

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

При возведении высотных железобетонных зданий одним из путей повышения их прочности является максимальное облегчение конструктивных элементов. Уменьшить их вес без снижения прочности возможно только за счет уменьшения толщины защитного слоя бетона.

В то же время для высотных зданий как объектов повышенной пожарной опасности необходимо обеспечить I степень огнестойкости. При уменьшении толщины защитного слоя бетона изгибаемого элемента сохранить необходимый предел огнестойкости можно за счет специальных огнезащитных покрытий, имеющих существенно меньшую плотность, чем бетон. Таковыми могут служить керамзитобетонная штукатурка ($1000 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$), покрытия ОФП-ММ ($300 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$), Сотерм-М1 ($370 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$), и др. [1]. При использовании для железобетонных плит перекрытия бетона класса В-20 на известковом заполнителе уменьшение толщины защитного слоя бетона на 1 см дает удельный выигрыш в весе от 10 до $20 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$.

Согласно ДБН В.1.1-7-2002 в зданиях I степени огнестойкости необходимо обеспечить предел огнестойкости железобетонных плит перекрытия не менее 60 мин. Однако, мировой опыт показывает, что в высотных зданиях желательнее повысить это значение в 2-4 раза [1]. Уменьшение толщины защитного слоя бетона плиты перекрытия значительно уменьшит ее предел огнестойкости. Поэтому необходимо оценить толщину огнезащитного покрытия, способного обеспечить требуемый предел огнестойкости железобетонных плит перекрытия при уменьшении в них толщины защитного слоя бетона.

Воспользовавшись уравнением теплопроводности Фурье для описания одномерного температурного поля и выполнив отдельно некоторые преобразования получим [1]:

для слоя огнезащитного покрытия:

$$\operatorname{erf} \frac{\sqrt{a_p + p}}{2\sqrt{a_p \tau_p}} = \operatorname{erf} X_p = \frac{t_l - t_{pb}}{t_l - t_0} \quad (1)$$

и для бетона:

$$\operatorname{erf} \frac{k\sqrt{a_b + \delta}}{2\sqrt{a_b \tau_b}} = \operatorname{erf} X_b = \frac{t_{pb} - t_{crS}}{t_{pb} - t_0} \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности; ρ – плотность; C – коэффициент теплоемкости; ∇^2 – оператор Лапласа; k – коэффициент плотности бетона; a_b , a_p – коэффициенты температуропроводности; p – толщина покрытия; δ – толщина защитного слоя бетона; t_l – температура стандартного пожара; t_0 – начальная температура; t_{pb} – температура на границе раздела покрытия и бетона; t_{crS} – критическая температура арматуры.

Точное решение задачи аналитически осложняется тем, что для описания теплообмена двухслойной системы "покрытие-бетон" трудно заменить граничные условия III и IV рода граничными условиями I рода. Количество неизвестных превышает количество уравнений, поэтому решение задачи предложено в приближенном виде.

Расчеты показали, что, предел огнестойкости железобетонных плит перекрытия при уменьшении защитного слоя до 1 см меньше требуемого и его следует повысить.

Пределы огнестойкости, которые способны обеспечить огнезащитные покрытия приведены в табл. 1. Они превышают нормативные значения, но меньше желаемого (120

мин). Однако, толщина защитного слоя бетона плиты также дает существенный вклад в суммарный предел огнестойкости. Время прогрева защитного слоя бетона до критической температуры в зависимости от температуры, достигнутой на границе раздела покрытия и бетона, показано в табл. 2.

Таблица 1 – Характеристики огнезащитных покрытий

| № | Характеристики | Сотерм-М1 | ОФП-ММ | Керамзитобетонная штукатурка |
|---|---|-----------|---------|------------------------------|
| 1 | Плотность, ρ_p , кг·м ⁻³ | 370 | 300 | 1000 |
| 2 | Коэффициент теплопроводности, λ_p , ккал·(м·ч·гр) ⁻¹ | 0,095 | 0,086 | 0,243 |
| 3 | Коэффициент теплоемкости, C_p , ккал·(кг·гр) ⁻¹ | 0,26 | 0,33 | 0,24 |
| 4 | Коэффициент температуропроводности, a_p , м ² ·ч ⁻¹ | 0,00099 | 0,00087 | 0,001 |
| 5 | Предел огнестойкости при $p = 1$ см, τ_{p1} , ч | 1,17 | 1,21 | 1,17 |
| 6 | Предел огнестойкости при $p = 2$ см, τ_{p2} , ч | 1,81 | 1,91 | 1,8 |

Таблица 2 – Время прогрева защитного слоя бетона до критической температуры

| Температура на границе раздела покрытия и бетона, t_{pb} , °C | Функция ошибок Гаусса, $erf X_b$ | Время прогрева защитного слоя до критической температуры, τ_b , ч |
|---|----------------------------------|--|
| 700 | 0,294 | 2,79 |
| 800 | 0,356 | 1,56 |
| 900 | 0,454 | 1,04 |
| 1000 | 0,51 | 0,91 |

Таким образом, показано, что применение в высотных зданиях железобетонных плит перекрытия с уменьшенным защитным слоем бетона до 1 см и покрытием огнезащитным материалом 2 см с одной стороны позволяет снизить вес конструкций, а с другой – повышает предел огнестойкости до 180 минут и более. К сказанному следует добавить, что приведенные данные являются приближенными и нуждаются в экспериментальной проверке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко А.В. Оценка предела огнестойкости железобетонных плит перекрытия с огнезащитным покрытием / Васильченко А.В. – Сб. науч. трудов УГЗ Украины «Проблемы пожарной безопасности». – Вып.27.– Харьков: УГЗУ, 2010. – С. 45-48.

A.V. Vasilchenko, candidate of technical sciences, docent, NUCD Ukraine

O.V. Kavera, kadet, NUCD Ukraine

THE POSSIBILITY OF FIRE-RESISTANCE INCREASING FOR REINFORCED-CONCRETE PLATES OF FLOOR OF HEIGHTS BUILDINGS

Possibility of application in heights buildings of reinforced-concrete plates of floor with the diminished protective layer of concrete of to 1 cm and coverage by fireproof material 1...2 cm is demonstrated. It allows to reduce weight of constructions and to promote their limit of fire-resistance from 120 to 180 minutes.