

УДК 699.814

РЕЗУЛЬТАТЫ ОГНЕВОГО ИСПЫТАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЖНЕВЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЕФОРМАЦИИ

Полева И.И., к. т. н., доцент, Зайнудинова Н.В.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: mail@kii.gov.by

Представлены результаты огневого испытания на огнестойкость железобетонной конструкции с использованием стержневых волоконно-оптических датчиков для снятия деформаций (СВОДД).

Results of fire test of reinforced concrete structure with using fiber-optical sensor of the deformation are presented. The ways of fiber-optical sensors protection at fire test are proposed.

(Поступила в редакцию 4 июля 2011 г.)

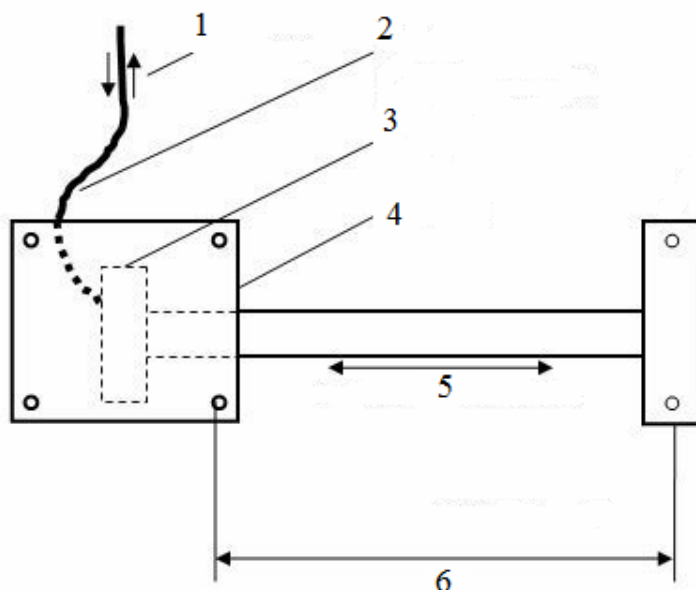
Предел огнестойкости является одним из основных классификационных параметров, определяющих область применения строительных конструкций. В настоящее время для определения пределов огнестойкости используются как расчетные методы, так и испытания. Однако применение расчетных методов не всегда дает достоверный результат для конструкций из материалов, которым характерно хрупкое разрушение, в частности бетона. Несмотря на большое количество исследований в этой области, определить последствия данного явления с привязкой ко времени не представляется возможным [1]. При этом требуется доработка и методов испытания строительных конструкций на огнестойкость. Так для конструкций со сложной схемой опирания не всегда достаточно фиксации только тех параметров, которые устанавливаются стандартами на испытание [2–4]. Часто для анализа процессов, происходящих при высокотемпературном нагреве, возникает необходимость фиксации деформаций сжатых зон конструкции.

Применение систем контроля состояния строительных конструкций при нормальных температурных условиях, включающих датчики деформаций, регламентируют положения ряда нормативных правовых актов: МРДС 02-08, МГСН 4.19-2005, МГСН 2.07-97, ГОСТ Р 53778 – 2010, ГОСТ Р 22.1.12–2005, в Беларуси – ТКП 45-3.02-108-2008 [5-10]. Вместе с тем, использование общепринятых датчиков деформации для оценки состояния конструкции при высокотемпературном нагреве детально не исследовано. При этом опыт использования данных датчиков при нормальных условиях не позволяет оценить возможность их применения при испытаниях конструкций на огнестойкость.

В Республике Беларусь для организации мониторинга строительных сооружений наибольшее распространение получили системы контроля технического состояния строительной конструкции на базе СВОДД. Конструктивная схема датчика представлена на рис. 1.

Технические характеристики датчика:

- диапазон измеряемой относительной деформации, % $0 \dots 2 \cdot 10^{-2}$;
- погрешность измерения, % 1,5;
- порог чувствительности 10 мк;
- удаленность объекта контроля, м ≤ 3000 ;
- температура эксплуатации, °С $-30 \dots +80$;
- влажность при эксплуатации, % $0 \dots 100$;
- срок службы, лет ≥ 10 ;
- диапазон измерительной базы, м $0,1 \dots 1,0$.



1 – световой импульс; 2 – оптический кабель; 3 – чувствительный элемент;
4 – корпус датчика; 5 – перемещение штока; 6 – измеряемая база

Рисунок 1 – Конструктивная схема СВООД

При проведении испытания по оценке работы конструкций в условиях огневого воздействия возможно механическое повреждение датчиков, влияние на них высоких температур и повышенной влажности. Для обеспечения предотвращения воздействия опасных факторов на системы измерения разработан комплекс мероприятий, включающий в себя требования по размещению датчиков, их защите от механических повреждений, обеспечению надежного крепления их, изоляции оптического кабеля от температурных воздействий.

Предложенный комплекс мер реализован при проведении эксперимента, сущность которого заключалась в применении СВООД для оценки поведения железобетонной конструкции при стандартном огневом испытании. Испытания проведены по методике ГОСТ 30247.1 [11]. В качестве стендового оборудования использована испытательная печь учреждения «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь. Для испытания изготовлены плиты с геометрическими характеристиками, определенными исходя из параметров огневой печи, длина – 3260 мм (расчетная длина $l = 2000$ мм), ширина – 1180 мм, высота – 120 мм. Толщина плит принята минимальной для обеспечения максимального прогрева. Класс бетона С25/30. Плиты армированы сварными сетками (С 33-1, С 33-2), арматурой класса S500. Расстояние до оси продольной арматуры принято минимально возможным по нормам и выдержано в пределах 25 ± 3 мм. Нижняя сетка С 33-1 состоит из 12 стержней $\varnothing 8$ S500, 18 стержней $\varnothing 5$ S500, верхняя сетка С 33-2 состоит из 6 стержней $\varnothing 4$ S500 и 17 стержней $\varnothing 5$ S500, плоские каркасы $\varnothing 4$ S500 по СТБ 1704 [12].

Для измерения прогиба плиты применялась система «теодолит – мерная лента». В месте предполагаемого максимального прогиба (боковой край плиты без опирания – среднее сечение) устанавливался штатив с мерной линейкой, к мерной ленте был прикреплен груз для исключения ее колебания. Для измерения деформаций плиты использовались СВООД, расположенные на высоте 40 мм от необогреваемой поверхности плиты по схеме, приведенной на рис. 2.

К испытательным образцам приложена постоянная равномерно распределенная нагрузка 760 кг/м^2 . В качестве груза использовались железобетонные блоки $1170 \times 400 \times 580$ и $880 \times 300 \times 580$ мм, боковые края плиты не ограничивались [13]. Для замера температуры на необогреваемой поверхности бетона использованы хромель-алюминиевые термопары. Установка ТЭП на образце осуществлялась методом зачеканивания в количестве 2 штук в среднем сечении образца. Способ расстановки ТЭП представлен на рис. 3.

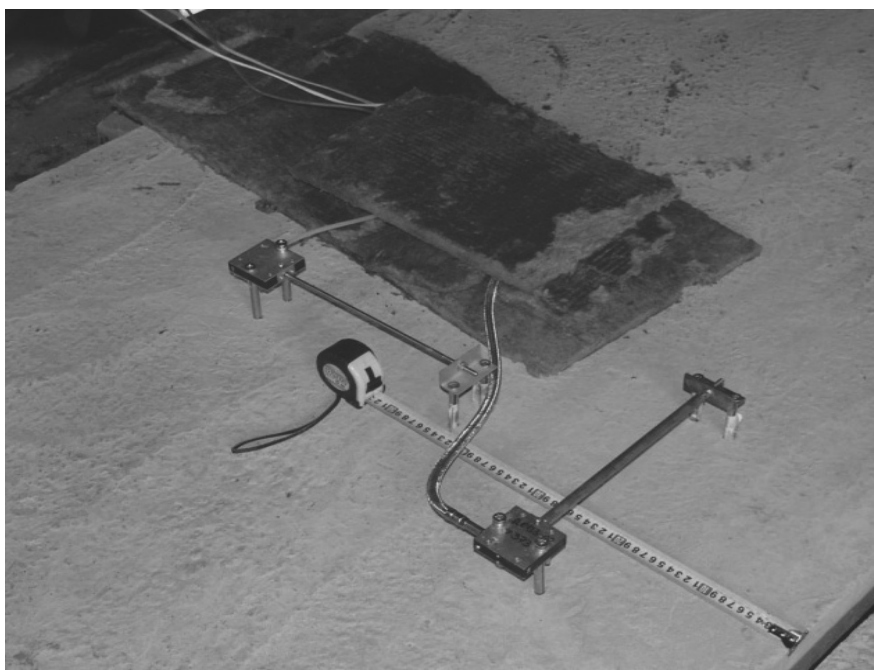


Рисунок 2 – Схема расстановки СВОДД

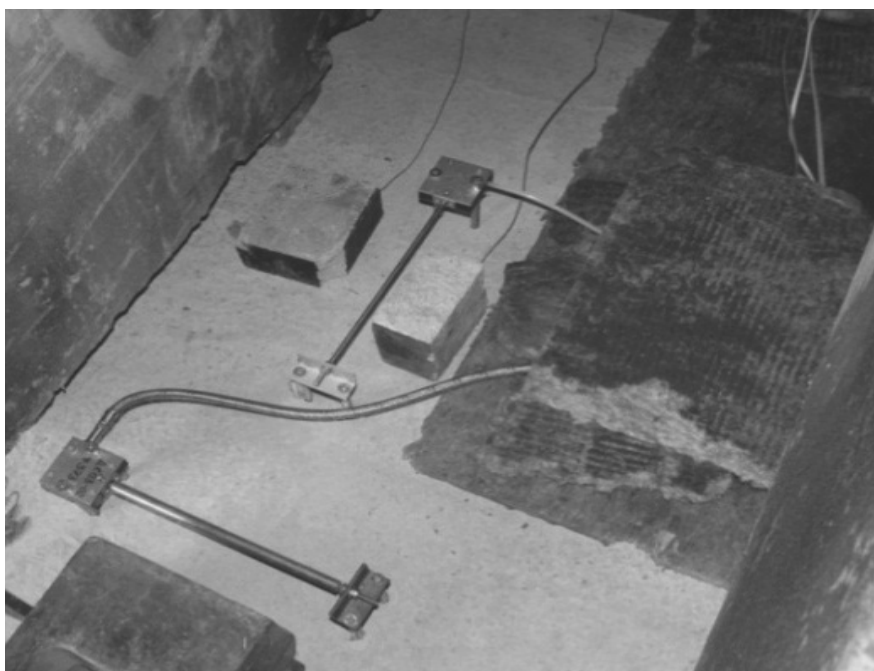


Рисунок 3 – Схема расстановки ТЭП

Огневые испытания проводились в закрытом помещении при температуре окружающей среды $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$. В процессе испытания в печи создан стандартный температурный режим с точностью до 7% [14]. Статистическая обработка результатов измерений проводилась по методике ГОСТ 8.207 [15]. На протяжении огневого испытания поведение конструкции было стабильное, показания датчиков без скачков (рис. 4).

Наблюдалось плавное увеличение прогиба без хрупкого разрушения бетона и отколов. На 49 мин огневое воздействие прекращено, при этом датчики продолжали фиксировать деформации плиты. После окончания огневого испытания наблюдалось уменьшение прогиба и деформаций строительной конструкции (рис. 5, 6). Плита в нагруженном состоянии остывала естественным путем вместе с печью до нормальной температуры. В остывшем состоянии плиту разгрузили.



Рисунок 4 – Проведение испытания

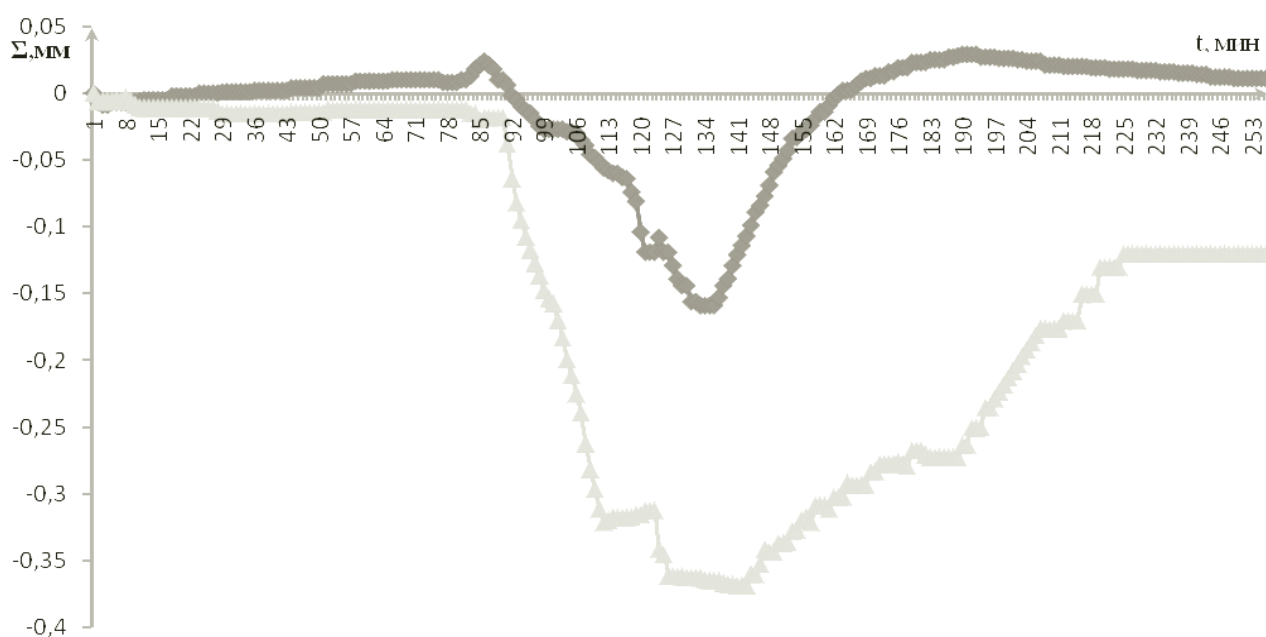


Рисунок 5 – Преобразованные показания СВОДД

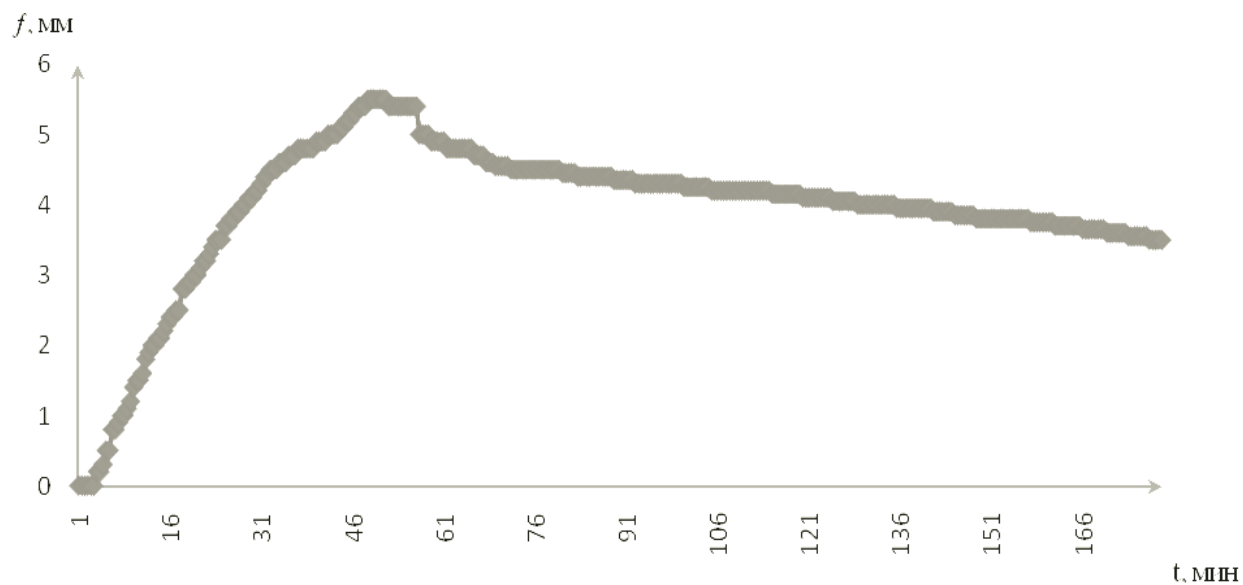


Рисунок 6 – График прогиба плиты

Через 60 мин после огневого испытания изменение деформаций и прогиба прекратилось.

Во время испытаний видимого изменения, повреждений и сбоев измерительных приборов, в т. ч. СВОДД, не наблюдалось. Датчики функционировали в обычном режиме. Примененное крепление позволило избежать их смещения относительно конструкции. По завершении испытания проведен детальный визуальный осмотр датчиков. Повреждений, трещин, оплавления материалов датчика не зафиксировано.

Таким образом, проведенные испытания показывают возможность использования СВОДД для оценки поведения горизонтальных железобетонных конструкций при стандартном огневом испытании. Для обеспечения нормального функционирования которых разработан комплекс мер, позволяющий снимать показания как при нормальных условиях, так и при пожаре, что дает возможность осуществлять постоянный мониторинг сооружений, в том числе и при огневом воздействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Принципы и логические обоснования, лежащие в основе методов расчета огнестойкости строительных элементов : ISO/ТО 10158:1991. – Введ. 15.02.91. – М. : НИКИ Энергетики, 1991. – 52 с.
2. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М. : Пожарная безопасность и наука, 2001. – 382 с.
3. Ройтман, В.М. Основы пожарной безопасности высотных зданий : учеб. пособие / В.М. Ройтман. – М. : ИСА МГСУ, 2009. – 107 с.
4. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М. : Стройиздат, 1988. – 143 с.
5. Высотные здания. Строительные нормы проектирования = Вышынныя будынкi. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45–3.02–108–2008. – Введ. 01.12.08. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 85 с.
6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования : ГОСТ Р 22.1.12-2005. – Введ. 15.09.2005. – М. : Всерос. науч.-исслед. ин-т по проблемам гражданск. обороны и чрезвычайн. ситуаций, 2005. – 23 с.
7. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования : ГОСТ Р 53778 – 2010. – Введ. 01.01.2011. – М. : Стандартинформ, 2011. – 66 с.
8. Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных : МРДС 02-08-2008. – Введ. 01.01.2008. – М. : Конструкторско-технологическое бюро бетона и железобетона, 2008. – 75 с.
9. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве : МГСН 4.19-2005. – Введ. 27.09.2005. – М. : Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, 2005. – 134 с.
10. Основания, фундаменты и подземные сооружения : МГСН 2.07-01. – Введ. 22.04.2003. – М. : Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, 2003. – 41 с.
11. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции : ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.10.98. – Минск : Минсктиппроект, 1998. – 7с.
12. Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия : СТБ 1704-2006. – Введ. 01.04.2007. – Минск : Государственный комитет по стандартизации, 2007. – 26 с.
13. Милованов, А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / А.Ф. Милованов. – М. : Стройиздат, 1998. – 304 с.
14. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.98. – Минск : Минсктиппроект, 1998. – 12 с.
15. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения : ГОСТ 8.207-76. – Введ. 01.01.1977. – М. : Издательство стандартов, 1977. – 12 с.