

научно-технический журнал

ВЕСТНИК



МГСУ

3/2011

T.2



материалы оборудование технологии

Научно-технический журнал Вестник МГСУ

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

№3/2011

Т. 2

Москва

Научно-технический журнал Вестник МГСУ, №3. Т. 2. 2011.

Периодическое научное издание. Москва, МГСУ.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-21435 от 30 июня 2005 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор – ректор МГСУ, акад. РААСН, д.т.н., проф. – **В.И. Теличенко**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, чл.- корр. РААСН, д.т.н., проф. – **Е.А. Король**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, д.ф.-м.н., проф. – **М.В. Самохин**; зам. главного редактора – проф., к.т.н. **Н.С. Никитина**; отв. секретарь – академик РАЕН, проф., д.т.н. **А.Д. Потапов**; редактор – **Е.Н. Аникина**; верстка – **Д.А. Матвеев**.

Ответственные за выпуск: к.т.н., проф. – **И.Л. Шубин**, к.т.н. – **Н.П. Умнякова**

Редакционный совет:

Теличенко В.И. (председатель), *Амбарцумян С.А.*, *Егорычев О.О.*, *Баженов Ю.М.*, *Дмитриев А.Н.*, *Король Е.А.* (зам.председателя), *Кошман Н.П.*, *Круглик С.И.*, *Никитина Н.С.* (зам. председателя), *Николаев С.В.*, *Маклакова Т.Г.*, *Мэрфи Анжела* (Университет Центрального Ланкашира, Англия), *Паль Ян Петер* (Технический Университет Берлина, ФРГ), *У Хой* (Пекинский Университет строительства и архитектуры, Китай), *Ян Буйнак* (Университет Жилина, Словакия), *Бегларян А.Г.* (Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Армения), *Потапов А.Д.* (отв. секретарь), *Пунырев Е.И.*, *Самохин М.В.* (зам.председателя), *Сидоров В.Н.*, *Тер-Мартirosян З.Г.*, *Травуш В.И.*, *Чунюк Д.Ю.* (зам. отв. секретаря)

Список рецензентов:

д.т.н., проф. – *В.В. Гурьев*, чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф. – *В.И. Римшин*, д.т.н., проф. – *П.Н. Умняков*

Адрес редакции:

129337, Москва, Ярославское ш. 26. МГСУ, Тел. +7 (499) 183-56-83,
Факс +7 (499) 183-56-83
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru>, Электронная версия
<http://www.mgsu.ru>

Подписано в печать 15.06.11

Все материалы номера являются собственностью редакции, перепечатка или воспроизведение их любым способом полностью или по частям допускается только с письменного разрешения редакции.

Распространяется только по подписке

ISSN 1997-0935

© «Вестник МГСУ», 2011

НОВЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ОТ РАДОНА

A NEW APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF PROTECTION OF BUILDINGS FROM RADON

Л.А. Гулабянц

L.A. Gulabyants

НИИСФ РААСН

*Предложен новый метод расчета требуемого сопротивления радонопроница-
нию подземных ограждающих конструкций зданий*

*A new method for calculating the required resistance to permeability for radon
underground enclosing structures of buildings is presented*

В Федеральном законе о радиационной безопасности населения [1] и в Техническом регламенте о безопасности зданий и сооружений [2] содержится требование о снижении доз радиоактивного облучения радоном в зданиях. С целью выполнения этого требования в Нормах радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [3] показано, что объемная активность радона в воздухе помещений не должна превышать определенный уровень. Известно, что активность радона в помещениях зависит от величины его суммарных поступлений от всех источников и интенсивности воздухообмена, в большинстве случаев основные поступления радона обусловлены его проникновением в здание из грунта через подземные ограждающие конструкции. Для выполнения требований [3] необходимо, чтобы проектируемые конструкции обладали достаточной для рассматриваемых условий строительства радононепроницаемостью.

Проблема обеспечения радонобезопасности зданий относительно нова и находится в стадии развития, в настоящее время методы проектного расчета поступлений радона из грунта в здание отсутствуют, а критерии оценки радонозащитных свойств конструкций не установлены. Поэтому в современной практике вопрос о необходимости реализации и содержании мер по противорадоновой защите здания решается на основе чисто качественной оценки наличия (или отсутствия) на участках застройки признаков радоноопасности без какой-либо оценки эффективности принимаемых проектных решений. Отсутствие строго детерминированного метода определения требуемых в зависимости от условий строительства свойств конструкций ведет к применению конструкций либо с избыточными, либо с недостаточными радонозащитными свойствами. С целью устранения отмеченного пробела в НИИСФ РААСН был проведен комплекс работ, направленных на разработку расчетного метода проектирования противорадоновой защиты зданий. В данной статье изложены основные положения предлагаемого метода.

На рис. 1 показана схема заглубленного помещения и действующие в нем источники и стоки радона.

В общем случае зависимость активности радона во внутреннем воздухе от основных определяющих факторов выражается формулой [4], вытекающей из решения уравнения радонового баланса помещения:

$$ЭРОА = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} Q_i \cdot S_i + Q_n \cdot S_n}{V \cdot (\lambda + n)} \cdot F, \quad (1)$$

где ЭРОА - эквивалентная равновесная объемная активность радона в воздухе помещения, Бк/м³;

Q_i - плотности потоков радона, поступающих в помещение от внутренних поверхностей стен и потолка, Бк/(м² с);

Q_n - плотность потока радона, поступающего в помещение от внутренней поверхности конструкции пола, Бк/(м² с);

S_i, S_n - площади стен, потолка и пола, соответственно, м²;

V - объем помещения, м³;

$\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6}$ постоянная распада радона, с⁻¹;

n - кратность воздухообмена (по притоку наружного воздуха), с⁻¹;

F - коэффициент сдвига радиоактивного равновесия между радонам и его дочерними продуктами.

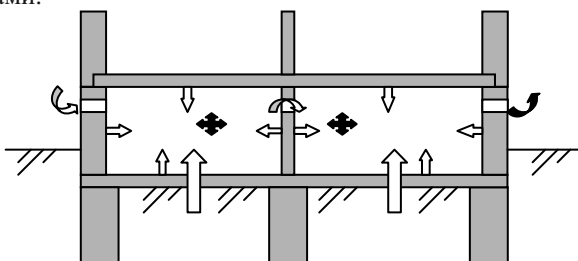


Рис. 1. Источники и стоки радона в помещении: грунтовое основание, материалы конструкций, вентилирующий воздух, распад

Для использования (1) необходимо знать значения удельных поступлений радона в помещения от всех внутренних поверхностей ограждающих конструкций. Известно, что поступления радона, выделяемого из материалов конструкций относительно невелики, обычно не превышают 5 мБк/(м² с) и в среднем составляют около 2,5 мБк/(м² с). Основное влияние на радоновый режим помещения (помимо интенсивности воздухообмена) оказывают поступления радона, который выделяется в грунтовом основании здания и проникает в здание через конструкцию граничащего с грунтом пола. В зависимости от мощности источника радона в грунте и радонопроницаемости конструкции эта величина (Q_n) может варьировать в интервале от единиц до сотен мБк/(м² с).

Модификация формулы (1), представленная в виде

$$Q_{n, доп} = \frac{ЭРОА_{доп} \cdot V \cdot (\lambda + n) - \sum_{i=1}^{i=5} Q_i \cdot S_i \cdot F}{S_n \cdot F}, \quad (2).$$

позволяет определить допустимое значение потока ($Q_{n, доп}$), при котором ЭРОА радона в помещении не превышает заданного уровня ЭРОА_{доп}. В Нормах радиационной безопасности показано максимальное допустимое значение (ЭРОА_{max} = 100 Бк/м³) этой величины. Однако, в соответствии с принятой кон-

цепцией снижения доз облучения от природных источников радиации, при проектировании мероприятий по противорадиационной защите следует стремиться к ее максимальному, социально и экономически обоснованному снижению. При проектировании современных зданий значение величины $ЭРОA_{дон}$ целесообразно задавать в интервале от 20 (например, для зданий детских учреждений) до 60 Бк/м^3 (для жилых и административных зданий) .

Для определения параметров конструкции пола, при которых плотность потока радона Q_n не превышает допустимого значения $Q_{n, доп}$ введем следующие новые понятия:

коэффициент радонопроницаемости конструкции (K , м/с) - плотность потока радона ($\text{Бк/м}^2 \text{ с}$), который проникает через конструкцию, состоящую из одного или нескольких слоев материалов, при разности объемных активностей радона на внешних границах конструкции равной 1 Бк/м^3 ;

сопротивление радонопроницанию конструкции (R , с/м) - разность объемных активностей радона на границах конструкции (Бк/м^3), при которой через нее проникает поток радона плотностью $1 \text{ Бк/(м}^2 \text{ с)}$.

Используя введенные понятия и пренебрегая сопротивлением газообмену пограничного слоя воздуха на внутренней поверхности конструкции, плотность потока радона поступающего из грунта в здание можно определить как

$$Q_n = K(A_{sp} - A_n) = \frac{A_{sp} - A_n}{R}, \quad (3)$$

где A_{sp} и A_n - значения объемных активностей радона на нижней и верхней границах конструкции, соответственно, Бк/м^3 .

Формулы для определения значений K и R для однослойной и двухслойной конструкций получены из решения краевой задачи диффузионного переноса радона в двухслойной (рис. 2) газопроницаемой среде [5].

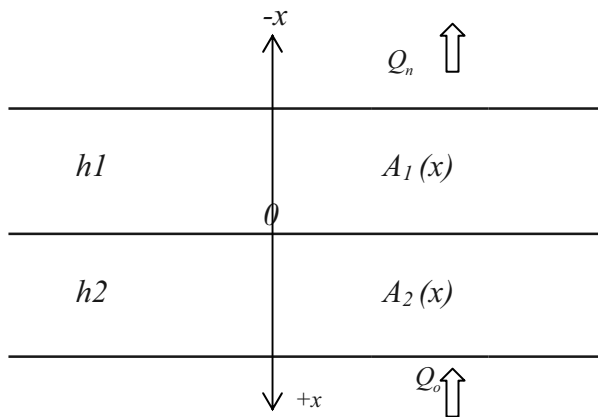


Рис. 2. Схема двухслойной конструкции

При отсутствии внутри конструкции источников радона это решение имеет

$$\text{вид } A_1(x) = -Q_o \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot ch\left(\frac{x}{L_1}\right) + ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot sh\left(\frac{x}{L_1}\right)}{ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot ch\left(\frac{h_2}{L_2}\right) + d \cdot sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot ch\left(\frac{h_2}{L_2}\right)}, \quad -h_1 \leq x \leq 0; \quad (4)$$

$$A_2(x) = -Q_o \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{sh\left(\frac{x}{L_2}\right) \cdot ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) + d \cdot ch\left(\frac{x}{L_2}\right) \cdot sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right)}{ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot ch\left(\frac{h_2}{L_2}\right) + d \cdot sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot sh\left(\frac{h_2}{L_2}\right)}, \quad 0_1 \leq x \leq h_2; \quad (5)$$

$$Q(x) = \frac{Q_o \cdot ch\left(\frac{h_1+x}{L_1}\right)}{ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot ch\left(\frac{h_2}{L_2}\right) + d \cdot sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right) \cdot sh\left(\frac{h_2}{L_2}\right)}, \quad -h_1 \leq x \leq 0; \quad (6)$$

где $d = \frac{D_2 \cdot L_1}{D_1 \cdot L_2};$

$A_1(x), A_2(x)$ - объемная активность радона в координате x верхнего и нижнего слоя, соответственно, Бк/м³;

h_1, h_2 - толщина верхнего и нижнего слоя, м;

D_1, D_2 и $L_1 = \sqrt{\frac{D_1}{\lambda}}, L_2 = \sqrt{\frac{D_2}{\lambda}}$ - коэффициент диффузии (м²/с) и длина диффузии (м) радона в материале верхнего и нижнего слоя, соответственно.

Q_n, Q_o - плотности потоков радона в координатах $x = -h_1$ и $x = h_2$, соответственно, Бк/(м²с).

На основании (4) и (5) перепад объемной активности радона в конструкции можно определить как

$$A_{zp} - A_n = A_2(x = h_2) - A_1(x = -h_1), \quad (7)$$

а на основании (6) плотность потока радона прошедшего через конструкцию как $Q_n = Q(x = -h_1).$ (8)

Используя (3), (4) и (5) коэффициент радонопроницаемости конструкции толщиной H , состоящей из двух слоев разнородных материалов, можно определить как

$$K_{2cr} = \frac{D_2}{L_2} \cdot \frac{1}{ch\left(\frac{h_1}{L_1}\right) sh\left(\frac{h_2}{L_2}\right) + \frac{D_2 \cdot L_1}{D_1 \cdot L_2} \cdot sh\left(\frac{h_1}{L_1}\right) ch\left(\frac{h_2}{L_2}\right)}, \quad (9)$$

а для однослойной конструкции как

$$K_{1cr} = \frac{D}{L} \cdot \frac{1}{sh\left(\frac{H}{L}\right)}. \quad (10)$$

Для конструкции, состоящей из трех и более слоев, формулы вида (9, 10) приобретают весьма громоздкий вид. Однако, радонозащитные свойства большинства обычно используемых конструкций определяются свойствами одного - двух основных, наименее газопроницаемых слоев. А именно, слоя бетона и гидрогазоизолирующего слоя. Присутствие в конструкции таких вспомогательных слоев как песчаная и гравийная подсыпка, выравнивающая и защитная стяжки и т.п., в силу их небольшой толщины и высокой газопроницаемости можно не учитывать.

Спротивление радонопроницанию конструкции представляет собой величину, обратную ее коэффициенту радонопроницаемости

$$R = 1 / K , \quad (11)$$

Из (10) можно видеть, что коэффициент радонопроницаемости слоя не прямо пропорционален его толщине. Поэтому сопротивления радонопроницанию отдельных слоев материала в многослойной конструкции, в отличие от их термических сопротивлений, строго говоря, не являются аддитивными величинами. При небольшой толщине слоев, характерных для ограждающих конструкций зданий, этим обстоятельством для простоты можно пренебречь. Тогда суммарное сопротивление радонопроницанию многослойных ограждений с последовательно расположенными разнородными слоями можно определять как

$$R = R_1 + R_2 + \dots , \quad (12)$$

где R_1, R_2, \dots - сопротивления отдельных слоев, определяемые по формуле (9).

Для выполнения условия $Q_n \leq Q_{n, \text{дон}}$ необходимо, чтобы сопротивление радонопроницанию проектируемой конструкции (R) было не меньше определенного значения R_{mp} , которое вычисляется по формуле

$$R_{mp} = \frac{A_{cp} - A_n}{Q_{n, \text{дон}}} , \quad (13)$$

Для определения расчетного значения разности активностей радона на границах конструкции ($A_{cp} - A_n$) примем во внимание следующие соображения.

Известно, что распределение объемной активности радона по глубине открытого грунта подчиняется экспоненциальному закону. Ее значения возрастают от близких к активности радона в наружном воздухе на поверхности грунта до, начиная с некоторой глубины, постоянного значения определяемого по формуле

$$\Pi_{Rn} = C_{Ra} \cdot \rho \cdot k_{эм} , \quad (14)$$

где C_{Ra} - удельная активность радия в грунте, Бк/кг;

ρ - плотность грунта, кг/м³ ;

$k_{эм}$ - коэффициент эманирования радона в грунте,

Размещенная на грунте конструкция препятствует разгрузке радона в атмосферу. Вследствие этого значение объемной активности радона в основании конструкции устанавливается близким, а при достаточно малой проницаемости конструкции практически равным значению Π_{Rn} (рис. 3) .

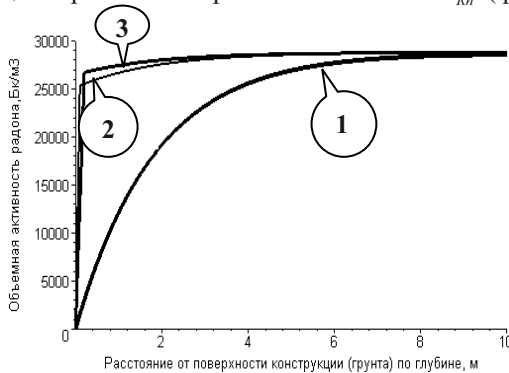


Рис. 3. Характер распределения объемной активности радона в открытом грунте (1) и грунте перекрытом бетонной плитой толщиной 100 (2) и 200 (3) мм

Величина Π_{Rn} зависит от мощности источника радона и может быть охарактеризована как **радоновый потенциал грунта**, выражающий равновесную объемную активность

свободного радона, устанавливающуюся в единице объема грунтового основания здания, при нулевом значении градиента активности на границах объема. Радоновый потенциал грунта соответствует максимальной возможной радоновой нагрузке, создаваемой на границе между грунтом и идеально радононепроницаемой конструкцией.

В реальных случаях объемная активность радона на границе между грунтом и конструкцией всегда меньше значения величина P_{Rn} . Однако, как можно видеть из рис. 3, даже при использовании конструкции с достаточно низким сопротивлением радонопроницанию (плита из плотного бетона толщиной 50 мм) различие между этими величинами не превышает 10 %.

Поскольку значения P_{Rn} по меньшей мере на два порядка превышают значение активности радона на верхней поверхности конструкции, при использовании формулы (10) допустимо принять, что

$$A_{cp} - A_n = P_{Rn}, \quad (15)$$

Таким образом, процедура расчета требуемой радонозащитной способности конструкции сводится к последовательному выполнению следующих операций: задается расчетное значение $ЭРОА_{дон}$, по формуле (2) вычисляется значение $Q_{n,дон}$, задаются расчетные значения физических характеристик грунта и по формуле (14) определяется величина P_{Rn} , по формуле (13) вычисляется искомое значение R_{mp} . Для вычисления сопротивления радонопроницанию рассматриваемой в проекте конструкции и его сопоставления с требуемым значением используются формулы (9)–(12).

Величина сопротивления радонопроницанию в полной мере характеризует радонозащитную способность конструкции и может служить критерием для количественной сравнительной оценки эффективности различных технических решений многослойных ограждающих конструкций или их отдельных элементов.

Литература

1. Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения".
2. Федеральный закон от 23 декабря 2009 года № 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
3. Гулабянц Л.А., Заболотский Б.Ю. Плотность потока радона как критерий оценки радоноопасности // АНРИ, 2004, №3, с. 16-20.
4. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М., ЭнергATOMиздат, 1989, 119 с.
5. СанПиН 2.6.1.2523 – 09. Нормы радиационной безопасности (НРБ –99/2009). Минздрав России, 2009 г.

References

1. Gulabjanc L.A., Zabolotskij B.Ju. Plotnost' potoka radona kak kriterij ocenki radonoopasnosti // ANRI, 2004, №3, s. 16-20.
2. Krisjuk Je.M. Radiacionnyj fon pomechhenij. M., Jenerгатomizdat, 1989, 119 s.
3. SanPiN 2.6.1.2523 – 09. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB –99/2009). Minzdrav Rossii, 2009 g.
4. Federal'nyj zakon ot 9 janvarja 1996 g. N 3-FZ "O radiacionnoj bezopasnosti naselenija".
5. Federal'nyj zakon ot 23 dekabnja 2009 goda № 384-FZ. Tehnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniij i sooruzhenij.

Ключевые слова: радон, защита от радона, сопротивление радонопроницанию, активность радона, ограждающие конструкции, проектирование

Key words: radon, protection against radon, resistance to permeability for radon, activity of radon, enclosing structures, design

Тел.(495) 482 39 65, e-mail: lor267gg@yandex.ru

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ЗАПОЛНЕНИЙ СВЕТОПРОЕМОВ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

METHOD OF EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TOTAL COEFFICIENT LIGHT TRANSMISSION OF WINDOWS UNDER NATURAL CONDITIONS

В.А. Земцов, Е.В. Гагарина, С.Н. Коркин

V.A. Zemtsov, E.V. Gagarina, S.N. Korkin

НИИСФ РААСН, МГТУ МАМИ

Аналитически обоснован и проведен эксперимент по определению общего коэффициента светопропускания заполнений светопроемов в натуральных условиях. Полученный результат превышает рассчитанное значение на 14%.

Analytically justified and carried out an experiment to determine the total coefficient light transmission of windows under natural conditions. The result obtained exceeds the calculated value by 14%.

1. Введение

Общий коэффициент светопропускания заполнения светопроема используется при проектировании естественного освещения помещений зданий различного назначения [1]. Экспериментально этот коэффициент определяется для оконных блоков на установке искусственный небосвод по методике [2]. В настоящее время данный метод испытания оказался труднодоступным в связи с сокращением действующей экспериментальной базы учреждений. В то же время возникают задачи по натурному исследованию естественного освещения помещений, в которых окна заполнены оконными блоками с неизвестными значениями общего коэффициента светопропускания. В литературе работ по определению коэффициента светопропускания заполнений светопроемов в натуральных условиях отмечено не было. Настоящая статья посвящена обоснованию такого метода и описанию его реализации.

2. Суть метода

Метод состоит в измерении освещенности в физической модели некоторого условного помещения со светопроемом. В данной модели освещенность измеряется на уровне пола. Размеры светопроема модели подобны размерам светопроема помещения. Для измерения освещенности используется люксметр. Измерение в модели проводят дважды - с учетом заполнения светопроема оконным блоком и без него. Первое измерение проводят в модели при закрытых створках окна в исследуемом помещении. При этом модель устанавливается таким образом, чтобы из точки модели, в которой проводятся измерения освещенности (E_1^0) и в которой установлен люксметр, было

видно только заполнение светопроема помещения и не были видны стены и внутренние откосы оконного проема. Второе измерение освещенности (E_2^{δ}) проводят в той же точке модели, но сама модель вынесена по горизонтали за заполнение светопроема помещения на улицу и ориентирована параллельно тому положению, которое она занимала при первом измерении. Данный принцип основан на светотехнических законах [3]:

- о проекции телесного угла – освещенность в какой-либо точке помещения равна произведению яркости участка небосвода, видимого из данной точки через окно, на проекцию телесного угла под которым виден этот участок небосвода на освещаемую поверхность;

- о светотехническом подобии – освещенность в какой-либо точке помещения зависит не от абсолютных, а от относительных размеров помещения.

Одновременно с измерениями освещенности внутри модели, измеряется наружная освещенность (E_1^c , E_2^c) в плоскости стены с окном. Измеренные данные позволяют оперировать относительными освещенностями, получаемыми в модели. Отношение получаемых значений относительных освещенностей в одной и той же точке модели при наличии оконного блока и без него, т.е. при выносе модели за плоскость стены, позволяет получить коэффициент общего светопропускания заполнения оконного блока.

3. Теоретическое обоснование метода определения общего коэффициента светопропускания заполнения светопроема.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) при боковом освещении (от окон) в помещении рассчитывается по формуле [1]:

$$e^{\delta} = \left(\sum \varepsilon^{\delta} q + \sum \varepsilon_{30} b_{\phi} K_{30} \right) r_0 \tau_0 / K_3 \quad (1),$$

где r_0 - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света от поверхностей помещения;

τ_0 - общий коэффициент пропускания света заполнением светопроема;

K_3 - коэффициент запаса (при чистом остеклении $K_3 = 1$).

Остальные условные обозначения в формуле (1) соответствуют обозначениям в [1].

Из (1) следует, что, если произведены два измерения КЕО в модели, при которых выражение в круглых скобках одинаково, то различие в значениях КЕО в этих измерениях определяется только различием в значениях τ_0 / K_3 .

Согласно определению, КЕО в какой-либо точке в модели равен отношению освещенности в данной точке к одновременной наружной освещенности на горизонтальной поверхности под открытым небосводом. Поэтому, для результата измерения, произведенного в модели при закрытых створках окна, можно написать:

$$e_1^{\delta} = E_1^{\delta} / E_1'' \quad (2),$$

где:

E_1^{δ} - освещенность в точке внутри модели находящейся в помещении при закрытых створках окна, лк;

E_1'' - наружная освещенность на горизонтальной поверхности под открытым небосводом, лк.

Для результата измерения, произведенного в модели при открытых створках окна (когда модель вынесена на подоконник), можно написать:

$$e_2^{\delta} = E_2^{\delta} / E_2^{\eta} \quad (3),$$

где:

E_2^{δ} - освещенность в точке внутри модели находящейся в помещении при закрытых створках окна, лк;

E_2^{η} - наружная освещенность на горизонтальной поверхности под открытым небосводом, лк.

При этом измерении значение τ_0 / K_3 равно единице, т.к. отсутствует заполнение светопроема.

Следовательно, при пренебрежении изменением выражения в круглых скобках в (1), из (1) – (3) следует:

$$\tau_0 / K_3 = \frac{e_1^{\delta}}{e_2^{\delta}} = \frac{E_1^{\delta} / E_1^{\eta}}{E_2^{\delta} / E_2^{\eta}} = \frac{E_1^{\delta}}{E_2^{\delta}} \cdot \frac{E_2^{\eta}}{E_1^{\eta}} \quad (4)$$

Измерение наружной освещенности на горизонтальной поверхности под открытым небосводом вызывает определенные трудности. Поэтому, для упрощения проведения эксперимента, предлагается следующий прием. Одновременно с измерением освещенности в модели производится измерение наружной освещенности на вертикальной плоскости наружной поверхности стены с исследуемым окном, E^c . Легко можно показать, что по закону проекции телесного угла выполняется равенство:

$$\frac{E_1^c}{E_1^{\eta}} = \frac{E_2^c}{E_2^{\eta}} \quad (5)$$

С учетом (5) выражение (4) можно представить в виде:

$$\frac{E_1^{\delta}}{E_1^c} = (\tau_0 / K_3) \cdot \frac{E_2^{\delta}}{E_2^c} \quad (6)$$

Данное выражение используется для обработки результатов измерений с целью расчета общего коэффициента пропускания света.

4. Описание и принцип действия экспериментальной установки.

Экспериментальная установка представляет собой модель прямоугольного помещения со светопроемом прямоугольной формы, начинающимся от пола в одной из стенок. Высота и ширина светопроема регулируется в зависимости от исследуемого в натуральных условиях окна. Пол модели с отверстием для фотоэлемента люксметра не скреплен со стенками, что позволяет перемещать их относительно друг друга. Фотоэлемент люксметра монтируется заподлицо с полом. Модель выполнена из фанеры. Внутренние поверхности модели окрашены в черный цвет для снижения влияния отраженного света в модели на показания люксметра (коэффициент отражения света окрашенной фанеры по результатам измерений составил $\rho=0,05$ и менее, т.е. $r_0 \approx 1$). Остекление светопроема очищено ($K_3 = 1$).

При проведении измерений последовательно производится перемещение всей модели по i -тым точкам на полу помещения, которые находятся на соответствующих расстояниях L_i от стены с окном. Одновременно производится перемещение модели относительно пола самой модели так, чтобы фотоэлемент установился на соответст-

вующем l_i -том расстоянии от окна модели. Люксметром фиксируется показание освещенности в определенной точке на полу модели при различных положениях стен и потолка модели и соответствующих им положениях модели в помещении. Таким образом, при каждом измерении на модели в помещении, из точки соответствующей положению центра датчика люксметра в полу модели, «видно» заполнение светопроема помещения и только оно. После каждого измерения освещенности в модели, установленной в помещении, производится вынос модели за наружную стену помещения и измеряется освещенность в модели в той же точке модели. При этом свет, попадающий на датчик люксметра не проходит через заполнение светопроема. Все измерения проводятся по разрезу помещения, проходящего через середину светопроема. Расстояния L_i и l_i связаны соотношением:

$$l_i = M(L_i + D) - d^* \quad (7)$$

где: l_i – расстояние внутри модели от стенки с окном до точки на полу модели, м;
 d^* – ширина оконных откосов модели, м;

L_i – расстояние от стены с окном до проекции положения датчика люксметра на полу помещения, м;

D – толщина стены помещения, м;

M – масштабный коэффициент светопроема модели и помещения.

5. Пример экспериментального определения общего коэффициента светопропускания оконного блока.

Экспериментальное определение общего коэффициента светопропускания проводилось на окне, схематично изображенном на рисунке 1. Оконный блок из ПВХ профиля Rehau Delight, цвет белый, стеклопакет двухкамерный, без теплоотражающих покрытий, толщина стекол 4 мм. Оконный блок установлен в светопроем стены толщиной 2,5 кирпича, оштукатуренной с двух сторон.

Для определения общего коэффициента светопропускания заполнения светопроема последовательно проводились измерения освещенности в модели внутри помещения с учетом заполнения светопроема и при выносе модели за светопроем помещения. Проводилось пять серий измерений для четырех различных точек на полу модели, расположенных по средней линии окна модели. Расстояния l_i рассчитывались по формуле (7). При $D=72$ см, $d^*=2,5$; $M=0,1$; $L_i=63, 100, 150, 200$ см, значения l_i получились соответственно = 11, 14,7, 19,7, 24,7 см.

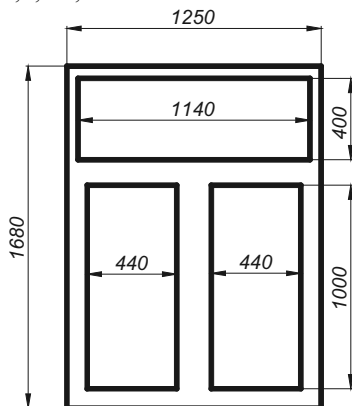


Рисунок 1. Схема заполнения светопроема, на котором проводились измерения.

СОДЕРЖАНИЕ

**БЛАГОПРИЯТНАЯ СРЕДА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И
СВЕТОВОЙ КОМФОРТ***Гулабянц Л.А.*

НОВЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ
ОТ РАДОНА 3

Земцов В.А., Гагарина Е.В., Коркин С.Н.

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО
КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ЗАПОЛНЕНИЙ
СВЕТОПРОЕМОВ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ 9

Цапалов А.А.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РАДОНОВОЙ
РАДИОАКТИВНОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ И ПРИНЦИП
КОНТРОЛЯ 15

Козлов В.А.

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЙ С ИЗБЫТОЧНЫМ
ДАВЛЕНИЕМ ВНУТРЕННЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПО
ОТНОШЕНИЮ К НАРУЖНОМУ ВОЗДУХУ 24

Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ
УФ РАДИАЦИИ ЧЕРЕЗ ОКОННЫЕ СТЕКЛА 30

Оншина А.С.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОВОЙ СРЕДЫ ТОРГОВЫХ ЗДАНИЙ..... 36

Пастушков П.П., Мехнецов И.А.

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМ
ОБОГРЕВА ПУТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ И ПРОЕЗДА
АВТОТРАНСПОРТА И ПОЛОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОБОГРЕВОМ 44

Фалалеева Н.А., Фалалеев А.Г.

ОБ ЭКОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ
БАЗЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ 52

Сокова С.Д.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ В
СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЗАКОНЧЕННЫХ
РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ КРОВЕЛЬ 59

Матвеев М. Ю., Сборщикова М.Н., Сборщиков С.Б.
РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА ЗА РУБЕЖОМ 68

Брянская Ю.В., Волынов М.А., Ляпин А.В., Маркова И.М.
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ РЕЧНЫХ ПОТОКОВ В
УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ 75

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

Карпенко Н.И., Карпенко С.Н.
К ПОСТРОЕНИЮ ОБЩЕЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ С УЧЕТОМ
ВЛИЯНИЯ МОМЕНТОВ 86

Киселев И.Я.
МЕТОД РАСЧЕТА РАВНОВЕСНОЙ СОРБЦИОННОЙ
ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 92

Ройфе В.С.
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ
ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 99

Ройфе В.С.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛАЖНОСТНОГО
СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 104

Колчунов В.И., Прасолов Н.О., Кожаринова Л.В.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ ПРИ ПОТЕРЕ
УСТОЙЧИВОСТИ ОТДЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА 109

Третьяков В.И., Богомолова Л.К., Гузова Э.С., Крупинина О.А.
МЕТОД ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ
АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
СОЛЯНОГО ТУМАНА 116

Козлов А.В.
К ВОПРОСУ О СООТВЕТСТВИИ КЛАССИФИКАЦИЙ ГОСТ 25100-
95 И ГОСТ 8736-93 ДЛЯ ПЕСКА ПО КРУПНОСТИ 123

Гурьев В.В., Светлаков М.В.
ТЕПЛОЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ
БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН, ИХ ОСОБЕННОСТИ И ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 128

<i>Бессонов И.В., Старостин А.В., Оськин В.М.</i> О ФОРМОСТАБИЛЬНОСТИ СТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО УТЕПЛИТЕЛЯ	134
<i>Андреанов А.А.</i> ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕЩИН НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	140
<i>Белогодов А.Ю., Карявкин А.В., Пантюхов Н.А., Тихомирнов. С.И.</i> НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКОН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗ ПВХ ПРОФИЛЕЙ RENAУ GENEО® В МОСКВЕ	143
<i>Капустин А.А.</i> НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ НЕ ЗАКРЫТЫХ ГИДРО- ВЕТРОЗАЩИТНЫМИ ПЛЕНКАМИ ПРИ ПЕРЕРЫВАХ МОНТАЖА НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ.....	148
<i>Пугач Е.М., Король О.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТРЕХСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СО СРЕДНИМ СЛОЕМ ИЗ БЕТОНА НИЗКОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОМ РЕЖИМЕ.....	154
<i>Мишина А.В., Чилин И.А., Андреанов А.А.</i> ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕРХВЫСОКОПРОЧНОГО СТАЛЕФИБРОБЕТОНА.....	159
<i>Сафин И. Ш., Куприянов В.Н.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ ПАРООБРАЗНОЙ ВЛАГОЙ ФРАГМЕНТОВ ОГРАЖДЕНИЙ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ	166
<i>Баженова С.И.</i> ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ БЕТОНЫ НА НАНОМОДИФИКАТОРАХ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	172
<i>Сморчков А.А., Орлов Д.А., Шевелев А.С., Кереб С.А., Ващенко И.А., Федосов Р.С., Сморчков Д.А.</i> НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ.....	176

<i>Пашкевич С.А., Голунов С.А., Пустовгар А.П.</i> МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРНЫХ ФАСАДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ	180
<i>Крыгина А.М., Мальцев П.В., Картамышев Н.В., Ильинов А.Г.</i> О ДОЛГОВЕЧНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ.....	185
<i>Жариков В.В., Езерский В.А., Кузнецова Н.В., Стерхов И.И.</i> УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	189
<i>Жабелов А.Ж.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА НА ЭФФЕКТИВНУЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КРУПНОЗЕРНИСТЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	195
<i>Ельчищева Т.Ф., Ельчищев М.М.</i> АНАЛИЗ СОСТАВА ВНУТРИПОРОВОГО ВЕЩЕСТВА ЗАСОЛЕННОГО СТЕНОВОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	199
<i>Антипов Д.В., Ярцев В.П., Умнова О.В.</i> ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕРЕВОКЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСЛЕ ФОТО- И ТЕРМОСТАРЕНИЯ	205
<i>Азжеуров О.В.</i> РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ.....	209
<i>Адамцевич А.О., Пашкевич С.А., Пустовгар А.П.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ.....	213
<i>Ступаков А.А., Разин П.Е.</i> СОСТОЯНИЕ БЕТОНА ПО НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОСТАНКИНСКОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ БАШНИ.....	218