

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРОВ В ЖИЛЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ ОБУЧЕНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ МЧС РОССИИ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описывается циклический алгоритм расчета температурного режима пожара в жилых и офисных помещениях. Производится сравнение линейного и циклического алгоритмов, аналитических и эмпирических методов оценки воздействия продуктов горения на строительные конструкции в ходе объемного пожара в ограждениях.

Ключевые слова: температурный режим пожара, пожарная нагрузка, пожар регулируемый нагрузкой, пожар регулируемый воздухообменом, эквивалентная продолжительность пожара

CALCULATION OF THE TEMPERATURE REGIME OF FIRES IN RESIDENTIAL AND OFFICE SPACES IN THE TRAINING OF SPECIALISTS OF FORENSIC EXPERT INSTITUTIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; T.A. Kuzmina.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article the cyclic algorithm of calculation of temperature condition of the fire in inhabited and office rooms is described. Comparison of linear and cyclic algorithms, analytical and empirical methods of an assessment of impact of products of burning on construction designs is made during the volume fire in protections.

Keywords: temperature condition of the fire, fire loading, the fire regulated by loading, the fire regulated by air exchange, equivalent duration of the fire

Изучение динамики пожара и его воздействия на строительные конструкции помещения позволяет говорить о пожаре как о явлении многофакторном. Следует выделить группу факторов, характеризующих конструкции (вид материала, теплофизические характеристики, критическая температура, прочностные свойства, геометрические характеристики), и группу факторов, определяющих условия горения (пожарная нагрузка, геометрические характеристики помещения, состояние окружающей среды). Изменение одного или нескольких факторов заметно влияет на развитие пожара. В одном и том же помещении может быть большое количество различных режимов пожара, отличающихся временем и интенсивностью развития, тепловым воздействием на ограждающие конструкции помещения. В связи с этим вводится понятие эквивалентной продолжительности пожара. Переход от продолжительности реального пожара к эквивалентной продолжительности пожара позволяет прогнозировать поведение строительных конструкций в условиях реальных пожаров.

Все эти обстоятельства обуславливают необходимость освоения методики моделирования теплового режима пожара в жилых и офисных помещениях в учебном процессе пожарно-технических вузов.

Такая методика представлена в приложении К «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения» ГОСТа Р 12.3.047–98 ССБТ [1],

однако предлагаемый алгоритм не в полной мере соответствует специфике учебного процесса при подготовке специалистов судебно-экспертных учреждений МЧС России:

- нахождение величины среднеобъемной температуры в ходе развития пожара основано на использовании эмпирических зависимостей, что ограничивает использование представленного алгоритма в широком диапазоне величин и видов пожарной нагрузки, а также условий воздухообмена;

- представленный алгоритм не предполагает получение временных зависимостей таких существенно важных для анализа пожара, как лучистые тепловые потери через проемы, высота нейтральной плоскости, расход продуктов горения и наружного воздуха через оконные и дверные проемы;

- линейная структура алгоритма существенно уменьшает трудоемкость расчета параметров температурного режима при пожаре в жилых и офисных помещениях, однако применение информационных технологий позволяет расширить область использования расчетных методов в судебной пожарно-технической экспертизе [2].

О характере пожара можно судить по совокупности большого числа его параметров: по площади пожара, по температуре пожара, скорости его распространения, интенсивности тепловыделения, интенсивности газообмена, скорости выгорания пожарной нагрузки, интенсивности задымления и плотности дыма и т.д. Обычно при исследовании сложных процессов и явлений выделяют первичные, определяющие параметры, и вторичные, то есть производные от них. Исследовать пожар в помещении на основе линейного алгоритма почти невозможно.

Во-первых, потому что практически невозможно определить, что в этой сложной совокупности процессов и явлений следует считать первичным, а что вторичным, производным (тепловыделение определяет газообмен или, наоборот, тепловыделение есть функция газообмена в зоне горения и т.д.).

Во-вторых, потому что многие параметры пожара становятся первичными или производными в зависимости от цели исследования, от позиции исследователя.

В-третьих, не всегда первичные, наиболее важные по своей физической сущности процессы, являются определяющими с точки зрения исследователя пожара.

Так, например, с точки зрения физической сущности процесса горения на пожаре интенсивность газообмена является одним из основных параметров. Но с точки зрения динамики пожара его можно почти не рассматривать. Можно рассматривать лишь его следствие – интенсификацию процесса горения, рост скорости распространения пожара и скорости выгорания пожарной нагрузки, а уже как итог – скорость роста температуры пожара и т.д. [3]. Поэтому в качестве основных параметров, изменяемых во времени, для изучения динамики пожара примем площадь пожара, температуру пожара и интенсивность задымления на пожаре, а в основу предлагаемого алгоритма положим уравнение теплового баланса на пожаре:

$$Q_{\Pi} = Q_{\PiГ} + Q_K + Q_{\text{л}} , \quad (1)$$

где Q_{Π} – тепло, выделяющееся на пожаре; $Q_{\text{л}}$ – тепло, содержащееся в продуктах горения; Q_K – тепло передаваемое из зоны горения конвекцией ограждениям; $Q_{\text{л}}$ – тепло, передаваемое из зоны горения излучением.

При расчете интегральных характеристик объемного пожара в жилых и офисных помещениях предполагается соблюдение следующих условий:

- пожарная нагрузка равномерно распределена по площади помещения;
- оконные проемы расположены на одном уровне и во время возникновения пожара открыты;
- отношение суммарной площади оконных проемов к площади пола в помещении не превышает 35 %;

– теплопроводящие свойства материала ограждающих конструкций и их толщина таковы, что за время пожара тепловой импульс не достигает необогреваемой поверхности, таким образом, ограждающие конструкции считаем полуограниченными телами [4].

Основное упрощение, позволившее составить критериальное уравнение теплового баланса внутреннего пожара и решить его, заключается в том, что нестационарный процесс тепловыделения и теплообмена, происходящий на реальном пожаре, представлен как квазистационарный (предполагается, что в небольшие промежутки времени площадь пожара, массовая скорость выгорания и условия газообмена остаются постоянными).

В зависимости от размеров помещения, характеристик режима воздухообмена, количества и вида пожарной нагрузки можно выделить два вида объемного пожара:

– пожар, регулируемый нагрузкой, когда в результате воздухообмена в зону горения поступает количество воздуха, превышающее необходимое для полного сгорания пожарной нагрузки;

– пожар, регулируемый условиями воздухообмена, когда в результате воздухообмена в зону горения поступает количество воздуха, недостаточное для полного сгорания пожарной нагрузки.

Порядок расчета температурного режима объемного пожара, регулируемого нагрузкой, аналогичен расчету пожара, регулируемого условиями воздухообмена, кроме определения величины тепловыделения.

Лучистые тепловые потери через оконные и дверные проемы в ограждающей поверхности жилого или офисного помещения определяется как:

$$Q_u = C_0 \varepsilon_{np} \left[\left(\frac{T_{fi}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (F_{окн} + F_{дв}),$$

где $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $\varepsilon_{np} = \varepsilon_{\phi} \varepsilon_w$ – приведенная степень черноты между излучающей поверхностью факела и теплопоглощающей поверхностью соседних ограждающих конструкций; ε_{ϕ} – степень черноты излучающей поверхности факела; ε_w – степень черноты теплопоглощающей поверхности соседних ограждающих конструкций.

После определения продолжительности пожара для каждого временного интервала (например, при шаге $\Delta t = 1$ мин) задается текущее значение температуры продуктов горения t_f , в первом приближении для этой температуры определяется значение тепловых потерь через ограждающие конструкции Q_k и тепловых потерь, передаваемых из зоны горения излучением Q_L . Таким образом, зная значение тепловыделения при данной пожарной нагрузке и условиях воздухообмена Q_p , из уравнения теплового баланса можно вычислить значение тепла, содержащегося в продуктах горения Q_r , что позволит вычислить значение температуры продуктов горения $t_{f,i+1}$ во втором приближении. При этом значение Q_r считаем численно равным разности полных энтальпий входящего и выходящего через оконные и дверные проемы газов (продуктов горения и воздуха):

$$Q_r = G_g c_g T_g + G_z c_z T_{f,i},$$

где расход воздуха через проемы:

$$G_b = 0,67B [2g\rho_b(\rho_b - \rho_r)]^{0,5} [(Y - H_n)^{1,5} - (Y - H_n)^{1,5}], \quad (1)$$

где B – ширина проема; ρ_b – плотность воздуха; ρ_r – плотность продуктов горения; H_n – высота нижней кромки проема.

Уравнение, аналогичное (1), используется для нахождения расхода продуктов горения G_r через проемы [5]. В этом случае значение Y , то есть высоты нейтральной плоскости, определяется по формуле:

$$Y = \frac{H_a - H_n}{1 + \sqrt[3]{\frac{T_f}{T_0}}}$$

Однако для нахождения величины тепловых потерь через ограждающие конструкции необходимо значение температуры на ее обогреваемой поверхности $t_{w,i}$, для чего организуется вложенный цикл приближений:

$$t_{w,i+1} = t_{w,i} + \frac{i \Delta \tau}{30 \rho \Delta y (\lambda + \beta t_{w,i})} [\alpha (t_{f,i} - t_{w,i})] + \frac{C (t_{f,i} - t_{w,i}) + 0,5 \beta (t_{f,i}^2 - t_{w,i}^2)}{\Delta y}$$

где Δy – толщина слоя ограждающей конструкции.

Программная реализация представленного алгоритма позволяет получать обучающимися в ходе анализа предлагаемых учебных задач результаты, которые вполне согласуются с экспериментальными данными, приведенными в [4, 5]. Из них следует, что по интенсивности газообмена, определяющей скорость роста и максимальное значение температуры пожаров, все помещения можно разделить на две группы.

Помещения, у которых отношение $F_{горения}/F_{пола} < 1/12$, относятся к помещениям с низкотемпературным режимом пожаров, то есть для этой группы помещений развитие процесса горения, а, следовательно, и интенсивности тепловыделения, сдерживают поступление воздуха как в объем самого помещения, так и в зону горения.

Помещения, у которых отношение $F_{горения}/F_{пола} > 1/12$, относятся к помещениям с высокотемпературным режимом пожаров, то есть в этих помещениях процесс горения развивается так же, как в условиях открытого пожара или близких к ним. При этом различие температур пожара в помещениях с низкотемпературным и высокотемпературным режимами в среднем составляет 200–250 °С.

Литература

1. ГОСТ Р 12.3.047–98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Приложение К: «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения». М.: Госстандарт России, 1998. С. 33–38.
2. Kondratyev S.F., Petrova N.V., Voroncova A.A., Kuzmina T.A. Application of informative technologies and calculative methods in the forensic normative expertise and in professional education of forensic experts / 4th International Scientific Conference on Safety Engineering and 14th International Conference on Fire and Explosion Protection. Republic of Serbia, Novi Sad, 2014. С. 110–118.
3. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров / под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова; пер. с англ. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.
4. Абросимов Ю.Г., Кошмаров Ю.А., Юн С.П. Моделирование температурного режима пожара в помещении // Пожарная опасность технологических процессов, зданий,

сооружений и профилактика пожаров: сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988. С. 130–135.

5. Абросимов Ю.Г., Кошмаров Ю.А. Исследование функций плоскости равных давлений на начальной стадии пожара // Организация, тактика и техника тушения пожаров на объектах народного хозяйства: сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988. С. 108–111.