

УДК 536.331

В.Р. Соболев, П.Н. Гоман

К ВОПРОСУ О ПАРАМЕТРАХ РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВА ПО МЕТОДОЛОГИИ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ

В работе проведен сравнительный анализ регламентированных техническими нормативными правовыми актами методов расчета радиационных потоков энергии от протяженных источников. Предписываемые выражения по определению углового коэффициента облученности сопоставляются с результатами строгого расчета от плоского теплового фронта при взаимной перпендикулярности плоскостей источника и облучаемой поверхности. Выявлены противоречивые данные в оценке теплового воздействия на горючий материал при использовании традиционных подходов, которые завышают значения потока энергии. Кроме практической ограниченности существующих методик рассмотрены технические аспекты вычислений в смысле их упрощения. Представлены рекомендации для прецизионного выявления пространственного распределения интенсивности потока от протяженного фронта пламени.

Введение

Оценка уровня облученности веществ и материалов радиационными потоками энергии при высокоинтенсивном нагреве протяженными источниками, в том числе и при пожарах, регламентируется документами, в которых представлены методики определения плотности лучистого потока в фиксированной точке в зависимости от расположения тепловыделяющего фронта и ориентации облучаемой области относительно него [1–4]. Сравнивая полученное значение потока с известной критической величиной, можно сделать вывод о степени опасности воздействия тепловой радиации при заданных условиях. В отношении существующих нормативных документов имеется ряд вопросов по корректности определения уровня радиационных потоков, создаваемых пространственными источниками. Основопологающим элементом методики является так называемый угловой коэффициент, который зависит от геометрических параметров задачи, включая размеры излучателя, положение облучаемого участка, их взаимную ориентацию.

Так, в техническом нормативном акте [1] приведено выражение по определению интенсивности теплового излучения при пожаре, но не конкретизируется форма факела пламени; представленное выражение для углового коэффициента постулируется как универсальное для всех типов фронта, что может внести значительные погрешности. Кроме того отсутствует возможность сканирования уровня облучения при смещении точки наблюдения вдоль источника, что весьма важно в ряде практических случаев. В другом документе [2] формирование лучистого потока от теплового излучателя представлено более детально, приведены выражения для расчета угловых коэффициентов, когда принимающая и излучающая поверхности параллельны, перпендикулярны и расположены под углом. Приведенная форма излучателя в виде плоскости позиционируется, как наиболее оптимальная, однако следует отметить, что представленный метод оценки весьма сложен для вычисления. С одной стороны, требуется разделение излучателя на составляющие фрагменты-прямоугольники, что приводит к дополнительным временным затратам при оценке эффективного углового коэффициента. С другой стороны, представленные методики расчета содержат непосредственные погрешности. В результате, возникает потребность в уточнении и согласовании существующих методов расчета угловых коэффициентов и определении наиболее оптимального способа выявления пространственного распределения интенсивности потока от протяженного фронта пламени.

В сообщении рекомендуются для практических оценок выражения из нормативных документов сопоставлены с результатами более строгого расчета коэффициента

облученности от плоского теплового фронта при взаимной перпендикулярности плоскостей источника и облучаемой поверхности.

Результаты сравнения и их анализ

Для сопоставления приближенных выражений для коэффициента облученности по [1; 2] с данными строгого расчета [5] использовано выражение для геометрического коэффициента вида (1), которое сформулировано для частного случая взаимно перпендикулярной ориентации фронта и облучаемой площадки. Ситуация адекватна условиям воздействия плоского фронта пламени на напочвенную возгораемую среду.

$$F = \frac{1}{2\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{x_2}{L} - \operatorname{arctg} \frac{x_1}{L} - \frac{L}{\sqrt{L^2 + h^2}} \left(\operatorname{arctg} \frac{x_2}{\sqrt{L^2 + h^2}} - \operatorname{arctg} \frac{x_1}{\sqrt{L^2 + h^2}} \right) \right]. \quad (1)$$

Как показывают результаты сопоставления коэффициента F , выявленного по [1], с расчетом (1), величины F в [1] превышают истинные значения для всего диапазона высот теплового фронта h . Коэффициент F имеет тенденцию быстрого роста даже при высоте излучателя 5 м, в то время как кривые 2 и 3 выходят на насыщение (рисунок 1). Выражение для F из [1] избыточно завышено, что приводит к необоснованному увеличению параметров противопожарных барьеров и, как следствие, излишнему отчуждению из оборота территорий, если речь идет о лесных угодьях. Полученные по техническому кодексу [2] результаты близки к данным расчета (1), особенно при высоте излучателя более 4 м. Однако на меньших высотах также наблюдаются завышенные оценки углового коэффициента с достигаемой разбежкой в 2,5 раза на расстоянии 1 м от фронта. Отношение результатов расчетов по [1] и [2] для высоты огня 5 м составляет 2,6 раза, что подтверждает тезис о несогласованности действующих подходов в оценке безопасных расстояний.

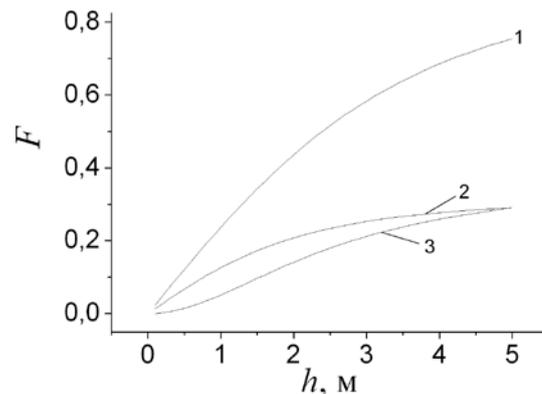


Рисунок 1 – Зависимость углового коэффициента облученности от высоты излучателя шириной 10 м в точке напротив середины основания фронта при удалении 2 м

1, 2, 3 – расчет по [1], [2], (1) соответственно

На рисунке 2 представлено влияние удаления точки наблюдения на уровень облученности. Как и ожидалось, с увеличением расстояния воздействие тепловой энергии постепенно снижается. Кривая 1, отражающая расчет по [1], как и ранее явно отличается от остальных в сторону увеличения F . Кривые 2 и 3 более близки во всем интервале расстояний с несколько выраженным отличием в середине диапазона при удаленности около 2–3 м. В частности, увеличение расстояния с 0,1 м до 5 м приводит к уменьше-

нию углового коэффициента в 8 раз по [2], в то время как по точным расчетам ослабление потока выражено сильнее, он уменьшается в 16 раз. Отношение коэффициента F для [2] и [1] к коэффициенту F из (1) в точке удаленной на 5 м от источника составляет 100 и 450 % соответственно. Расчеты по действующим стандартам между собой отличаются в 2,7 раза.

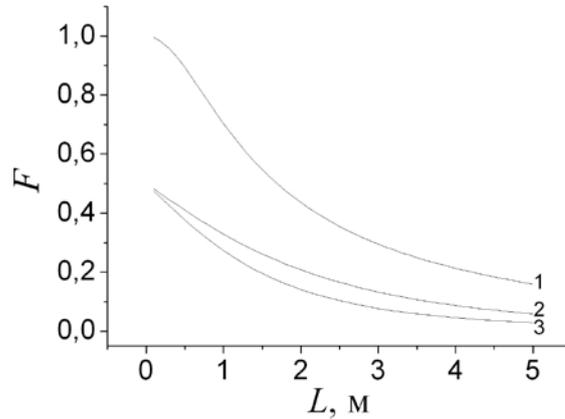


Рисунок 2 – Коэффициент F в функции расстояния до излучателя шириной 10 м напротив середины основания источника высотой 2 м
 1, 2, 3 – расчет по [1], [2], (1) соответственно

Как отмечалось ранее, приведенное в [1] выражение не позволяет оценить угловой коэффициент для точек, смещенных от середины основания излучателя. На рисунке 3 представлены значения коэффициента облученности в точке, лежащей напротив края теплового фронта шириной до 10 м. Как можно видеть, при незначительной ширине излучателя значения углового коэффициента близки. Однако с увеличением ширины сверх 2 м наблюдается тенденция к расхождению результатов расчета со значительным увеличением по [2] в то время, как точная кривая выходит на насыщение. В частности, для высоты фронта 2 м и удалении от источника равном 2 м отношение коэффициентов по существующему кодексу к точному расчету для края фронта шириной 10 м составляет 1,6 раза.

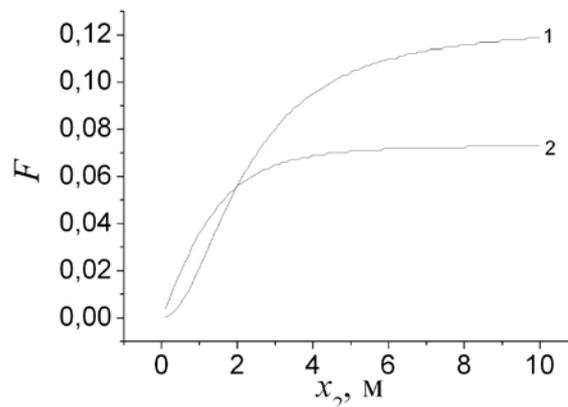


Рисунок 3 – Влияние ширины теплового фронта на коэффициент F на краю излучателя высотой 2 м при удаленности 2 м
 1, 2 – расчет по [2], (1) соответственно

Заклучение

Таким образом, действующие стандарты приводят в ряде случаев к противоречивым результатам. Более предпочтительным способом оценок является европейский подход [2], который при определенной сложности позволяет выявлять плотность потока по пространству. Однако приведенные в этом техническом кодексе рекомендации по расчету углового коэффициента облученности требуют корректировки в сторону уменьшения получаемых значений, а также облегчения самой процедуры вычислений, что будет благоприятствовать оперативности оценок. В этой связи видится целесообразным применение выражения (1) особенно для ситуаций, связанных с образованием тепловых фронтов высотой порядка 3 м, где различие данных по [2] и (1) ярче выражено, что отвечает наиболее распространенному режиму горения напочвенного материала леса, сельскохозяйственных угодий.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, проект № Ф11М-005 «Аналитическая и численная аппроксимация пространственного распределения и воздействия потоков лучистой энергии для конечных по размерам протяженных тепловых источников, в том числе фронта пламени плоской и цилиндрической формы», а также в рамках ГПНИ «Функциональные и машиностроительные материалы и технологии» (задание 1.14 «Разработка методов синтеза новых материалов», раздел «Выявление топологии лучистого потока и его воздействия на окружающую среду применительно к повышению эффективности тепловой зоны реактора при синтезе по методу твердых фаз») и ГПНИ «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. Снижение рисков чрезвычайных ситуаций», задание 2.1.04 «Разработать и создать макетный образец системы, методiku и программный комплекс для дистанционного обнаружения и мониторинга пожаров со стационарных пунктов и подвижных носителей».

Обозначения: F – угловой коэффициент облученности; h – высота излучающей поверхности, м; L – расстояние от теплового фронта до точки наблюдения, м; x_2, x_1 – координаты, ограничивающие ширину излучающей поверхности и задающие смещение точки наблюдения вдоль излучателя, м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования: СТБ 11.05.03–2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск : НИИ ПБиЧС МЧС Респ. Беларусь, 2010. – 76 с.
2. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости. ТКП EN 1991-1-2–2009. – Введ. 10.12.2009. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2009. – 42 с.
3. Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий: ТКП 45-2.02-242–2011. – Введ. 26.08.2011. – Минск : ТКС 03 при РУП «Стройтехнорм», 2011. – 39 с.
4. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004–1991. – Введ. 01.07.1992. – М : МВД СССР, Минхимпром СССР, 1991. – 78 с.
5. Соболев, В.Р. О влиянии формы протяженного теплового источника на плотность лучистого потока энергии / В.Р. Соболев, П.Н. Гоман, В.И. Янчук //

Весті БДПУ. Сер. III. Фізика. Математика. Інфарматика. Біялогія. Географія. – 2010. – № 4. – С. 3–9.

V.R. Sobol, P.N. Goman. Parameters of Radiation Heating According to the Methodology of Regulatory Documents

A comparative analysis of the methods of calculation of radiation energy fluxes of extended sources on the basis of regulatory technical documents has been carried out. Prescribed expressions to determine the slope of the irradiance are compared with the results of a rigorous calculation of the heat of flat front with mutually perpendicular planes of source and irradiated surface. Conflicting data in the evaluation of heating effects on combustible material using traditional approaches have been revealed, which overestimate the values of energy flow. Besides practical limitation of existing techniques, technical aspects of computing in terms of their simplification are discussed. Recommendations are given for precise identification of the spatial distribution of flux intensity from an extended flame front.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 10.07.2012