

УДК 721.012.22

*В.Н. КУПРИЯНОВ, д-р техн. наук, член-кор. РААСН,  
Ф.Р. ХАЛИКОВА, инженер-архитектор (khalikova\_f@mail.ru),  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

## Новые предложения по нормированию и расчету инсоляции жилых помещений

*Показано, что действующие методы по нормированию и расчету инсоляции не обеспечивают санитарно-гигиенического благополучия облучаемых помещений. Предложена новая методика нормирования и расчета инсоляции, основанная на учете параметров помещений, конструкций светопроемов, а также доз УФ облучения, которые обеспечивают требуемую бактерицидную эффективность облучаемых помещений.*

**Ключевые слова:** интенсивность, доза, УФ облучение, бактерицидная эффективность облучения, конструкции окон, параметры помещений, типы стекол.

В соответствии с СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» инсоляция помещений определяется продолжительностью облучения прямым солнечным светом так называемой рабочей точки (РТ), которая определяется построением вертикальных и горизонтальных углов затенения светового проема. В зависимости от параметров и конструкции светового проема, наличия балконов или лоджий рабочая точка располагается в плоскости остекления или даже снаружи здания (рис. 1).

Предполагается, что если рабочая точка освещается солнечными лучами в течение нормативной продолжительности в часах, то в помещении происходит обеззараживание микрофлоры и достигается его санитарно-гигиеническое благополучие.

Эта методология имеет ряд неопределенностей.

Во-первых, в разные часы суток солнечная энергия имеет различную интенсивность, следовательно, при равной

продолжительности облучения количество энергии, поступающее в помещение в утренние, околополуденные или вечерние часы, будет различным и соответственно различным будет уровень санации помещения.

Во-вторых, действующие нормы не учитывают параметры помещения: известно, что с увеличением глубины помещения санирующая роль солнечной радиации снижается.

В-третьих, действующие нормы не учитывают, что санирующее действие солнечной радиации определяется не всем спектром солнечного облучения, а его ультрафиолетовой частью, причем таким диапазоном длин волн УФ радиации, энергия которого вызывает гибель болезнетворных бактерий и микроорганизмов.

В-четвертых, действующие нормы не учитывают типы оконных стекол и их проницаемость в эффективном диапазоне УФ спектра. Эта неопределенность усиливается использованием новых типов окон и стекол с различными энергосберегающими покрытиями.

Вышеизложенные неопределенности действующих норм исключаются в предлагаемом подходе к нормированию и расчету инсоляции жилых помещений.

Проведенные исследования позволили установить, что максимальное бактерицидное действие УФ радиации связано с длиной волны 254 нм. Эффективность бактерицидного воздействия снижается при уменьшении или увеличении длины волны от 254 нм в соответствии с табл. 1. В соответствии с этим микробиологическими исследованиями введено понятие относительной бактерицидной эффективности облучения.

Из табл. 1 следует, что бактерицидная эффективность УФ радиации связана с диапазоном длин волн 220–320 нм, потому что энергия длин волн больше 320 нм становится ничтожно малой, а волны короче 220 нм не доходят до поверхности земли.

Таблица 1

Длина волны, нм	320	300	280	254	220	180	100
Относительная бактерицидная эффективность облучения	0,02	0,08	0,45	1	0,84	0,76	0,74

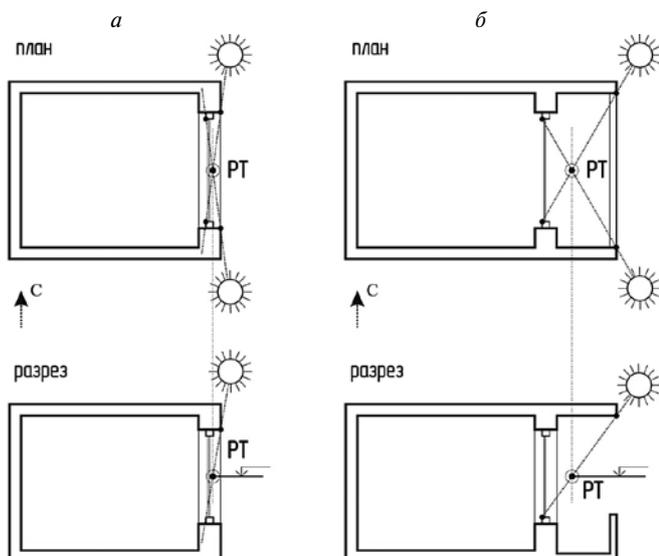


Рис. 1. Схема определения расчетной точки для: а – окна; б – окна с лоджией

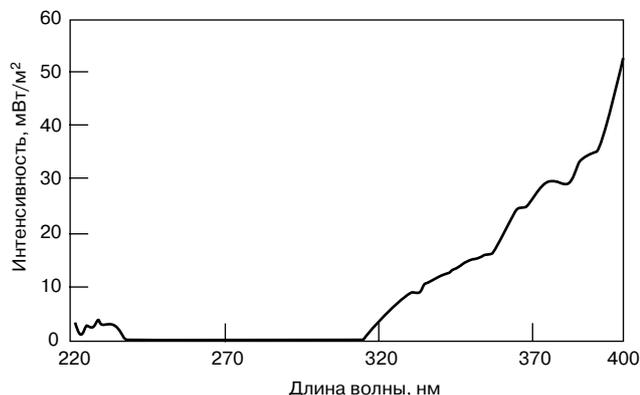


Рис. 2. Спектр УФ радиации солнца в Санкт-Петербурге, полученный на спектро радиометре НТП «ТКА» 17.12.12 в 140

Существует общепринятое мнение, что длины волн УФ радиации короче 300 нм не доходят до поверхности земли. Однако в «Методах определения интенсивности и профилактической дозы ультрафиолетовой радиации» (Ecololife.ru: экологический портал. 2010. URL: <http://www.ecololife.ru/study-3-2.html>, дата обращения: 09.04.2012) показано, что в крупных городах за счет промышленных выбросов в атмосферу истончается озоновый слой и до земли доходят длины волн до 220 нм (рис. 2).

По данным рис. 2 рассчитана интенсивность УФ радиации солнечного спектра (рис. 3) в диапазоне 220–320 нм (кривая 1, 88 Вт/м<sup>2</sup>), относительная бактерицидная эффективность солнечного спектра (кривая 2, 67 Вт/м<sup>2</sup>) и бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через стекло (кривая 3, 0,825 Вт/м<sup>2</sup>).

Подобные графики солнечного спектра отсутствуют по большинству городов, поэтому в дальнейших расчетах инсоляции предлагается использовать данные по приходу УФ радиации диапазона <315 нм, приведенные в Руководстве по строительной климатологии (Пособие по проектированию. М.: Стройиздат, 1977. 327 с.).

В настоящей работе предлагается перейти от расчета инсоляции по продолжительности облучения в часах к расчету энергетической дозы УФ облучения в диапазоне длин волн 220–320 нм в джоулях. В качестве аналога такого перехода использована методология обеспечения бактерицидной эффективности облучения в лечебно-профилактических учреждениях (Руководство Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях лечебно-профилактических учреждений: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко от 04.04.2004. Дата введения 04.04.2004). В этих учреждениях уровень бактерицидной эффективности измеряется процентом гибели микроорганизмов при УФ облучении. В связи с тем, что бактерии и микроорганизмы могут содержаться в воздухе помещения и на его поверхностях, нормирование бактерицидной эффективности производится как для воздуха помещения, так и для его поверхностей. Для помещений различного назначения лечебно-профилактических учреждений этот уровень находится в диапазоне 85–99,9% и указывается нижняя граница уровня бактерицидной эффективности для патогенной микрофлоры – 70%. Уровень 70% предлагается принять для жилых помещений. (Для сравнения: уровень

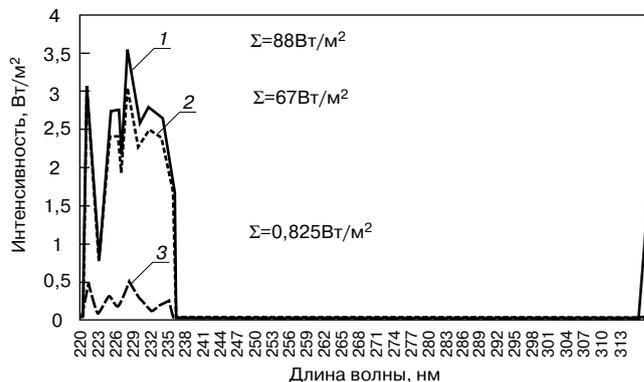


Рис. 3. Интенсивность солнечного спектра в диапазоне 220–320 нм (1), относительной бактерицидной эффективности солнечного спектра (2) и относительной бактерицидной эффективности облучения, прошедшего через стекло (3)

бактерицидной эффективности для площадок лестничных клеток и курительных комнат лечебно-профилактических учреждений равен 85%).

На рис. 4 представлены зависимости дозы УФ облучения для воздуха помещения в Дж/м<sup>3</sup> и его поверхностей в Дж/м<sup>2</sup>, которые необходимо обеспечить для определенного уровня бактерицидной эффективности. Сплошные линии построены по нормативным данным для лечебно-профилактических учреждений, а штриховые линии получены методом экстраполяции по эмпирическим расчетным формулам. Таким образом, 70%-й уровень бактерицидной эффективности для жилых помещений будет обеспечен дозой 39 Дж/м<sup>3</sup> для воздуха помещения и 15 Дж/м<sup>2</sup> для его поверхностей. Бактерицидная эффективность облучения будет обеспечена при одновременном достижении необходимой дозы, как в воздухе помещения, так и на его поверхностях.

Вышеизложенное позволило усовершенствовать методику расчета инсоляции жилых помещений путем учета интенсивности и дозы УФ радиации диапазона 220–320 нм, а также учета объемно-планировочных параметров помещений, конструкции светопроема и типов стекол.

Суммарная интенсивность УФ радиации, приходящая к поверхности остекления ( $J_{\text{пов}}$ ), определится как среднее значение из интенсивностей за каждый час облучения и представляет собой сумму прямой ( $J_{\text{п}}$ ) и рассеянной ( $J_{\text{р}}$ ) радиации:

$$J_{\text{пов}} = J_{\text{п}} + 0,5 J_{\text{р}} = J_{\perp} \cdot \cos\Theta + 0,5 J_{\text{р}}, \quad (1)$$

где  $J_{\perp}$  – интенсивность прямой радиации на нормальную к лучам поверхность;  $J_{\text{р}}$  – интенсивность рассеянной радиации на горизонтальную поверхность.

При прохождении через светопрозрачную конструкцию интенсивность УФ радиации уменьшается в соответствии с коэффициентами пропускания стекла  $k_{\text{с}}$  или стеклопакета  $k_{\text{сп}}$  в диапазоне 220–320 нм.

$$J_{\text{пом}} = J_{\text{пов}} \cdot k_{\text{сп}}. \quad (2)$$

Коэффициент пропускания стеклопакетов с достаточной точностью определяется произведением коэффициентов пропускания отдельных стекол, входящих в стеклопакет.

Исходными данными для предлагаемой методики расчета дозы УФ облучения в воздухе помещения и на его поверхностях являются:

- градостроительные параметры застройки с ориентацией светопроемов и противостоящими зданиями;

- объемно-планировочное решение помещения;
- конструктивные решения светопроема, наличие балкона или лоджии, толщина наружной стены;
- типы стекол, используемых в стеклопакетах, и типы стеклопакетов;
- база данных об интенсивности прямой и рассеянной УФ радиации с длиной волны < 315 нм, приходящей к фасадам зданий для географических широт 35° – 75° с. ш. по Руководству по строительной климатологии (Пособие по проектированию. М.: Стройиздат, 1977. 327 с.);
- база данных о коэффициентах проницаемости современных стекол в диапазоне 220–320 нм, в том числе при разных углах падения солнечного луча на стекло.

Расчет начинается традиционным способом, то есть определяется ориентация светопроема, продолжительность солнечного облучения в часах и время суток, в которое это облучение происходит.

По времени суток определяется интенсивность прямой ( $J_p$ ) и рассеянной ( $J_r$ ) радиации для заданной широты местности с использованием базы данных Руководства по строительной климатологии (Пособие по проектированию. М.: Стройиздат, 1977. 327 с.). Для традиционных ориентаций (В, ЮВ/ЮЗ, Ю, З) база данных содержит конкретные значения для  $J_p$  по часам суток.

Для произвольных ориентаций светопроема необходимо определить углы между направлением солнечного луча и нормалью к плоскости стекла ( $\Theta$ ) в те часы суток, в которые происходит облучение помещений.

Величина интенсивности УФ радиации, прошедшей через светопрозрачную конструкцию в помещении  $J_{пом}$ , представляет собой количество энергии, проходящее через 1 м<sup>2</sup> площади светового проема за 1 час. Для определения общей энергии, приходящей в помещение через всю светопрозрачную площадь окна (окон), необходимо умножить  $J_{пом}$  (мВт · ч / м<sup>2</sup>) на площадь светопроема ( $S = b \cdot h$ , м<sup>2</sup>):

$$Q = J_{пом} \cdot S = J_{пом} \cdot b \cdot h, \text{ мВт} \cdot \text{ч}. \quad (3)$$

Это количество энергии производит санирующее действие как в объеме помещения ( $V$ , м<sup>3</sup>), так и на его поверхностях ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Объем помещения  $V$ , м<sup>3</sup>, определится как произведение ширины ( $B$ ), глубины ( $L$ ) и высоты ( $H$ ) помещения:

$$V = B \cdot L \cdot H, \text{ м}^3. \quad (4)$$

Площадь внутренних облучаемых поверхностей  $F$ , м<sup>2</sup> определится площадью внутренних шести граней помеще-

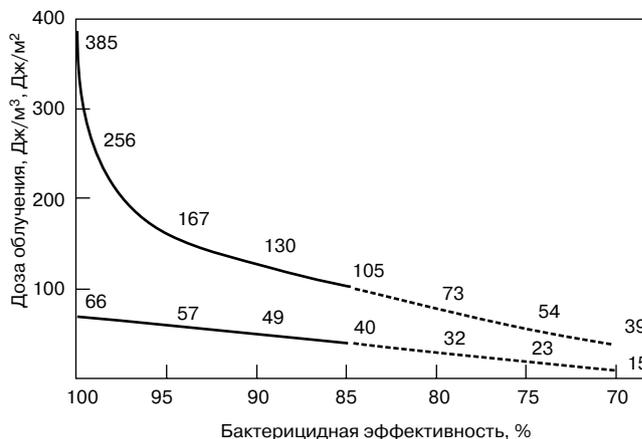


Рис. 4. Поверхностные (1), Дж/м<sup>2</sup> и объемные (2), Дж/м<sup>3</sup> дозы облучения для различных уровней бактерицидной эффективности (%) для золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*) и кишечной палочки (*Escherichia Coli*)

ния за вычетом площади окна ( $S = b \cdot h$ , м<sup>2</sup>), поскольку площадь окна является не облучаемой площадью, а площадью, через которую поступает УФ радиация:

$$F = 2(L \cdot B) + 2(L \cdot H) + 2(B \cdot H) - b \cdot h, \text{ м}^2. \quad (5)$$

Доза УФ облучения в воздухе помещения определится как произведение  $Q$  (мВт · ч) на продолжительность облучения  $\tau$  (ч), отнесенное к объему помещения  $V$  (м<sup>3</sup>):

$$\Delta v = 3,6 Q \cdot \tau / V, \text{ Дж/м}^3, \quad (6)$$

где  $\tau$  – продолжительность облучения (инсоляции) в часах, определенная одним из общепринятых методов;  $Q$  – общая энергия УФ радиации, пришедшая в помещение в те часы суток, в которое происходило облучение; 3,6 – переводной коэффициент мВт в Вт (1000) и 1 час в секунды (3600), то есть 3600/1000 = 3,6, для получения размерности дозы в Дж.

Доза УФ облучения на поверхностях помещения:

$$\Delta p = 3,6 Q \cdot \tau / F, \text{ Дж/м}^2, \quad (7)$$

где  $F$  – площадь внутренних облучаемых поверхностей помещения за вычетом площади окна, м<sup>2</sup>; 3,6;  $Q$  и  $\tau$  – то же, что и в формуле (6).

Полученные в расчете дозы УФ облучения для воздуха помещений ( $\Delta v$ ) и его поверхностей ( $\Delta p$ ) сопоставляются по рис. 4 с дозами, которые обеспечивают требуемый 70%-й уровень бактерицидной эффективности.

Таблица 2

Ориентация светопроема	Продолжительность инсоляции, ч	Санитарно-гигиеническое воздействие инсоляции			
		по методике СанПиН 2.1.2.2645-10	по разработанной методике		
			Доза в воздухе помещения, Дж/м <sup>3</sup>	Доза на поверхности помещения, Дж/м <sup>2</sup>	Бактериальная эффективность облучения
В	2 (7–9 ч)	да	6,6 нет	3,8 нет	нет
	3 (7–10 ч)	да	13,6 нет	8 нет	нет
ЮВ	2 (9–11 ч)	да	27 нет	15,6 да	нет
	3 (9–12 ч)	да	41,5 да	24 да	да
Ю	2 (11–13 ч)	да	41,8 да	24,1 да	да

Если требуемый уровень бактерицидной эффективности не достигнут при нормативной продолжительности инсоляции, то в предлагаемой методике сформулированы предложения по регулированию дозы УФ облучения, которые включают в себя:

- увеличение продолжительности инсоляции до получения заданной дозы УФ облучения;
- подбор типа стекол с большей величиной их проницаемости в диапазоне (220–320 нм) УФ спектра;
- увеличение размеров светового проема, что увеличивает общее количество УФ энергии, поступающей в помещение;

– изменение размеров помещений, что изменяет его объем (V) и площадь поверхностей (F);

– изменение ориентации светопроемов по румбам, что изменит время суток при облучении, а следовательно, интенсивность и дозу УФ радиации, а также проникаемость стекол при изменении угла  $\Theta$ .

Описанная методика представлена также в виде разработанной компьютерной программы РаиН 2013, которая позволяет по введенным исходным данным получить величину дозы УФ облучения в воздухе помещений и на его поверхностях в автоматическом режиме.

В табл. 2 приведено сравнение результатов расчета инсоляции по разработанной методике и методике СанПиН 2.1.2.2645–10 при нормированной методике облучения. В качестве объекта для сравнения методик взято типовое жилое помещение в условиях Казани.

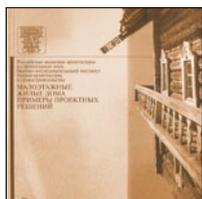
Из таблицы следует, что существующая методика СанПиН при всех ориентациях и при облучении в любое время суток дает положительный результат. Предлагаемая методика расчета через определение доз УФ облучения не во всех случаях дает положительный результат. Помещения восточной и юго-восточной ориентаций за 2 ч инсоляции не получают ту дозу УФ радиации, которая обеспечивает 70%-й уровень бактерицидной эффективности. Увеличение продолжительности инсоляции до 3 ч облучения помещения юго-восточной ориентации способствует получению необходимой дозы УФ радиации. И только помещение южной ориентации получает требуемую дозу УФ облучения за нормируемые 2 ч инсоляции. Таким образом, использование для расчетов инсоляции действующих нормативных документов не обеспечивает необходимого санитарно-гигиенического благополучия жилых помещений.

## В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу



**Книга «Клеевые деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»**  
Авторы – д-р техн. наук С.Б. Турковский, канд. техн. наук А.А. Погорельцев, канд. техн. наук И.П. Преображенская

Книга содержит примеры из опыта применения различных типов конструкций в современном строительстве. Особенность применяемой системы состоит в использовании нового вида соединений в узловых сопряжениях и стыках конструкций, открывающего новые возможности клееной древесины. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные. Кроме того, теперь имеется возможность на основе серийно изготавливаемых унифицированных элементов создавать самые различные конструктивные системы – как по форме, так и по размерам. Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения клееных деревянных конструкций за последние 15–20 лет. Книга содержит материалы, рекомендуемые работникам проектных организаций, студентам, аспирантам, инженерам-строителям и др.



**Альбом «Малозатяжные дома. Примеры проектных решений»**

Авторы – академик РААСН Л.В. Хихлуха, канд. архитектуры Н.М. Согомонян, архитекторы Ю.В. Лопаткин, И.Л. Хихлуха

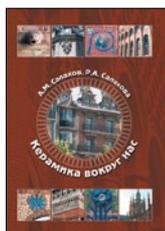
Альбом включает разделы: «Односемейные жилые дома», «Многосемейные жилые дома», «Эстетические качества жилища», «Градостроительные группы». Предназначен для архитекторов, специалистов, занятых вопросами жилищного строительства, для органов исполнительной власти в области архитектуры и строительства, а также для частных застройщиков; может быть использован как методическое пособие для студентов вузов.



**Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»**

Автор – канд. техн. наук М.К. Ищук

На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены с учетом позаталности и длительности возведения, включая температурно-влажностные, а также конструктивные требования по назначению расстояния между горизонтальными и вертикальными швами, к конструкциям гибких связей и армированию кладки. Книга предназначена для работников проектных и контролирующих качество строительства организаций.



**Книга «Керамика вокруг нас»**

Авторы – канд. техн. наук А.М. Салахов, Р.А. Салахова

Керамика представлена как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов, а также технологическими параметрами их переработки. Подробно рассмотрены глинистые минералы как основа керамического сырья. Проведено сравнение микроструктуры и минералогического состава различных видов обожженных керамических изделий, изготовленных как несколько веков назад, так и в наши дни.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам вузов технологических и архитектурно-строительных специальностей. Будет полезна архитекторам и проектировщикам, работающим в области жилищного и гражданского строительства.

**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «Стройматериалы»  
Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru www.rifsm.ru**