

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

С.Ю. Рагимов

(рекомендовано докт. техн. наук Е.В. Бодянским)

В работе строго сформулированы задачи о рациональных характеристиках огнезащитных покрытий в зданиях и сооружениях. Показана возможность оформления результатов в виде таблиц, которыми может пользоваться РПП непосредственно в условиях пожара.

В условиях пожара весьма важным является определение времени, в течение которого "работают" легкие металлические конструкции (ЛМК), покрытые огнезащитным покрытием. В дальнейшем период времени от начала пожара до конца "работы" ЛМК будем называть периодом безопасности t_b .

Существуют нормативные документы и научные разработки, в которых указывается время "работы" ЛМК в условиях пожара. Однако анализ архитектурных особенностей зданий показывает, что иногда они не дают точного ответа на вопрос о значении периода безопасности. Поэтому естественно выполнить расчет взаимодействия элементов системы "ЛМК-ОП-П" (легкая металлическая конструкция-огнезащитное покрытие - пожар) для пожара в конкретных зданиях и на основании результатов расчета оценить период безопасности и пути его увеличения.

Сформулируем вопросы, на которые необходимо ответить для определения периода безопасности t_b и оценки возможностей его увеличения для конкретного здания и сооружения.

1. Каково значения t_b первоначально, т.е. с той защитой ЛМК, которая есть в действительности?

2. Достаточно ли такого значения t_b для эвакуации людей и материальных ценностей из помещения, а также для обеспечения действий работников пожарной охраны по тушению пожара?

3. Насколько обоснован выбор ОП, нет ли лучших вариантов?

4. Какова зависимость t_b от толщины нанесения покрытия?

Ответы на вопросы 1 и 2 относятся к анализу особенностей здания. Ответы на вопросы 3 и 4 показывают, каким образом можно увеличить период безопасности. Соответственно ответ на вопросы 1 и 2 представляет собой решение задачи анализа, 3 и 4 - решение задачи

нелинейного программирования с ограничениями.

Рассмотрим общую постановку определения t_6 и путей его увеличения для здания или сооружения.

Задача анализа элементов системы "ЛМК- ОП- П" для здания (задача А). Для расчета реального значения периода безопасности воспользуемся алгоритмом решения задачи о взаимодействии элементов "ЛМК-ОП-П" [2].

Математическая модель пожара [1] даст возможность рассчитать значения температуры газовой фазы в различных точках помещения в зависимости от времени. Для оценки снизу периода безопасности рассчитаем время, в течение которого температура всех элементов ЛМК в помещении будет ниже критической T^* (значение температуры, соответствующее пределу прочности ЛМК).

Последовательно решая задачу расчета системы "ЛМК- ОП- П" для различных толщин покрытий, получаем

$$T_n = T_n(t, X, Y, Z). \quad (1)$$

Для определения t_6 воспользуемся соотношением

$$\max (T_n(t_6, X, Y, Z)) = T^*. \quad (2)$$

Задача о рациональном использовании ОП может быть сформулирована, как задача нелинейного программирования с ограничениями (задача Б). В качестве целевой функции выберем величину t_6 , определяемую соотношением (2). Аргументами функции являются: L - вид покрытия (аргумент принимает дискретные значения), $L=1, 2, \dots$ соответствует различным видам покрытий, каждому из которых приписан свой номер; δ - толщина слоя нанесения покрытия.

Таким образом, задачу можно сформулировать следующим образом. Найти

$$\max t_6(L, \delta), \quad (3)$$

при условиях, что

$$L = 1, 2, \dots, L_0; 0 < \delta < \delta_0. \quad (4)$$

Здесь δ_0 - максимальное значение толщины покрытия, возможное для имеющейся технологии его нанесения на поверхность ЛМК. В отношении последней переменной сделаем важное замечание. В принципе очевидно, что при большей толщине покрытия достигается больший период безопасности. Тем не менее, необходимо знать зависимость периода безопасности от δ , т.к. может оказаться нецелесообразным увеличение периода безопасности за счет увеличения толщины покрытия в случае, если t_6 достаточно велико, и необходимые работы по спасанию людей и тушению пожара можно успеть провести при небольшом значении δ . Задача поиска толщины нанесения и вида покрытия в случае, когда задан период безопасности (в дальнейшем - задача В). В практической работе пожарной охраны при разработке рекомендаций по нанесению покрытий важным является вопрос о том, каким образом выбрать ОП и технологию его нанесения (в частности, толщину слоя ОП), чтобы достичь требуемого значения периода безопасности t_6 . Математически данная задача может быть сформулирована следующим образом. Необходимо решить нелинейное уравнение вида

$$t_6 = t_6(L, \delta) \quad (5)$$

относительно δ . В результате получим $\delta_1, \delta_2, \dots$ для различных значений L , т.е. для разных видов покрытий. Результаты расчетов следует оформить в виде таблиц и номограмм, которые должны давать возможность быстро ответить на следующие вопросы: каково значение периода безопасности t_6 ? (задача А); каково максимальное значение периода безопасности? (задача Б); если известно значение периода безопасности, то какие необходимы огнестойкие покрытия и какая толщина их нанесения? (задача В). Таблицы и номограммы необходимо строить для помещений прямоугольной в плане формы (переход к форме, близкой к цилиндрической и полусферической, не представляет трудности). Рассмотрим произвольное помещение прямоугольной в плане формы. Внесем некоторые упрощающие предположения, имея в виду, что при расчетах необходимо оценить значение периода безопасности снизу. При расчете развития пожара пренебрежем теплообменом через стены, пол и потолок. Очевидно, что расчетная температура внутри здания в рассматриваемом случае будет больше действительной. ЛМК считаем расположенными под потолком или - в рамках зонной модели - в "горячей" зоне пожара. Последнее

предположение не является обязательным и связано лишь с ограниченным объемом данной работы. В дальнейшем автор планирует распространить методику составления таблиц и номограмм на случаи произвольного расположения структуры ЛМК в помещении.

В рамках сделанных предположений в качестве входных данных для реализации алгоритма [1] необходимо задать следующие величины: пожарная нагрузка в помещении (кДж/м^2); длина, ширина и высота помещения (m) (X , Y , Z); вид и толщина нанесения покрытия (mm); значение критической температуры для данных ЛМК $T_{\text{ЛМК}}$. Для расчетов развития пожара использовался пакет CFAST [1]; модель работы ОП - упрощенная или уточненная [2]. При разработке таблиц и номограмм необходимо учесть, что период безопасности для помещения, вид покрытия для которого задан, даже с учетом сделанных упрощающих предположений, зависит от 5 переменных: пожарной нагрузки, длины, ширины, высоты помещения, толщины нанесения слоя ОП.

Таблица составляется для здания с известными геометрическими размерами. Автор планирует составить подобные таблицы для набора зданий города Харькова, пожар в которых может привести к большому экономическому ущербу или потерям человеческих жизней. Предлагаемая работа, несомненно, является актуальной, т.к. предложенный порядок оформления результатов позволяет РПТ непосредственно в условиях пожара определить значение периода безопасности, а также заранее рассчитать рациональное значение толщины огнезащитного покрытия. Новизна работы состоит, в первую очередь, в том, что на основе существующих методик расчета характеристик пожара в помещении сформулированы задачи об оптимальных характеристиках работы огнезащитных покрытий. Кроме того, показана возможность оформления результатов расчетов в таком виде, чтобы их можно было использовать непосредственно в условиях пожара для быстрого получения результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Richard D. Peacock, Glenn P. Forney, Paul Reneke, Rebecca Portier, Walter W. Jones CFAST, the consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport //Nist Technical Note 1299.- Gaithesburg (USA).- 1993.- 235 p.

2 Рагимов С.Ю. Методика расчета влияния пожара на легкие металлические конструкции, защищенные вспучивающимися огнестойкими покрытиями// Проблемы пожарной безопасности :Сб. научн. тр. Вып.2.- Харьков: ХИПБ, 1977. - С. 130-134.