

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Светопроемы являются наиболее уязвимыми элементами в теплоизоляционной оболочке зданий. При их теплотехническом проектировании необходимо комплексно учитывать вопросы инсоляции, солнцезащиты, естественного освещения, шумоизоляции. Эти вопросы во многом противоречивы. В статье анализируется нормативная база, которая относится к проектированию светопрозрачных конструкций и рассматриваются пути её усовершенствования.

Постановка проблемы. Одной из наиболее сложных проблем проектирования энергоэффективных зданий является оптимизация конструктивных решений светопрозрачных конструкций. Эти конструкции имеют очень много различных функций, среди которых теплоизоляция не является основной. При этом нормативные показатели теплоизоляции окон в несколько раз ниже непрозрачных конструкций. Летний перегрев помещений также происходит, в основном, за счёт чрезмерной инсоляции. Следует учитывать и постоянное стремление архитекторов к стеклянной архитектуре. Часто это делается только с дизайнерских позиций без учёта климатических особенностей, в ущерб экономики и экологии. Избыточная площадь светопроёмов приводит к значительным дополнительным потерям тепла зимой и (при определенных ориентациях) избыточным поступлениям солнечной радиации летом. В Украине нет единого нормативного документа по проектированию светопрозрачных конструкций, в связи с чем страдает энергоэффективность зданий.

Анализ последних исследований и публикаций. В «Отраслевой программе повышения энергоэффективности в строительстве на 2010-2014 г.г.» [1] говорится: «Для существенного уменьшения расходов энергии, необходимой для поддержания нормативных требований к микроклимату помещений в связи с нерациональным проектированием светопрозрачных ограждений и систем солнцезащиты, нужно разработать единые государственные строительные нормы по проектированию светопрозрачных ограждений и ряд соответствующих национальных стандартов-указаний по расчету и проектированию естественного освещения, инсоляции, солнцезащитных устройств. Очень важным является вопрос пересмотра совместно с МОЗ действующих санитарных норм по инсоляции и естественному освещению помещений с точки зрения согласования требований санирующего и теплового действия солнечной радиации с требованиями энергоэффективности».

В [2] были проанализированы нормативные требования к проектированию светопрозрачных ограждающих конструкций с позиций биосферной совместимости поселений.

Анализ произведений мастеров архитектуры XX века с точки зрения эффективности использования светопрозрачных конструкций в зданиях был проведен в [3].

Много внимания вопросам повышения эффективности светопрозрачных конструкций уделяют ведущие фирмы-производители окон и стёкол [4,5].

В 2009-2011 г.г. в Украине были разработаны и приняты некоторые нормативные документы, связанные с проектированием светопрозрачных ограждающих конструкций: «Свод правил по проектированию светопрозрачных элементов ограждающих конструкций» [6] и «Указания по расчету инсоляции объектов гражданского назначения» [7]. В настоящее время находится в издательстве «Изменение № 2 к ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение». Заканчивается работа по подготовке норм по защите от шума. Однако [6] не в полной мере отвечает своему названию с точки зрения энергоэффективности, а остальные документы решают лишь частные вопросы проектирования светопрозрачных конструкций.

В странах ЕС действует стандарт по расчёту теплотехнических свойств светопрозрачных конструкций [8], который учитывает ряд важных факторов, влияющих на теплоизоляционные свойства окон, но не является руководством по проектированию светопрозрачных конструкций. Кроме того, он не адаптирован к нормам Украины.

Формулирование целей и заданий статьи. Рассмотреть и проанализировать комплекс нормативных требований к проектированию светопрозрачных конструкций в их взаимосвязи и наметить первоочередные задачи по совершенствованию нормативной базы.

Основная часть. Последовательно рассмотрим основные функции окон¹ и проблемы, связанные с их выполнением.

Теплоизоляция. Во всех странах мира нормативные требования по теплоизоляции окон значительно ниже требований к глухим частям теплоизоляционной оболочки. Это и понятно, так как окно должно быть прозрачным, а значит, в нем нет возможности использовать эффективные теплоизоляционные материалы. Но повышение сопротивления теплопередачи окон – наиболее эффективный путь увеличения энергоэффективности зданий. Это видно из рис. 1: ввиду гиперболической зависимости между коэффициентом теплопередачи U и сопротивлением теплопередачи R незначительное увеличение нормативного сопротивления теплопередаче окна даст значительное уменьшение теплопотерь. В тоже время, значительное дальнейшее увеличение нормативных требований по сопротивлению теплопередаче стен мало повлияет на уменьшение теплопотерь зданий.

Повышение теплоизоляционных свойств окон (здесь не рассматриваются вакуумные стеклопакеты и стеклопакеты с заполнением аэрогелем) обеспечивается:

- 1) уменьшением конвекции в межстекольных прослойках стеклопакета;

¹ Здесь и далее под окнами будем понимать любой тип светопрозрачных ограждающих конструкций.

2) увеличением способности стёкол отражать тепловое излучение (уменьшением коэффициента излучения ϵ).

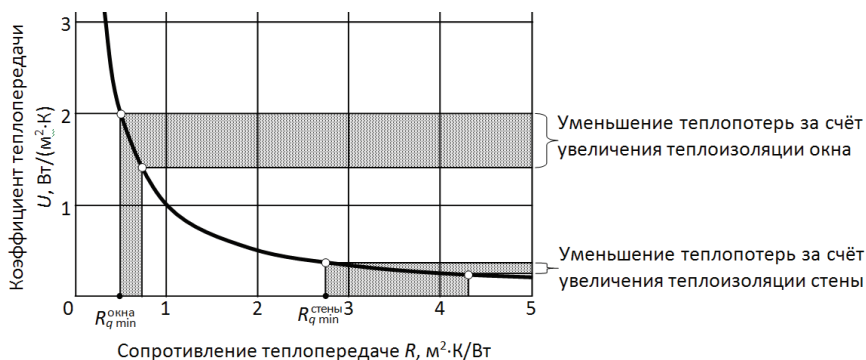


Рис. 1. Анализ эффективности увеличения теплоизоляции окон

Первый фактор реализуется за счёт:

1.1) уменьшения толщины прослоек с одновременным увеличением их количества;

1.2) заполнения межстекольного пространства более тяжёлыми инертными газами (аргон, криптон, гексафторит серы).

Способ 1.1 имеет следующие побочные негативные последствия:

- уменьшение звукоизоляции окон, так как звукоизоляционные окна должны иметь широкие (4-5 см) межстекольные прослойки;

- утяжеление створок окон и, как следствие, увеличение нагрузки на фурнитуру;

- уменьшение светопропускания окон, а значит, увеличение их площади для обеспечения нормативных требований по естественному освещению помещений, что, в свою очередь, приводит к увеличению общих тепловых потерь здания вследствие увеличения коэффициента остекления;

- уменьшения пропускания ультрафиолетовой радиации (УФР) – важного фактора saniрующего действия солнца.

Способ 1.2 хорошо согласуется с требованиями звукоизоляции и является более предпочтительным.

Второй фактор реализуется за счёт низкоэмиссионных покрытий стекол. Такие стекла, отражая коротковолновую инфракрасную радиацию (ИКР), являются тепловыми зеркалами и удерживают тепло в доме зимой, а летом снижают теплопоступления в помещения от солнечной радиации.

Несмотря на значительную стоимость повышения теплоизоляционных показателей окон, этот путь экономии энергии является перспективным. По нему пошла Беларусь, введя минимальное нормативное сопротивление теплопередачи окон равным 1 м²·Вт/К (табл.1).

Сравнение действующих норм теплоизоляции окон жилых и общественных зданий разных стран (по [1])

Значение Rq_{min} , для условий, аналогичных температурной зоны Украины			
I	II	III	IV
Украина			
0,6	0,56	0,5	0,45
Россия			
0,43	0,39	0,36	0,32
Беларусь			
1,0	–	–	–
Финляндия			
1,0	–	–	–
Страны ЕС			
0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,8	0,5-0,8

На рис. 2. проиллюстрирован эффект от принятия аналогичных норм в Украине, полученный при помощи программы расчёта эффективности фирмы Aluplast [9].

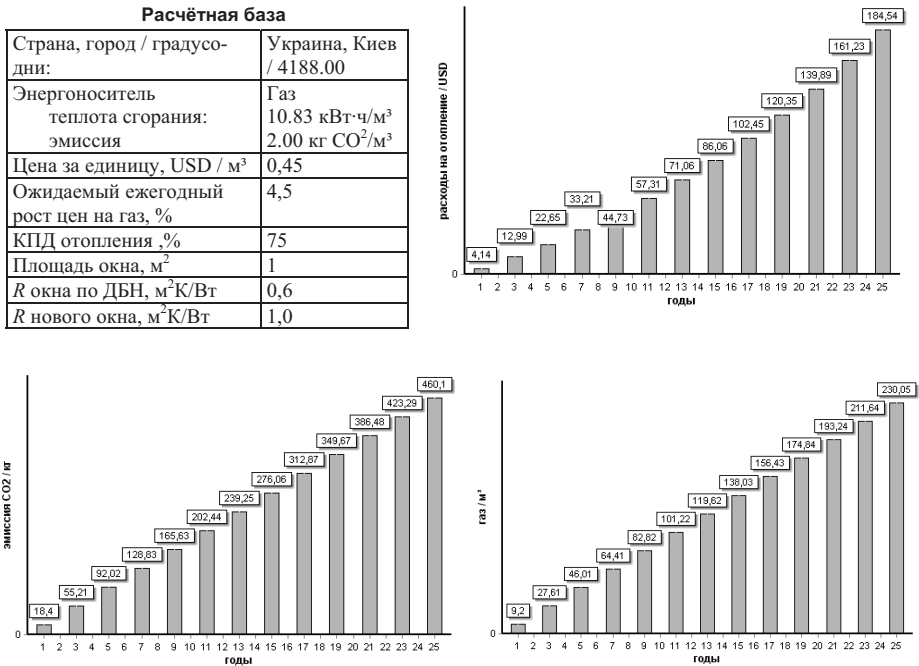


Рис. 2. Эффективность повышения нормативных значений сопротивления теплопередаче в Украине

Естественное освещение. Ввиду значительно более низких значений теплоизоляции окон по сравнению с глухими частями теплоизоляционной оболочки зданий, снижение площади остекления значительно повышает энергоэффективность зданий. С другой стороны, освещенность естественным светом помещений не может быть меньше нормативных значений коэффициента естественной освещенности (КЕО) e_n , % [10]. Поэтому, усовершенствование методики расчёта необходимой площади остекления является важным направлением энергосбережения в строительстве. Такая работа была проведена при разработке Изменения № 2 к [10], которые вводятся в действие с 1.09.2012 г. Результатом этого стало:

- уточнение зонирования территории Украины по ресурсам светового климата;
- уточнение нормирования КЕО в помещениях, которые имеют несколько светопроёмов разной ориентации;
- уточнение нормирования КЕО при наклоненных к горизонту светопроёмах;
- разработка метода расчета КЕО от верхних светопроёмов при их частичном затенении окружающей застройкой;
- усовершенствование методики учета света, отраженного от соседних зданий;
- усовершенствование расчета коэффициента светопропускания светопроёмов;
- увязка вопросов нормирования и расчета естественного освещения с инсоляцией и солнцезащитой помещений;
- узаконение возможности применения для естественного освещения специальных отражающих систем и полых световодов.

В связи с увлечением архитекторами сплошным остеклением фасадов, следует иметь в виду, что, в соответствии с исследованиями, проведенными в [11], нормативное требование по допустимому санитарно-гигиеническому перепаду между температурой внутренней поверхности для зданий со сплошным светопрозрачным фасадом при величине сопротивления теплопередачи светопрозрачных ограждений не меньше $0,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а при характеристиках сопротивления теплопередачи отдельных элементов наружной оболочки здания на уровне нормативной (светопрозрачные конструкции – $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, глухие – $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$) коэффициент остекления фасада не может быть больше 0,5.

Инсоляция и солнцезащита. В [7] предложено использовать при проектировании комплексные солнечные карты, которые являются визуальным инструментом оптимизации инсоляционного режима помещений. В [12,13] показана их эффективность с точки зрения повышения энергоэффективности зданий. Однако при проектировании солнцезащитных устройств необходимо учитывать их значительное влияние на уменьшение общего коэффициента светопропускания окон, что приводит к необходимости увеличения их площади, а это, в свою очередь, может уменьшить общее сопротивление теплопередаче теплоизоляционной оболочки здания.

Звукоизоляция. Повышение звукоизоляции окон связано с увеличением толщины стёкол (в том числе, применением триплекса), увеличением толщины межстекольных прослоек, заполнением их тяжелыми инертными газами. Необходимо помнить, что увеличение толщины стёкол снижает светопропускание окон, а увеличение толщины прослоек – сопротивление теплопередаче.

Комплексный анализ функций окон. В табл. 2 приведен анализ требований к окнам с точки зрения их воздействия на биосферу.

Таблица 2

Анализ требования к окнам

Физический параметр	Физиологические требования	Технические возможности	Экономическая целесообразность	Целесообразность воздействия на биосферу
Коэффициент естественной освещенности, e , %	6 (обеспечение освещенности 300 лк при $E_{кр} = 5000$ лк)	1,5-2 (при сплошном остеклении в 5 м от окна)	0,5 – для жилых помещений [10]	1-1,5 (при $R_{qmin} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$)
Звукоизоляция, $R_{А \text{ тран}}$, дБА, при шуме у фасада 80 дБА	40 (днем) 50 (ночью)	50 и более – в закрытом состоянии	30 – в закрытом состоянии 16 – в режиме проветривания	50 (Достигается $L_{А экв} = 25$ дБА)
Инсоляция, час/день.	$\geq 2,5$ с 22 марта по 22 сентября	С момента восхода до момента захода солнца (зеркала)	0 – в период перегрева, максимум – в отопительный период	1-1,5 – летом, Максимум – зимой
Сопротивление теплопередаче, R_{qmin} , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	1 (обеспечивает $\Delta t = 4^\circ \text{C}$ в 1-ой температурной зоне)	3,5 (окна, заполненные аэрогелем [5])	0,9-1 (при эксплуатации 10 лет)	2,8 (равно нормативному R_{qmin} для стен)

Исходя из приоритетности функций окон, следует придерживаться следующего алгоритма проектирования светопрозрачных конструкций (рис. 3).

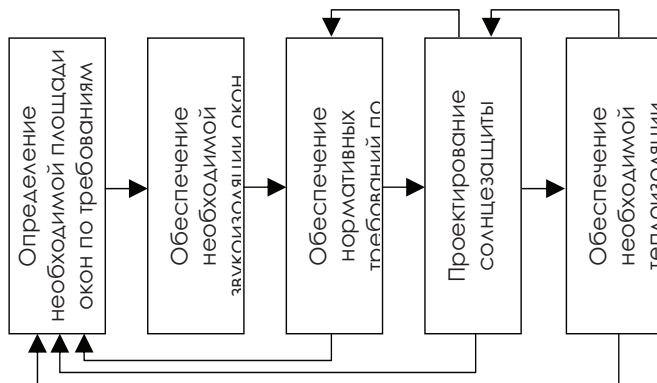


Рис. 3. Алгоритм проектирования физических параметров светопрозрачных конструкций

Выводы. Физические требования к светопрозрачным ограждающим конструкциям во многом противоречивы. При этом энергоэффективность окон не является определяющей. Вместе с тем, светопроёмы сильно влияют на энергосбережение зданий. Для согласования в процессе проектирования требований необходимо разрабатывать единые государственные строительные нормы. В основу такой разработки может быть положен алгоритм, который базируется на приоритетности функций окон.

Литература

1. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010- 2014 роки. [Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30 червня 2009 р. N 257] / Мінрегіонбуд України [Електронний ресурс] — Режим доступа : <http://document.ua/pro-zatverdzhennija-galuzevoyi-programi-energoefektivnosti-u--doc1166.html>.
2. *Сергейчук О. В.* Разработка норм по строительной физике с учетом биосферной совместимости. / О. В. Сергейчук. // Социальные стандарты качества жизни в архитектуре, градостроительстве и строительстве : Труды РААСН. – М.: РААСН, 2011. – С. 478-482.
3. *Харкнесс Е.* Регулирование солнечной радиации в зданиях / Харкнесс Е., Мехта М. ; пер. с англ. Г. М. Айрапетовой ; под ред. Н. В. Оболенского. — М. : Стройиздат, 1984. — 176 с.
4. Мир стекла. Стекло и его применение : учебное пособие / [Право на перевод и печать получены по соглашению с компанией Glas Trösch GmbH · SANCO Beratung Nördlingen] – К.: Еврогласс, 2010. – 289 с.
5. Світлопрозорі огороження будинків : навч. посібник для студ вищ. навч. закл. / О. Л. Підгорний, І. М. Щепетова, О. В. Сергейчук та ін. ; під ред. О. Л. Підгорного — К. : Домашевська О.А., 2005. — 282 с.
6. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій : ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009. [Чинний від 2010-05-01] / Минрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2010. – 45 с. – (Державний стандарт України).
7. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення [Текст]: ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010. [Дата введення 2011-01-01] / Минрегіонбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2010. – 81 с. – (Государственный стандарт Украины).
8. Thermal Performance of Windows, Doors and Shading Devices – Detailed Calculations : ISO/FDIS 15099. [Date: 2002-01-01] / ISO Central Secretariat. – Geneva : ISO, 2002. — 75 p. — (International standard).
9. Aluplast Software. Planning and Tender / [Електронний ресурс] – Режим доступа : <http://www.aluplast.de/approfildb/updates/all/upd.htm#top> .
10. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2006. — 76 с. — (Державні будівельні норми України).

11. Колесник Е. Светопрозрачные конструкции фасадов и энергоэффективность / Е. Колесник [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.patriot-nrg.ua/rus/savings/view/48> .

12. Сергейчук О. В. Почему в Украине разрабатывается ДСТУ-Н «Расчет инсоляции объектов гражданского назначения»? / О. В. Сергейчук // Журнал «Витрина». – К., 2010 – № 1 (52). С. 58-66.

13. Сергейчук О. В. Особливості врахування сонцезахисних пристроїв при проведенні енергетичної паспортизації будівель / О. В. Сергейчук, В. П. Шитюк, В. С. Буравченко // Праці Тавр. держ. агротехнологічн. університету. - Вип. 4. Прикл. геом. та інж. графіка. - Т. 47. – Мелітополь: ТДАТА, 2010 – С.44-50

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

О. В. Сергейчук

Світлопрорізи є найбільш уразливими елементами теплоізоляційної оболонки будівель. При їх теплотехнічному проектуванні необхідно комплексно враховувати питання інсоляції, сонцезахисту, природного освітлення, шумозахисту. Ці питання багато в чому суперечливі. У статті аналізується нормативна база, яка відноситься до проектування світлопрозорих конструкцій і розглядаються шляхи її удосконалення.

THE SPECIFICS THERMOTECHNICAL DESIGNING OF WINDOWS

O.V. Sergeychuk

Windows are the most vulnerable elements in thermal insulation of the building envelope. Each designer of windows must take into account the problems of insulation, solar shading, natural lighting, and sound insulation. These problems are often contradictory. We analyze regulations relating to the design of windows, and discuss how to improve them.