

# 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  $t_6$ .

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  $t_6$  и оценки возможностей его увеличения для конкретного здания и сооружения.

1. Каково значения  $t_6$  первоначально, т.е. с той защитой ЛМК, которая есть в действительности?
2. Достаточно ли такого значения  $t_6$  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  $t_6$  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] дает 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, ... соответствует различным видам покрытий, каждому из которых приспан свой номер;  $\delta$  - толщина слоя нанесения покрытия.

Таким образом, задачу можно сформулировать следующим образом Найти

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

при условиях, что

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

Здесь  $\delta_c$  - 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  $\delta$ , т.к. может оказаться нецелесообразным увеличение периода безопасности за счет увеличения толщины покрытия в случае, если  $t_0$  достаточно велико, и необходимые работы по спасанию людей и тушению пожара можно успеть провести при небольшом значении  $\delta$ . 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  $t_0$ . Математически данная задача может быть сформулирована следующим образом. Необходимо решить нелинейное уравнение вида

$$t_0 = t_0(L, \delta) \quad (5)$$

относительно  $\delta$ . 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  $t_0$ ? (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 случай 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 ( $\text{кДж/м}^2$ ); 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 РПН 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 Porter, Walter W. Jones. CFAST, the consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport // Nist Technical Note 1299. - Gaithersburg (USA). - 1993 - 235 p.
- 2 Рагимов С.Ю. Методика расчета влияния пожара на легковозгораемые металлические конструкции, защищенные вспучивающимися огнестойкими покрытиями // Проблемы пожарной безопасности. Научн. тр. Вып. 2 - Харьков: ХИИБ, 1977 - С. 130-134.