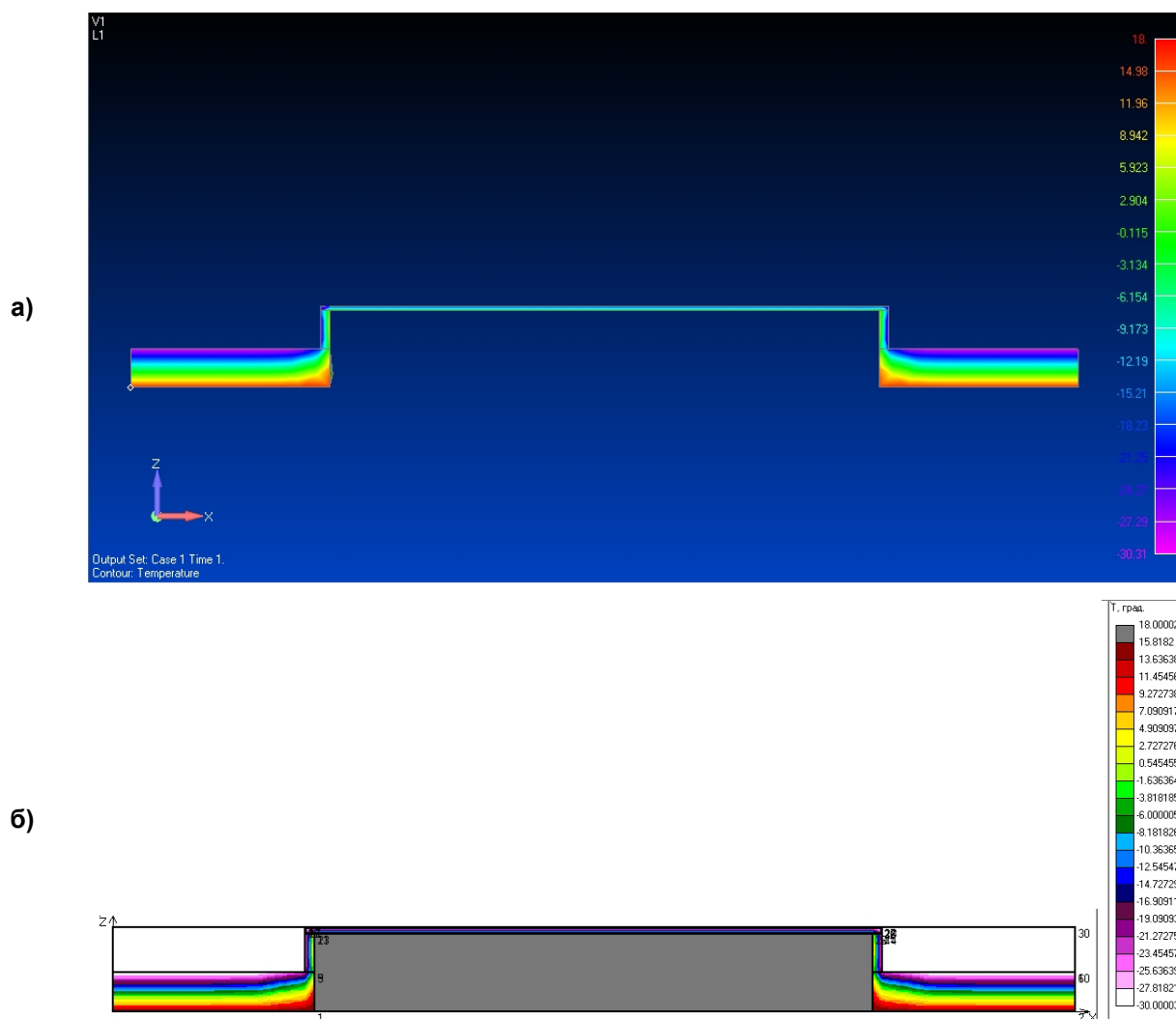


Рисунок 10. Распределение температур по сечению зенитного фонаря
(а – NASTRAN; б – TEPL)

Как видно из представленных рисунков, результаты расчета температурного поля конструкции, полученные в комплексах NASTRAN и TEPL, весьма схожи, что говорит об их достоверности.

В вычислительном комплексе TEPL мы получили следующие значения приведенных сопротивлений теплопередаче (табл. 1). Расчет температурного поля проводился при различных точностях, что представлено в таблице, с целью определения достаточной для достоверности результатов точности.

Таблица 1. Полученные величины приведенного сопротивления теплопередаче

Точность расчета	Приведенное сопротивление теплопередаче R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$	
	Световод	Зенитный фонарь
0.1	10.559	0.788
0.01	2.247	0.732
0.001	0.964	0.729
0.0001	0.904	0.728
0.00001	0.898	0.728
K	3.630846325	117.805632

Зависимость величины приведенного сопротивления теплопередаче от точности расчета температурного поля представлена на графиках (рис. 11). Как видно, с увеличением точности расчета результаты стремятся к определенному пределу, который можно принять за достаточно достоверный результат.

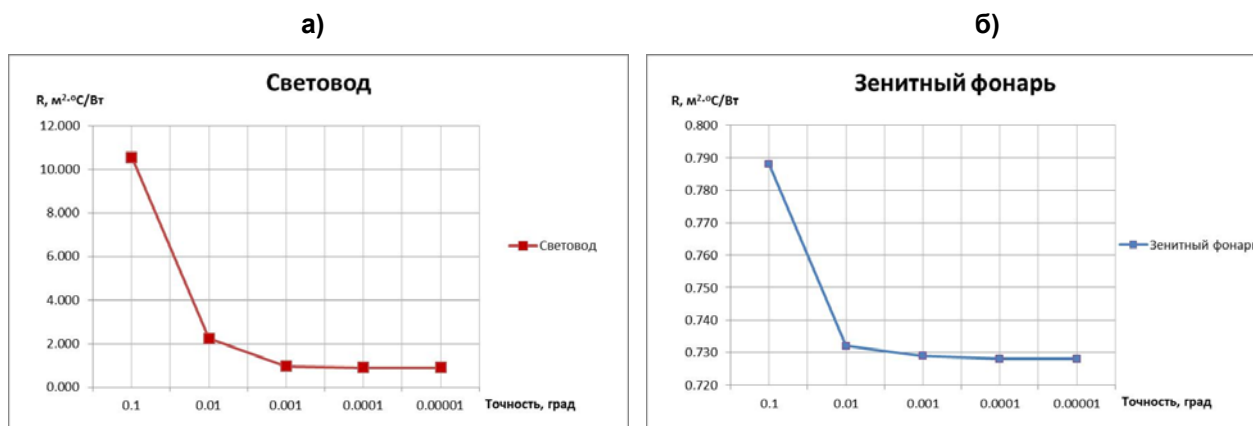


Рисунок 11. Графики зависимости сопротивления теплопередаче от точности расчета температурного поля (а – для покрытия со световодом; б – для покрытия с зенитным фонарем)

На основании данных, представленных в табличном и графическом видах, можно сделать вывод, что результаты, получаемые при точности расчета температурного поля 0.00001, являются достаточно достоверными. Кроме того, сравнение температурных полей, полученных по результатам расчета в TEPL и NASTRAN, показало хорошее совпадение, что подтверждает достоверность результатов.

Так как расчет проводился для условной части покрытия размером 1 x 1 и 5 x 5 м для световода диаметром 375 мм и зенитного фонаря размерами 2.9 x 2.9 м соответственно, необходимы формулы для пересчета сопротивления теплопередаче целого покрытия с учетом наличия в нем n световодов или зенитных фонарей различного размера.

$$\text{Сопротивление теплопередаче равно } R = \frac{\Delta t \cdot A}{Q},$$

где Δt – перепад температур, $^\circ\text{C}$;

A – площадь, м^2 ;

Q – поток теплоты, Вт.

Поток теплоты равен $Q = q \cdot A$,

где q – плотность потока теплоты, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

A – площадь, м^2 .

Теплопотери происходят на всех поверхностях конструкции, граничащих с воздухом. Однако при расчете сопротивления теплопередаче суммарные теплопотери следует относить только к площади горизонтальной поверхности. Таким образом, при расчете суммарного теплового потока Q через конструкцию учитываются тепловые потоки через все поверхности, а при расчете сопротивления теплопередаче учитываются только поверхности (и, соответственно, площади), оказывающие сопротивление теплопередаче.

При выводе формул приведем все к площади покрытия и световодов или зенитных фонарей в нем.

Примем, что сопротивление теплопередаче однородной конструкции данного покрытия площадью A_1 равно R_1 :

$$R_1 = \frac{\Delta t \cdot A_1}{q_1 A_1} = \frac{\Delta t}{q_1}.$$

Плотность потока теплоты через эту часть покрытия постоянна и равна q_1 .

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции покрытия площадью A_1 с наличием в ней одного световода или зенитного фонаря площадью A_2 равно:

$$R_2 = \frac{\Delta t \cdot A_1}{q_1(A_1 - A_2) + q_2 A_2}.$$

Представим отношение сопротивлений теплопередаче однородной конструкции к неоднородной коэффициентом k :

$$k = \frac{R_1}{R_2} = \frac{\Delta t A_1 \cdot (q_1(A_1 - A_2) + q_2 A_2)}{q_1 A_1 \cdot \Delta t A_1} = \frac{q_1(A_1 - A_2) + q_2 A_2}{q_1 A_1} = \frac{A_1 - A_2 + \frac{q_2}{q_1} A_2}{A_1},$$

где q_2 – плотность потока теплоты через световод или зенитный фонарь.

$$\text{Отсюда получаем, что } \frac{q_2}{q_1} = \frac{A_1(k-1) + A_2}{A_2}.$$

Так как плотность потока теплоты через неоднородность конкретного типа (световод или зенитный фонарь) – величина постоянная, можно определить отношение q_2/q_1 для зенитного фонаря и для световода исходя из результатов выполненного численного расчета этих систем.

В данном случае имеем следующее.

Световод. Диаметр 375 мм (площадь $A_2 = 0.11045 \text{ м}^2$), размеры исследуемой части покрытия $1 \times 1 \text{ м}$ (площадь $A_1 = 1 \text{ м}^2$). Сопротивление теплопередаче однородной конструкции определяется по стандартной формуле, как для послойной конструкции (состав см. на рис. 1, 2):

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_g} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.001}{58} + \frac{0.2}{0.05} + \frac{0.001}{58} + \frac{1}{23} = 4.15846 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Bm}.$$

$$\text{Отношение равно } k = \frac{R_1}{R_2} = \frac{4.15846}{0.898} = 4.6308.$$

Отношение плотностей тепловых потоков для покрытия со световодом равно:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{A_1(k-1) + A_2}{A_2} = \frac{1 \cdot (4.6308 - 1) + 0.11045}{0.11045} = 33.874.$$

Зенитный фонарь. Размер $2.9 \times 2.9 \text{ м}$ (площадь $A_2 = 8.41 \text{ м}^2$), размеры исследуемой части покрытия (площадь $A_1 = 25 \text{ м}^2$). Сопротивление теплопередаче однородной конструкции такое же, как у системы со световодом: $R_1 = 4.15846 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Bm}$.

$$\text{Отношение равно } k = \frac{R_1}{R_2} = \frac{4.15846}{0.728} = 5.712.$$

Отношение плотностей тепловых потоков для покрытия с зенитным фонарем равно:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{A_1(k-1) + A_2}{A_2} = \frac{25 \cdot (5.712 - 1) + 8.41}{8.41} = 15.007.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия с учетом наличия в нем n световодов/зенитных фонарей площадью $A_{св}$ равно:

$$R = \frac{\Delta t A_o}{q_1(A_o - n A_{св}) + q_2 n A_{св}} = \frac{\Delta t}{q_1} \cdot \frac{A_o}{A_o - n A_{св} + \frac{q_2}{q_1} n A_{св}} = \frac{R_o A_o}{A_o + n A_{св} \left(\frac{q_2}{q_1} - 1 \right)},$$

где R_o – сопротивление теплопередаче однородного покрытия;

A_o – площадь покрытия.

Соловьев А.К., Туснина О.А. Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды)

Обозначим $K_o = \frac{q_2}{q_1} - 1$.

Тогда приведенное сопротивление теплопередаче определяется по формуле:

$$R = \frac{R_o A_o}{A_o + n A_{св} K_o}, \quad (1)$$

где R_o – сопротивление теплопередаче однородного покрытия, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$;

A_o – площадь покрытия, м^2 ;

n – количество световодов/зенитных фонарей;

$A_{св}$ – площадь одного световода/зенитного фонаря, м^2 ;

K_o – коэффициент, равный

для световода $K_o = 32.874$;

для зенитного фонаря: $K_o = 14$.

Ниже представлены графики зависимости приведенного сопротивления теплопередаче рассматриваемых частей покрытия (1х1 м и 5х5 м) со световодом (рис. 12) и с зенитным фонарем (рис. 13) соответственно от площади световода/зенитного фонаря.

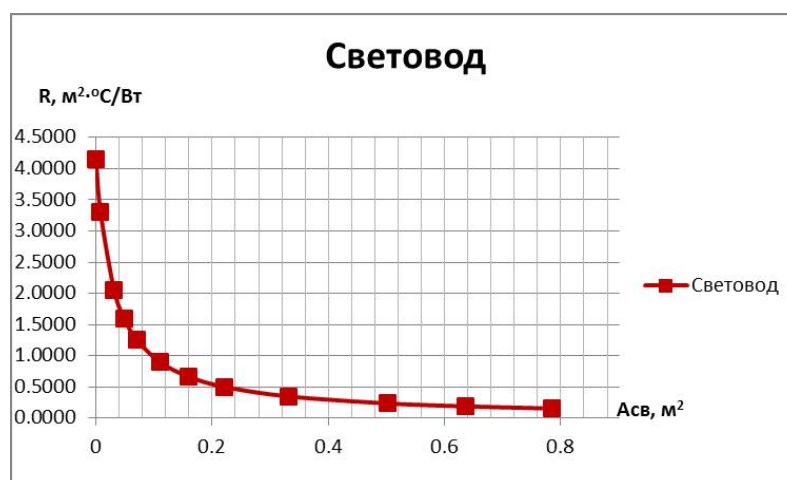


Рисунок 13. График зависимости приведенного сопротивления теплопередаче от площади световода, устраиваемого в покрытии размерами 1х1 м

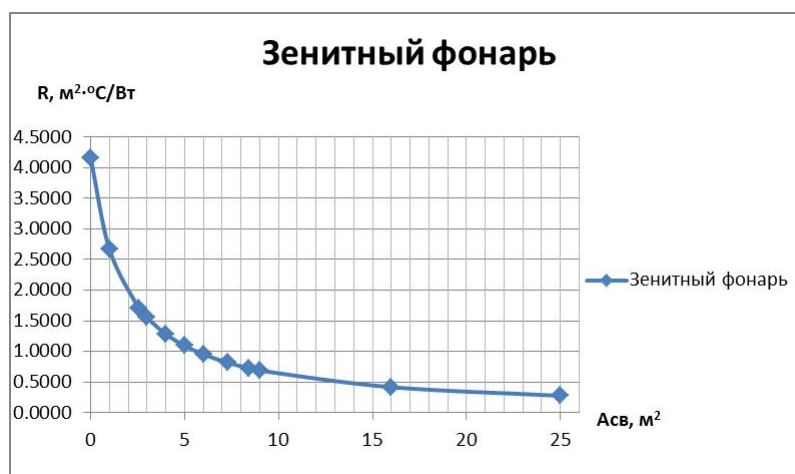


Рисунок 14. График зависимости приведенного сопротивления теплопередаче от площади зенитного фонаря, устраиваемого в покрытии размерами 5х5 м

Также результаты расчета по формуле (1) приведенного сопротивления теплопередаче в зависимости от площади проема представлены в табличном виде (табл. 2).

Графики описывают гиперболу: при площади проема, равной 0, получаем сопротивление теплопередаче однородной конструкции; при площади проема, стремящейся к площади исследуемой части покрытия, график асимптотически стремится к определенному пределу,

Соловьев А.К., Туснина О.А. Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды)

равному сопротивлению теплопередаче световода/зенитного фонаря. Такой характер графиков совпадает с общеизвестными зависимостями подобного рода, из чего можно сделать вывод, что предложенная формула пересчета приведенного сопротивления теплопередаче для произвольного покрытия верна.

Таблица 2. Приведенное сопротивление теплопередаче в зависимости от площади проема

Световод			Зенитный фонарь		
d , м	A , м ²	R , м ² ·°C/Вт	Размер $a \times b$, м	A , м ²	R , м ² ·°C/Вт
0	0	4.1585	0	0	4.1585
0.1	0.007854	3.3051	1x1	1	2.6652
0.2	0.031416	2.0457	1.5x1.7	2.55	1.7122
0.25	0.049087	1.5910	1.5x2	3	1.5511
0.3	0.070686	1.2511	2x2	4	1.2830
0.375	0.110447	0.8980	2x2.5	5	1.0939
0.45	0.159043	0.6677	2x3	6	0.9534
0.53	0.220618	0.5039	2.7x2.7	7.29	0.8178
0.65	0.331831	0.3492	2.9x2.9	8.41	0.7280
0.8	0.502655	0.2373	3x3	9	0.6882
0.9	0.636173	0.1898	4x4	16	0.4173
1	0.785398	0.1551	5x5	25	0.2771

Сравнение результатов

Проведем сравнение теплозащитных свойств двух покрытий с системами естественного освещения из световодов и из зенитных фонарей, дающих одинаковую освещенность.

Один зенитный фонарь размерами 2.9x2.9 м на площади 5x5 м по СП 23-102-2003 [22] дает коэффициент естественного освещения (КЕО), равный 1.0 %. Для создания КЕО = 1% необходимо [1] применить 12 световодов диаметром 375 мм на площадь 5x5 м.

Таким образом, имеем следующие величины сопротивлений теплопередаче покрытия с исследуемыми системами верхнего естественного освещения.

Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия со световодами по формуле (1) равно:

$$R_{cs} = \frac{R_o A_o}{A_o + n A_{cs} K_o} = \frac{4.159 \cdot 25}{25 + 12 \cdot 0.11045 \cdot 32.874} = 1.517 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия с зенитными фонарями равно:

$$R_{\phi} = \frac{R_o A_o}{A_o + n A_{cs} K_o} = \frac{4.159 \cdot 25}{25 + 1 \cdot 8.41 \cdot 14} = 0.728 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Таблица 3. Сравнение приведенных сопротивлений теплопередаче покрытий со световодами и с зенитными фонарями

	Световод	Зенитный фонарь	Разница, %
R , м ² ·°C/Вт	1.517	0.728	52%

Получаем, что приведенное сопротивление теплопередаче покрытия со световодами, равное $R_{cs} = 1.517 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, больше приведенного сопротивления теплопередаче покрытия с зенитными фонарями ($R_{\phi} = 0.728 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$) на 52 %.

Таким образом, применение световодов позволяет снизить теплопотери здания и повысить приведенное сопротивление теплопередаче покрытия на 52 %.

Соловьев А.К., Туснина О.А. Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды)

Выводы

Выполненные исследования теплотехнических свойств покрытий со световодами и с зенитными фонарями показали, что применение световодов в качестве системы естественного освещения в покрытиях зданий позволяет повысить сопротивление теплопередаче на 52 % и улучшить теплозащитные свойства покрытия.

Таким образом, применение систем полых трубчатых световодов не только эффективно в отношении экономии затрат на освещение помещения, но и обеспечивает лучшие теплозащитные свойства ограждения здания и снижает расходы на отопление.

Литература

1. Соловьев А.К. Физика среды. М.: АСВ, 2008. 341 с.
2. Chao B.I. Solartube performance and pay back analysis. International report STI. July, 29. 1996.
3. Muhs J. Design and analysis of hybrid solar lighting and full-spectrum solar energy systems // Proceedings of the American Solar Energy Society Solar 2000 Conference. Paper number 33. 2000. Pp. 1–9.
4. Jenkins D., Muneer T. Modelling light-pipe performances – a natural daylight solution // Building and Environment. 2003. Vol. 38. Pp. 965–972.
5. Rosemann A., Kaase H. Lightpipe application for daylight systems // Solar Energy. 2005. Vol. 78. Pp. 772–780.
6. Shao L., Riffat S.B. Daylight using light pipes and its integration with solar heating and natural ventilation // Lighting Research and Technology. 2000. Vol. 32. Pp. 133–139.
7. Zhang X., Muneer T., Kubie J. A design guide for performance assessment of solar light-pipes // Lighting Research and Technology. 2002. Vol. 34. Pp. 149–169.
8. Mayhoub M.S., Carter D.J. The costs and benefits of using daylight guidance to light office buildings // Buildings and Environment. 2011. Vol. 46. Issue 3. Pp. 698–710.
9. Carter D.J., Marwaee M. User attitudes toward tubular daylight guidance systems // Lighting Research and Technology. 2009. Vol. 41. Issue 1. Pp. 71–88.
10. Дженкинс Д., Мунир Т. Экономия затрат при использовании полых трубчатых световодов в безоконных частях зданий // Светотехника. 2004. №5. С. 34–38.
11. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды. Их применение для естественного освещения и экономии энергии // Светотехника. 2011. №5. С. 41–47.
12. Carter D.J. Tubular guidance systems for daylight: UK case studies // Building research and information. 2008. Vol. 36. Issue 5. Pp. 520–535.
13. Mayhoub M.S., Carter D.J. Hybrid lighting systems: a feasibility study for Europe // Proceedings of the 1st LuxEuropa. 2009. Vol. 1. Istanbul, Turkey. Pp. 265–272.
14. Пейн Т. Развитие полых световодов в Великобритании // Светотехника. 2004. №3. С. 39–45.
15. Carter D.J. Developments in tubular daylight guidance systems // Building research and information. 2004. Vol. 32. Issue 3. Pp. 220–234.
16. Rosemann A., Mossman M., Whitehead L. Development of a cost-effective solar illumination system to bring natural light into the building core // Solar Energy. 2008. Vol. 82. Issue 4. Pp. 302–310.
17. Айзенберг Ю.Б., Бухман Г.Б., Коробко А.А., Пятигорский В.М. Полые протяженные световоды на современном этапе // Светотехника. 2004. №3. С. 14–23.
18. Smith G.B. Materials and systems for efficient lighting and delivery of daylight // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2004. Vol. 84. Pp. 395–409.
19. Whitehead L.A., Nodwell R.A., Curzon F.L. New efficient light guide for interior illumination // Applied Optics. 1982. Vol. 21. Pp. 2755–2757.
20. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной системы «SOLARSPOT» // Светотехника. 2005. №5. С. 34–42.
21. Aizenberg J.B. Principal new hollow light guide system “Heliobus” for daylight and artificial lighting of central zones of multi storey buildings // Proceedings of the Right Light 4 conference. 1997. Pp. 239–243.
22. СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий. 2005. 87 с.

*Алексей Кириллович Соловьев, Москва, Россия
Тел. моб.: +7(903)183-86-33; эл. почта: k.solovev@yandex.ru*

*Ольга Александровна Туснина, Москва, Россия
Тел. моб.: +7(910)476-16-77; эл. почта: lazoltus@mail.ru*

© Соловьев А.К., Туснина О.А., 2014

Соловьев А.К., Туснина О.А. Сравнительный теплотехнический расчет систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды)

doi: 10.5862/MCE.46.4

A comparative thermal analysis of systems of the upper daylight (clerestory and daylight guidance system)

A.K. Solovyev*Moscow State Civil Engineering University, Moscow, Russia
+7(903)1838633; e-mail: k.solovev@yandex.ru***O.A. Tushina***Moscow State Civil Engineering University, Moscow, Russia
+7(910)4761677; e-mail: lazoltus@mail.ru*

Key words

thermal resistance; thermal analysis; daylight guidance system; clerestory

Abstract

Daylight guidance systems are quite effective devices. Such systems are able to reduce the artificial lighting costs of a building and improve employees' work conditions inside.

In this paper, a comparative thermal analysis of two types of natural roof lighting systems is presented. The analysis has been performed for a roof equipped with a daylight guidance system, being a more contemporary type of lighting, as well as for a roof with clerestory, which is a more traditional and widespread type. The thermal analysis is performed by numerical method featured by two computer programs – NASTRAN and TEPL, making it possible to increase reliability of the results.

The analysis shows that application of daylight guidance systems improves thermal performance of a structure and increases the value of thermal resistance of structure's envelopes. Thus, one more benefit of applying daylight guidance systems is revealed.

References

1. Solovyev A.K. *Fizika sredy* [Building physics]. Moscow: ASV, 2008. 341 p. (rus)
2. Chao B.I. *Solartube performance and pay back analysis*. International report STI. July, 29. 1996.
3. Muhs J. Design and analysis of hybrid solar lighting and full-spectrum solar energy systems. *Proceedings of the American Solar Energy Society Solar 2000 Conference*. Paper number 33. 2000. Pp. 1–9.
4. Jenkins D., Muneer T. Modelling light-pipe performances – a natural daylight solution. *Building and Environment*. 2003. Vol. 38. Pp. 965–972.
5. Rosemann A., Kaase H. Lightpipe application for daylight systems. *Solar Energy*. 2005. Vol. 78. Pp. 772–780.
6. Shao L., Riffat S.B. Daylight using light pipes and its integration with solar heating and natural ventilation. *Lighting Research and Technology*. 2000. Vol. 32. Pp. 133–139.
7. Zhang X., Muneer T., Kubie J. A design guide for performance assessment of solar light-pipes. *Lighting Research and Technology*. 2002. Vol. 34. Pp. 149–169.
8. Mayhoub M.S., Carter D.J. The costs and benefits of using daylight guidance to light office buildings. *Buildings and Environment*. 2011. Vol. 46. Issue 3. Pp. 698–710.
9. Carter D.J., Marwaee M. User attitudes toward tubular daylight guidance systems. *Lighting Research and Technology*. 2009. Vol. 41. Issue 1. Pp. 71–88.
10. Dzhenkins D., Munir T. *Light and Engineering*. 2004. No. 5. Pp. 34–38. (rus)
11. Solovyev A.K. *Light and Engineering*. 2011. No. 5. 2011. Pp. 41–47. (rus)
12. Carter D.J. Tubular guidance systems for daylight: UK case studies. *Building research and information*. 2008. Vol. 36. Issue 5. Pp. 520–535.
13. Mayhoub M.S., Carter D.J. Hybrid lighting systems: a feasibility study for Europe. *Proceedings of the 11th LuxEuropa*. 2009. Vol. 1. Istanbul, Turkey. Pp. 265–272.
14. Peyn T. *Light and Engineering*. 2004. No. 3. Pp. 39–45. (rus)
15. Carter D.J. Developments in tubular daylight guidance systems. *Building research and information*. 2004. Vol. 32. Issue 3. Pp. 220–234.

Solovyev A.K., Tushina O.A. A comparative thermal analysis of systems of the upper daylight (clerestory and daylight guidance system)

16. Rosemann A., Mossman M., Whitehead L. Development of a cost-effective solar illumination system to bring natural light into the building core. *Solar Energy*. 2008. Vol. 82. Issue 4. Pp. 302–310.
17. Ayzenberg Yu.B., Bukhman G.B., Korobko A.A., Pyatigorskiy V.M. *Light and Engineering*. 2004. No. 3. Pp. 14–23. (rus)
18. Smith G.B. Materials and systems for efficient lighting and delivery of daylight. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2004. Vol. 84. Pp. 395–409.
19. Whitehead L.A., Nodwell R.A., Curzon F.L. New efficient light guide for interior illumination. *Applied Optics*. 1982. Vol. 21. Pp. 2755–2757.
20. Brakale Dzh. *Light and Engineering*. 2005. No. 5. Pp. 34–42. (rus)
21. Aizenberg J.B. Principal new hollow light guide system “Heliobus” for daylight and artificial lighting of central zones of multi storey buildings. *Proceedings of the Right Light 4 conference*. 1997. Pp. 239–243.
22. SP 23-102-2003 *Yestestvennoye osveshcheniye zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Set of rules 23-102-2003. Natural lighting of residential and public buildings]. 2005. 87 p. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 24–35