

УДК 620.014.5:622.4

Н.М. Качурин, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, проректор,
(4872) 33-22-70, ecology@tsu.tula.ru (Россия, Тула, ТулГУ),

Г.В. Стась, канд. техн. наук, доц., (4872) 35-20-41, galina_stas@mail.ru
(Россия, Тула, ТулГУ),

Д.Ю. Титов, канд. техн. наук, доц., (4872) 35-20-41, tinov@mail.ru
(Россия, Тула, ТулГУ),

И.И. Агеев, инженер, (4872) 35-20-41, galina_stas@mail.ru
(Россия, Тула, ТулГУ)

ВЕНТИЛЯЦИЯ НАДШАХТНЫХ ЗДАНИЙ

Обоснованы зависимости выделения вредных газов в помещение надшахтных зданий различного типа в результате низкотемпературного окисления строительных материалов.

Ключевые слова: выделение вредных газов, определение количества воздуха, подземные камеры.

Строительные материалы, используемые при строительстве и отделке, характеризуются разнообразием состава и свойств и широким спектром использования. В связи с этим в течение последних лет разработке экологически рациональных технологий производства строительных материалов и эффективных методов оценки экологических последствий их использования уделяется пристальное внимание. Однако практика проектирования и эксплуатации систем вентиляции показывает, что до настоящего времени не прогнозируют возможные изменения газового состава в помещениях, обусловленные газообменом воздуха с веществом материалов стен и отделочных материалов.

С ростом использования отходов в производстве строительных материалов необходимо совершенствовать вопросы исследования экологической безопасности помещений, где будут использоваться те или иные материалы и строительные изделия. На современном этапе развития знаний по данному вопросу целесообразно рассмотреть виртуальные (не запрещенные законами термодинамики реагирующих сред) схемы химических реакций в строительных материалах и изделиях из отходов производства. Вероятность реализации той или иной схемы химических реакций определяется внешними условиями, но при этом разработка мероприятий по защите среды обитания людей от вредных воздействий является обязательной. В целом результаты исследований показывают, что в определенных условиях возможно образование газовых вредностей в строительных материалах и изделиях. При этом такие ситуации возможны как для материалов, полученных из отходов, так и для строительных изделий из традиционных (природных) материалов, которые принято считать безопасными по газовому фактору.

Исследования, выполненные методом электронной микроскопии, показали, что поровые каналы в строительных материалах и изделиях могут являться транспортными объемами при диффузионном переносе газов, так как их размеры приблизительно имеют тот же порядок, что и средние значения длин свободного пробега молекул, следовательно, возможны как кнудсеновская, так и фольмеровская виды диффузии (рис. 1). Поверхность, на которой может происходить данный массообменный процесс, весьма велика, поэтому хемосорбция кислорода приведет к возникновению тех или иных реакций, сопровождающихся выделением газовых примесей в обслуживаемую зону. В процессе химических реакций возможно также и изменение пористой структуры материалов. Обобщение результатов экспериментальных исследований строительных материалов по факторам газообмена с воздухом помещений позволили разработать классификацию строительных материалов, представленную в табл. 1.

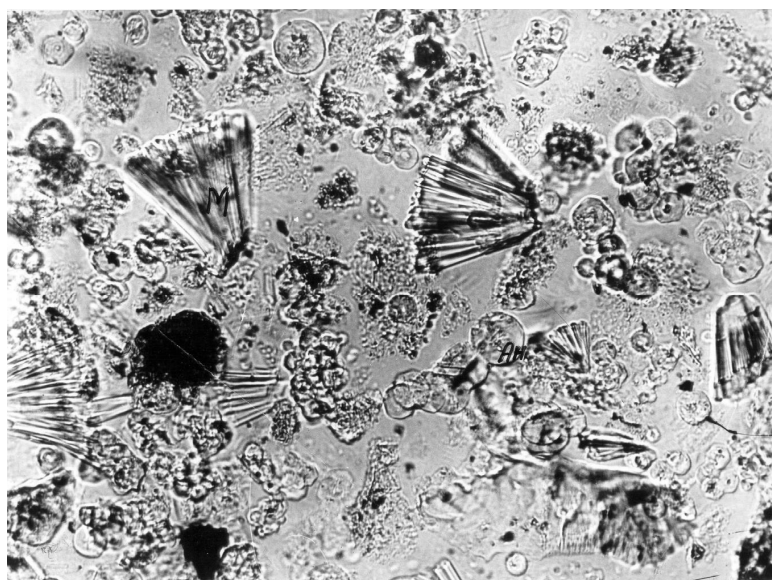


Рис. 1. Надмолекулярная структура отделочного материала

Результаты исследований диффузионного переноса газов в пористых сорбирующих средах показывают, что основная масса строительных материалов будет взаимодействовать с кислородом воздуха в режиме так называемого низкотемпературного окисления.

Процессы низкотемпературного окисления могут вызвать образование различных газов в пористой структуре вещества строительного материала. Образовавшиеся газообразные продукты реакции будут мигрировать в сторону меньшей концентрации, будет происходить выделение вредных газов в помещение в режиме диффузии.

Таблица 1

**Классификация строительных материалов по факторам
газообмена с воздухом помещений**

Группа строительных материалов, используемых при сооружении гражданских зданий	Вид используемых материалов	Теплоизоляционная характеристика λ , Вт/(м ⁰ С)	Степень поглощения кислорода	Вид выделяемых газов
I группа Керамические изделия	Стеновые изделия, облицовочные изделия, изделия для кровли	0,55...0,8	Высокая	-
II группа Бетоны	Тяжелый Легкий Ячеистый	1,16 0,35 0,2	Средняя	SO ₂ , SO ₃ , CO, H ₂ S
III группа Природные каменные материалы	Гранит Мрамор	2,8	Средняя	-
IV группа Искусственные каменные материалы	Материалы на основе гипса	0,3...0,7	Низкая	SO ₂ , SO ₃ , CO, H ₂ S
	Материалы на основе цемента	0,4...0,7	Средняя	SO ₂ , SO ₃ , CO, H ₂ S
	Материалы на основе извести (силикатные)	0,3...1,2	Средняя	SO ₂ , SO ₃ , CO, H ₂ S
	Асбестоцементные изделия	0,6...0,9	Низкая	SO ₂ , SO ₃ , CO, H ₂ S
V группа Древесные материалы	Сосна	0,17	Низкая	-
	Древесноволокнистая плита	0,06	Низкая	-

Расчетная схема к определению воздухообмена по фактору возможных выделений газообразных продуктов реакций в веществе строительных материалов и изделий представлена на рис. 2.

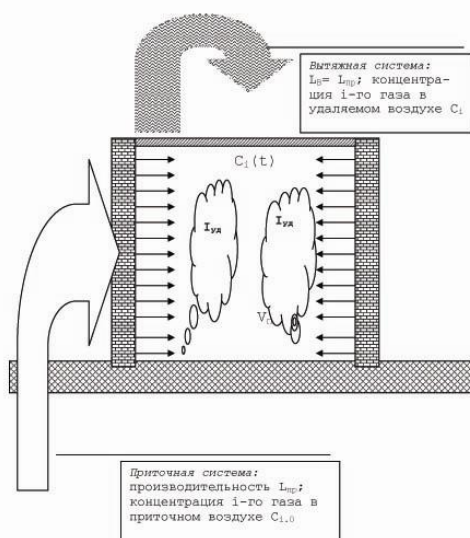


Рис. 2. Расчетная схема к определению воздухообмена в помещении по фактору выделения газов, образующихся за счет химических реакций

В данном случае применим метод интегральной газовой динамики и баланс массы i -го газа, поступающего в помещение, можно записать следующим образом:

$$V_{\pi} dC_i = \rho_i S_c I_{уд} (t) dt + C_{i.0} L_{пр} dt - C_i L_{пр} dt. \quad (1)$$

Объем i -го газа $I_{уд.i}$, поступающего в помещение из строительного материала через единичную площадь поверхности его контакта с воздухом, в соответствии с законом Фика определяется по формуле:

$$I_{уд.i} (t) = 2,257 \gamma q_i \sqrt{\frac{D_i t}{m}}, \quad (2)$$

где D_i – эффективный коэффициент диффузии i -го газа в строительном материале.

Зависимость (2) была использована для вычислительного эксперимента, результаты которого свидетельствует о том, что теоретическая динамика поля концентраций i -го газа в слое пористого сорбирующего материала может быть представлена в виде монотонно убывающих кривых, стремящихся с течением времени к стационарному распределению. Расчетные значения средней теоретической скорости газовой выделения с поверхности строительного изделия пропорциональны корню квадратному от времени процесса газообмена.

Решение уравнения газового баланса позволило представить динамику концентрации i -го C_i в следующем виде:

$$\frac{(C_i - C_{i.0}) V_{\pi} k_i^{1,5}}{\rho_i S_c B_i} = \int_0^{k_i t} J(u) du, \quad (3)$$

где $B_i = 2,257 \gamma q_i \sqrt{D_i m^{-1}}$; $k_i = L_{пр.i} / V_{\pi}$ – кратность воздухообмена по i -му газу, выделяющемуся в помещение; D_i и q_i – коэффициент диффузии и интенсивность выделения i -го газа.

Интеграл в формуле (3) можно аппроксимировать следующей зависимостью: $f(t) = a(k_i t)^b$, где a , b – коэффициенты аппроксимации. Так как длительность химической реакции будет равна некоторому значению $T_{х.р.}$, то в практических расчетах необходимо рассматривать значение $f(T_{х.р.})$. Следовательно, можно рассчитать кратность воздухообмена, по притоку используя соотношение (3). Расчетная формула для определения кратности воздухообмена по притоку, обеспечивающему предельно допустимую концентрацию по i -му газу, имеет вид

$$k_i = \left[\frac{V_{\pi} (ПДК_i - C_{i.0})}{a T_{х.р.}^b \rho_i S_c B_i} \right]^{\frac{1}{b-1,5}}. \quad (4)$$

Результаты расчета кратности воздухообмена по притоку для различных помещений по фактору выделения газов возможных

химических реакций в строительных материалах показали, что кратности воздухообмена по этому фактору составляют 1,5...4,1. Сравнение расчетных значений кратностей воздухообмена с нормативными кратностями показывает, что фактор возможных газовыделений может быть определяющим.

N. Kachurin, G. Stas, D. Titov, I. Ageev

Ventilation of mine constructions

Dependences of different hazard gases emission into rooms of mine constructions were based. These gases are the result of low-temperature oxidation of different building materials.

Key words: hazard gases emission, calculating quantity of air, underground cells.

Получено 22.09.10