

УДК 699.814

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПЛИТ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Полева И.И., к.т.н., доцент, Зайнудинова Н.В., Чайчиц Н.И.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: mail@kii.gov.by

В работе представлены конструкция предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном, способ изготовления данных конструкций, а также результаты огневого испытания железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном на огнестойкость.

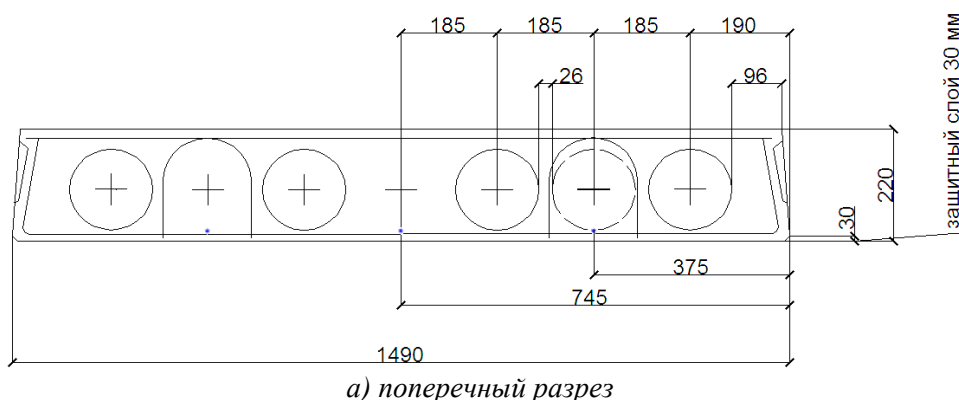
The article presents and investigates the construction of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement, the process of making construction and the results of the fire test concrete slab with unbonded reinforcement of the fire resistance.

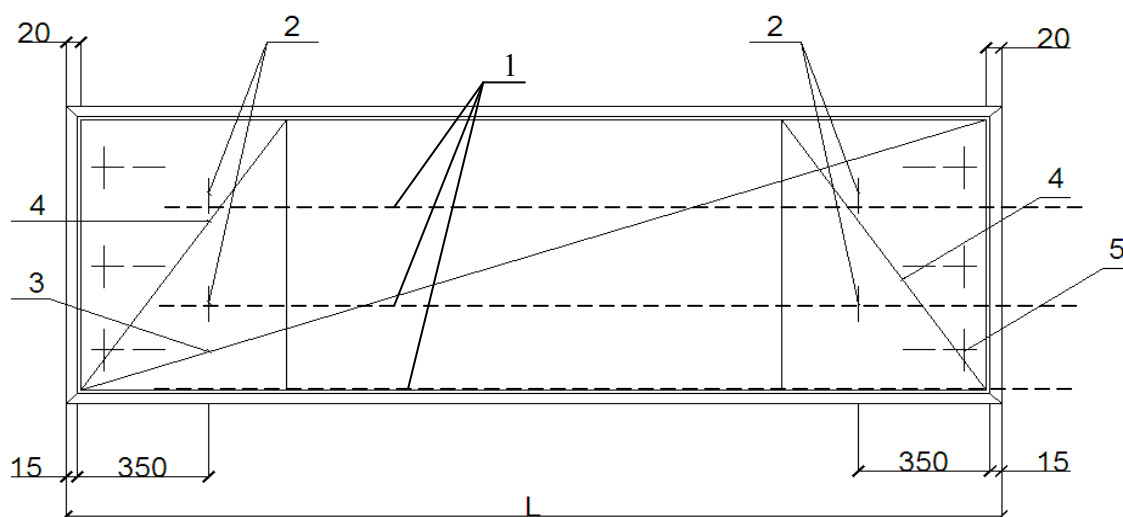
(Поступила в редакцию 14 января 2016 г.)

Введение. В современном строительстве одним из перспективных направлений является применение системы предварительного натяжения арматуры на бетон без сцепления в построечных условиях (преднапряженный монолитный железобетон). Одной из основных классификационных характеристик, определяющих область применения строительных конструкций, является предел огнестойкости. На данный момент разработан значительный объем технических нормативных правовых актов по проектированию и технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций, общих правил определения огнестойкости [1-4], при этом методики оценки огнестойкости не в полном объеме учитывают конструктивное исполнение данных конструкций [6]. Основной задачей в этом направлении является проведение натурных огневых испытаний предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном, а также разработка практических рекомендаций по расчету их огнестойкости.

Для решения поставленной задачи разработаны чертежи экспериментальных образцов плит на основе типовых плит серии Б1.041.1-3.08. Марка бетона $C^{25}/_{30}$ (В30), длина 5980 мм, ширина 1490 мм, высота 220 мм. Конструкция плит представлена на рисунке 1.

В конструкциях плит применен арматурный семипроволочный канат диаметром 15,7 мм, заключенный в заводских условиях в пластиковую оболочку с прослойкой смазочного состава и зафиксированных по торцам анкерами. Для этого с части каната срезана защитная полиэтиленовая оболочка и пропущена металлическая часть через анкерную плату, затем через переходную трубку, и клиновидным зажимом анкерная плата зафиксирована. Закреплена заглушка. Глухой анкер становится упором для напряженного. Канаты закрепляются в анкерах цапгами с 3-х лепестковыми клиновыми зажимами. Напряженный анкер монтирован подобным образом, при этом выпуск семипроволочного каната со срезанной оболочкой составил 0,5 м.





б) вид сверху; 1 – канатная арматура; 2 – петли; 3 – сетка C2; 4 – сетка C1; 5 – анкера

Рисунок 1 – Конструкция экспериментальных плит

Для измерения температуры канатов во время огневого испытания на них установлены преобразователи термоэлектрические ТХА (11 шт.): на центральные канаты по 5 шт., на канаты у периферии по 3 шт. Для исключения смещения анкеров при изготовлении плит к вкладышам приварены металлические пластины с отверстиями под анкера и термопары. Применена арматура сеток класса S500 диаметром 4 мм [7].



Рисунок 2 – Армирование экспериментальных плит

Минимальная толщина защитного слоя бетона снизу до арматуры нормативно устанавливается равной 30 мм, при этом она должна быть не менее двух диаметров арматуры и максимального размера заполнителя [8]. Таким образом, расстояние между поверхностью пластиковой оболочки канатов и ближайшей поверхностью бетона принято минимально возможным и выдержано в пределах 30 ± 5 мм. Плиты выполнены с четырьмя пустотами для уменьшения собственного веса конструкций. При достижении 80 % прочности твердения бетонной смеси [8] выполнялось преднапряжение канатной арматуры, при этом трещин, отколов и других разрушений плит не наблюдалось.

Огневое испытание проведено по методике ГОСТ 30247.0, ГОСТ 30247.1 [9-10] на установке, используемой НИИ ПБиЧС для сертификационных испытаний на огнестойкость. Плиты размещались на печи плотно одна рядом с другой. Открытых проемов по бокам не образовывалось. Стыки между плитами, а также по торцам, заделывались минеральной ватой. Для сравнительного анализа к одному из испытательных образцов за 3 часа до начала проведения огневого испытания установлена постоянная равномерно приложенная нагрузка 600 кг/м^2 [9-10], что составило 50 % от расчетной, другой образец испытывал-

ся под собственным весом без нагрузки. Боковые края плит не ограничивались (рисунок 4). Для замера температуры канатов, температуры бетона на необогреваемой поверхности плит и в печи применялись преобразователи термоэлектрические ТХА(К).



Рисунок 3 – Преднапряжение канатной арматуры экспериментальных плит



Рисунок 4 – Железобетонные плиты до проведения огневых испытаний

Огневые испытания проводились в закрытом помещении при температуре окружающей среды 16 °С, давлении 99,4 кПа и относительной влажности 62 %. Влажность испытательных образцов находилась в пределах 0,9-1,1 %. В процессе испытания в печи создан стандартный температурный режим с точностью до 15 % в период до 10 минут и с точностью 10 % с 10 минуты и до завершения испытания, что соответствует требованиям п. 6.2 [9].

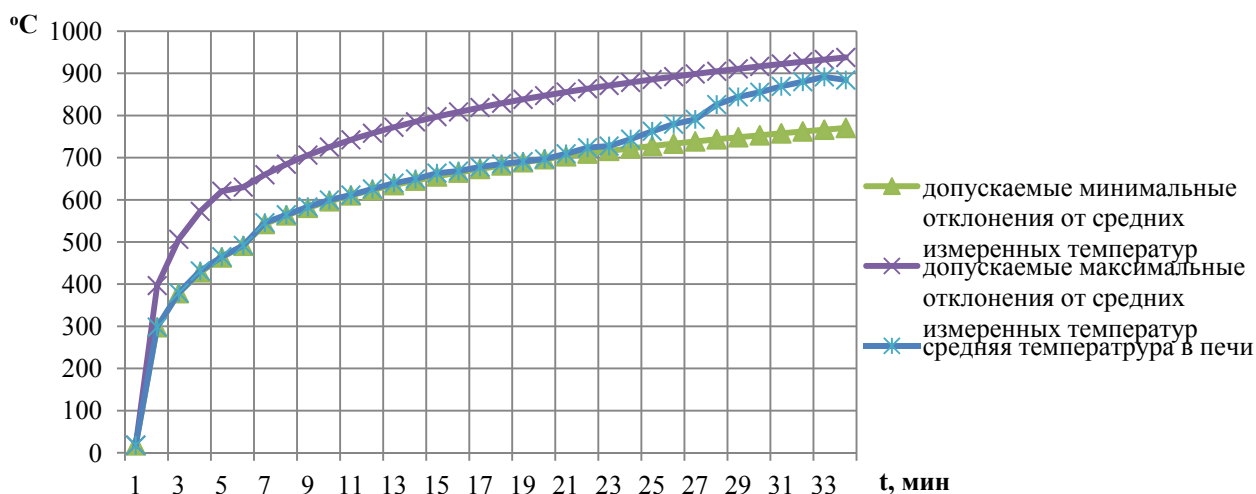


Рисунок 5 – Температура в печи во время огневого испытания

В процессе испытания регистрировались: время наступления предельных состояний и их вид; температура в печи, на необогреваемой поверхности конструкции, а также на канатах (схема расстановки преобразователей термоэлектрических представлена на рисунках 8, 10); деформации несущих конструкций; время появления и характер трещин, отверстий, отслоений, а также другие явления (нарушение условий опирания, появление дыма) согласно [9].

На 8 минуте зафиксировано начало взрывообразной деструкции бетона, на 15 минуте – увеличение интенсивности деструкции (хрупкое разрушение бетона). В ходе испытания хрупкое разрушение привело к уменьшению защитного слоя бетона, оголились участки арматуры, оплавилась пластиковая оболочка каната. Разрушения достигли пустот (рисунки 6, 7).



Рисунок 6 – Разрушение защитного слоя бетона экспериментальных образцов



Рисунок 7 – Обогреваемая поверхность железобетонных плит после проведения огневых испытаний

На необогреваемой поверхности конструкции было установлено 5 преобразователей термоэлектрических согласно [9], схема расстановки которых представлена на рисунке 8.

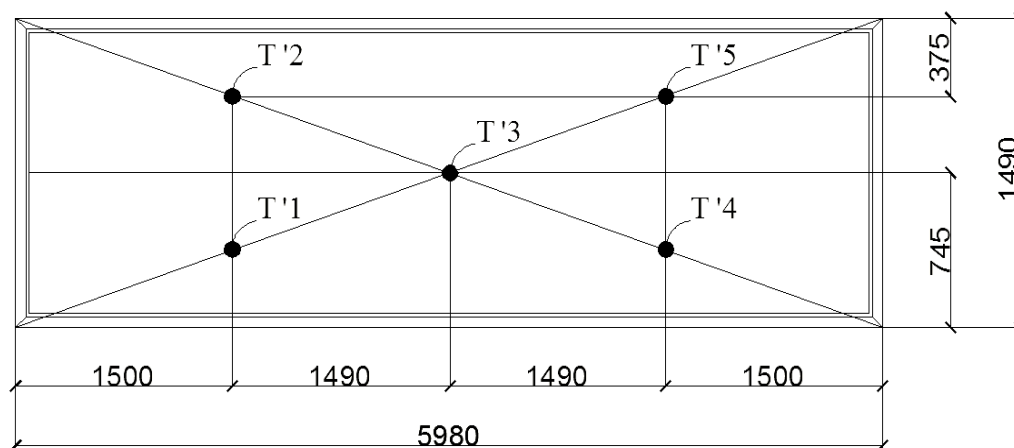


Рисунок 8 – Схема расстановки преобразователей термоэлектрических (Т'1-Т'5) на необогреваемой поверхности плиты

Температура на необогреваемой поверхности конструкции росла плавно, на 15 минуте от начала испытания над участками плиты появился пар. Средняя температура на момент окончания испытания составила 49 °С, максимальная 90 °С.

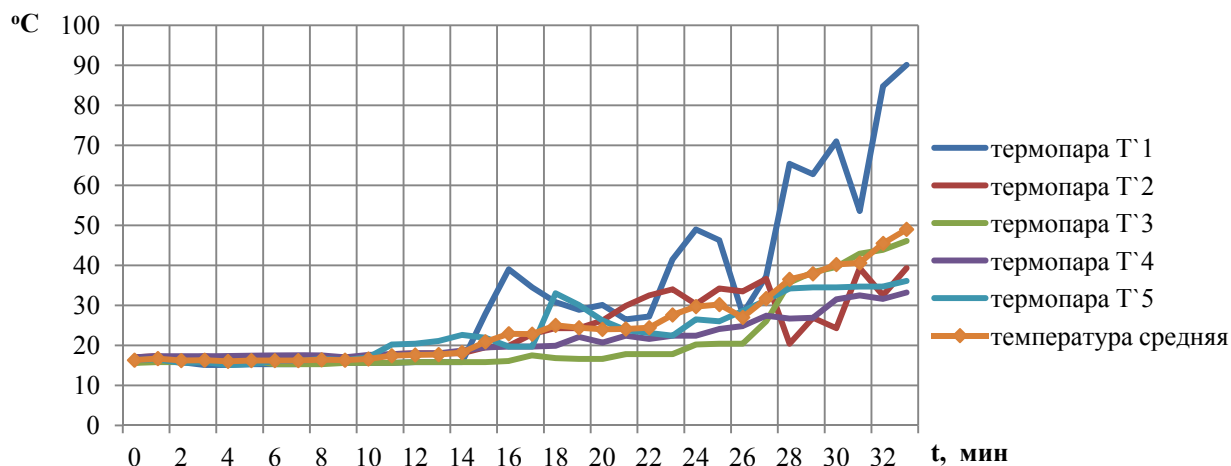


Рисунок 9 – Температура на необогреваемой поверхности экспериментального образца

На канатной арматуре конструкции было установлено 11 преобразователей термоэлектрических, схема размещения которых представлена на рисунок 10. На третьей минуте произошел функциональный отказ преобразователя термоэлектрического № Т 5. Средняя температура на канатах в момент, предшествующий разрушению конструкции, составила: канат 1 – 132 °С, канат 2 – 332 °С, канат 3 – 210 °С. Графики изменения температуры нагрета канатной арматуры представлены на рисунках 11-13.

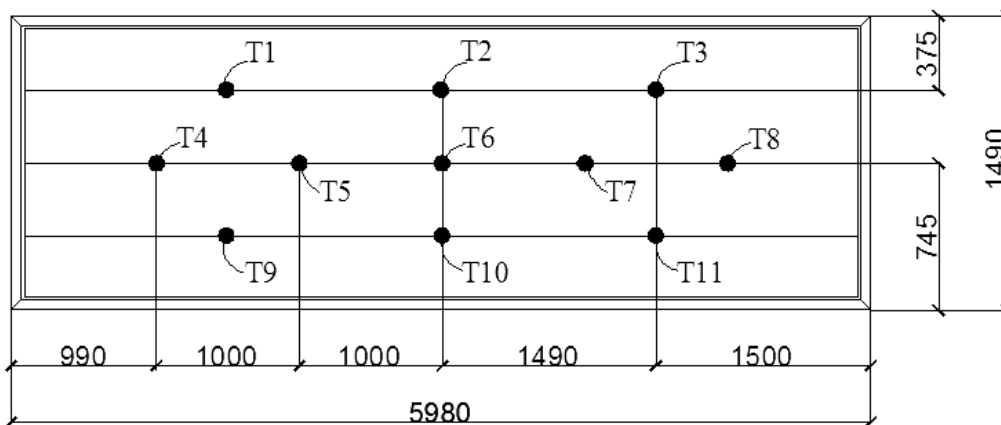


Рисунок 10 – Схема размещения термоэлектрические преобразователи (Т1-Т11) на арматуре

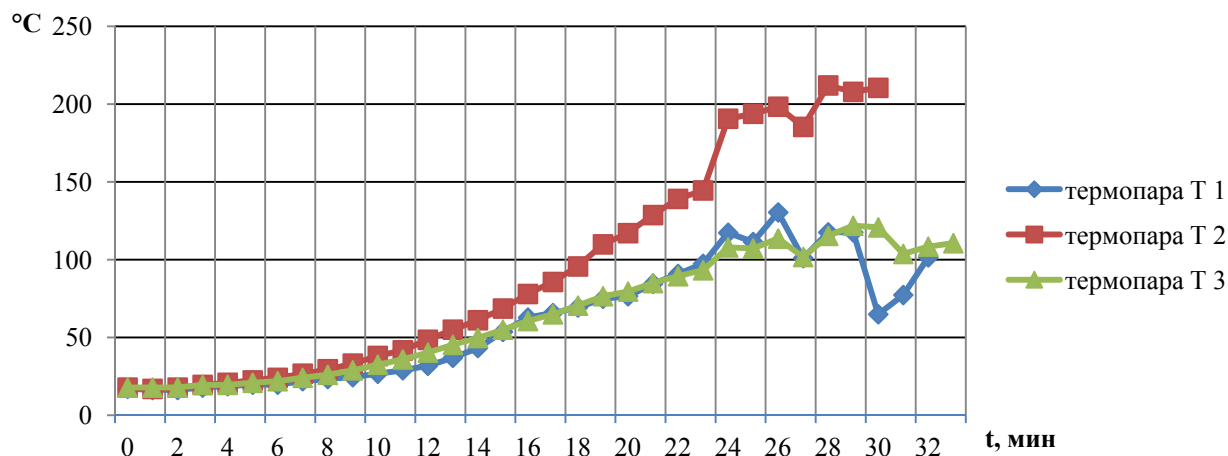


Рисунок 11 – Температура на канате 1

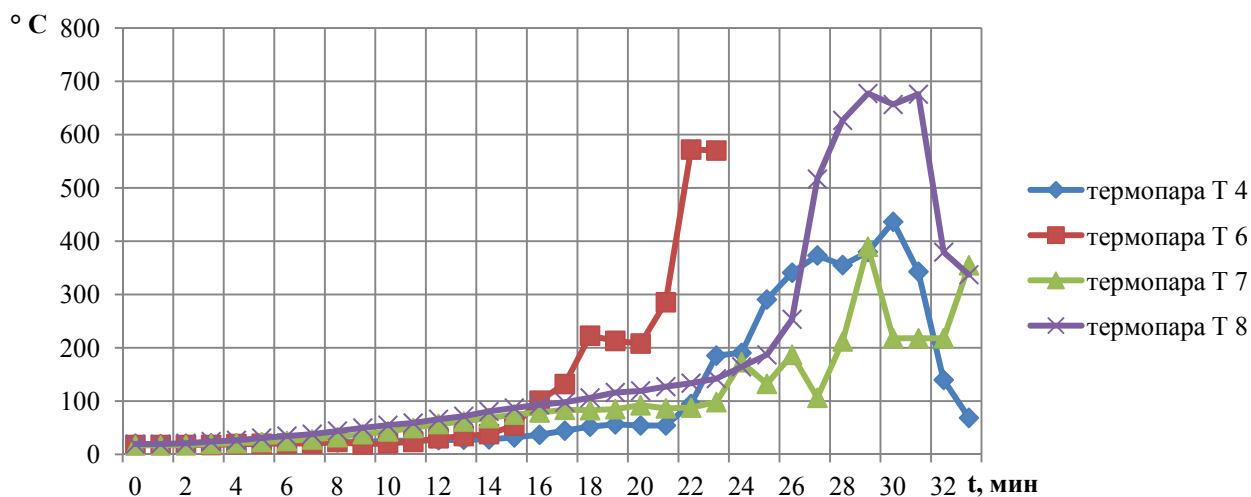


Рисунок 12 – Температура на центральном канате 2

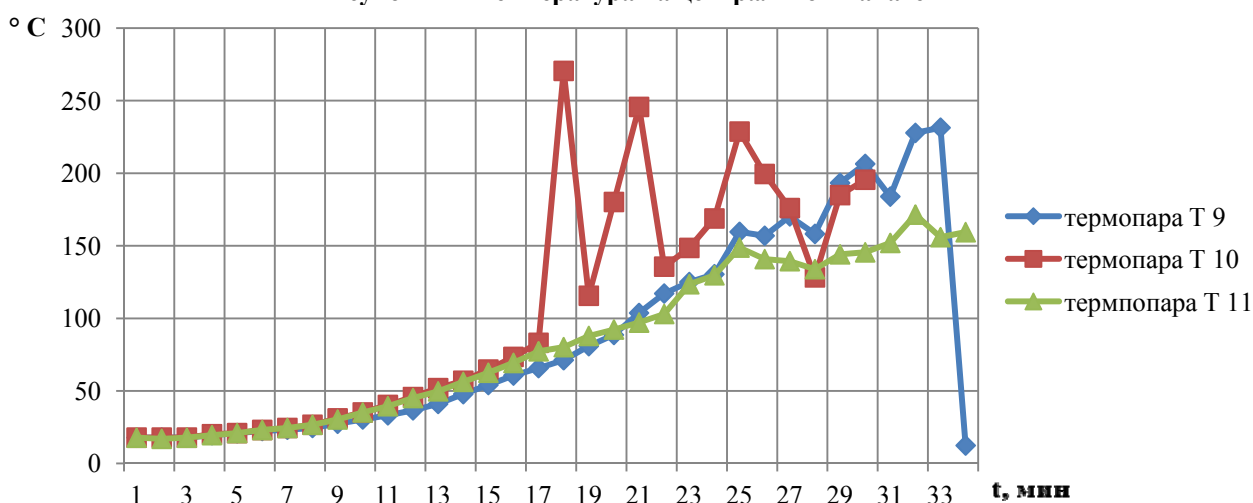


Рисунок 13 – Температура на канате 3

В ходе испытания наблюдалось плавное увеличение прогиба, график зависимости прогиба от времени представлен на рисунок 14, скорость нарастания деформаций рисунок 15. Для изгибаемых элементов нормативная величина предельного прогиба составляет $L/20$ величины пролета, в нашем случае предельный прогиб составил 273 мм, а скорость его нарастания оценивается эмпирической формулой, определяющей предельное нарастание прогиба за единицу времени и составляет 15,06 мм/мин [9].

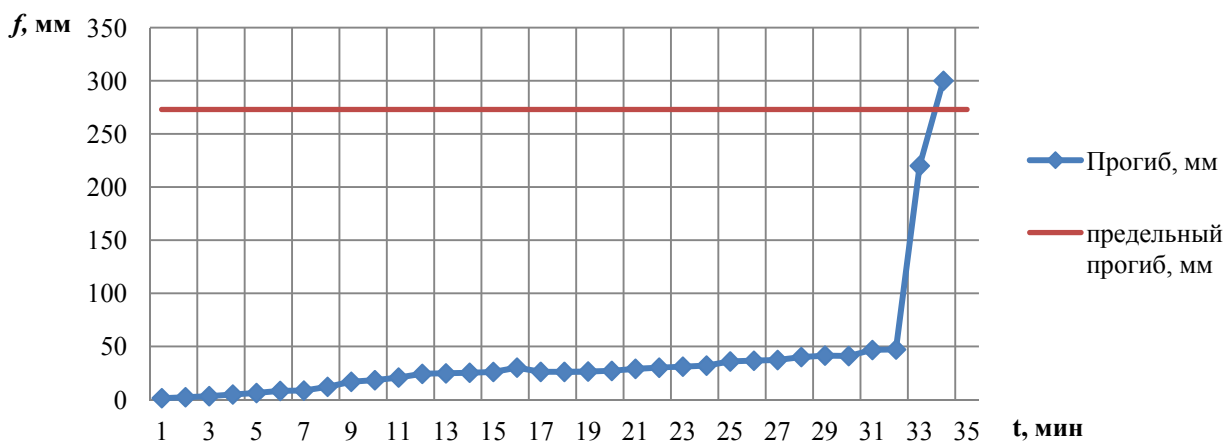


Рисунок 14 – График прогиба от времени образца под нагрузкой

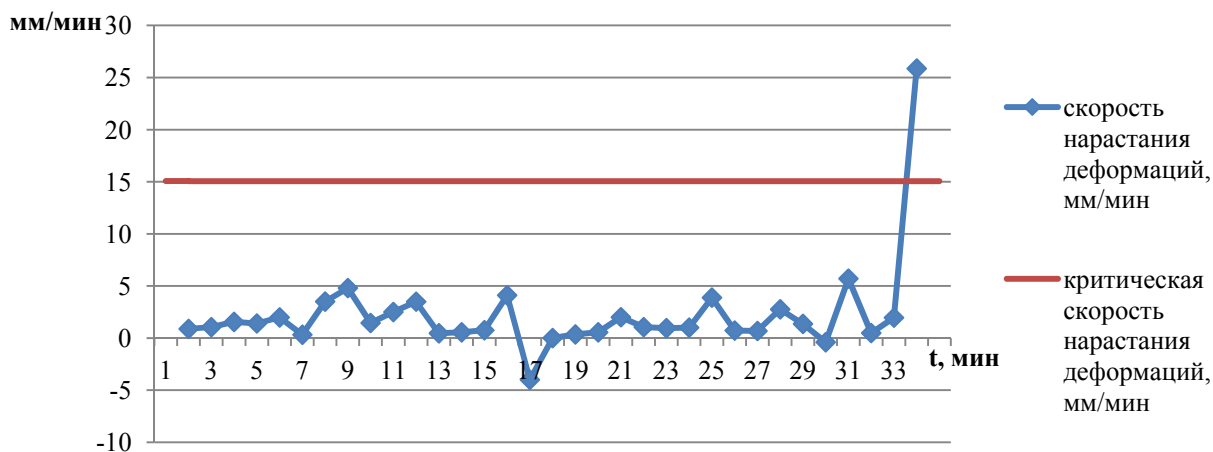


Рисунок 15 – Скорость нарастания деформации

На 33 минуте огневое воздействие прекращено в связи с наступлением предела огнестойкости по несущей способности (рисунок 16). Средняя температура на обогреваемой поверхности составила 869 °С, максимальная температура на необогреваемой поверхности 90 °С, средняя температура на необогреваемой поверхности 49 °С. При проведении огневого испытания во время деформации образцов железобетонных предварительно напряженных плит приложенная нагрузка (грузы) не смещались, тем самым не влияли на величину предела огнестойкости вследствие изменения условий теплообмена с окружающей средой [10]. Плита, испытываемая без нагрузки, под собственным весом разрушилась раньше, чем плита под нагрузкой с интервалом в 30 секунд.



Рисунок 16 – Железобетонные плиты после проведения огневых испытаний

Заключение. Разработаны конструкция железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном на основе типовых плит серии Б1.041.1-3.08 и методика их испытаний. Расстояние между поверхностью пластиковой оболочки канатов и ближайшей поверхностью бетона выдержано в пределах 30 ± 5 мм. В ходе испытания, при изменении температуры в печи по стандартной температурной кривой согласно [9-10], наблюдалось постепенное увеличение прогиба, сопровождаемое хрупким разрушением, на 14 минуте над участками плиты зафиксировано начало парообразования. Установлено, что для предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном при огневом воздействии характерно сильное хрупкое разрушение в сжатой зоне конструкции. При влажности конструкций 0,9-1,1 %, основным фактором, определяющим разрушение, является большое напряжение в сжатой зоне конструкции.

В результате огневых испытаний конструкций получено изменение температуры на обогреваемой и необогреваемых поверхностях конструкций, а также изменение температуры канатной арматуры. Средняя температура на обогреваемой поверхности плиты состави-

ла 869 °С, максимальная температура на необогреваемой поверхности 90 °С, средняя температура на необогреваемой поверхности 49 °С. Средняя температура на канатах (1-3) в момент, предшествующий разрушению конструкции, составила 132, 332, 210 °С соответственно. На 33 минуте при достижении 18 % от критического значения прогиба произошло моментальное разрушение конструкции. Схема разрушения экспериментальных образцов соответствует стандартной схеме разрушения предварительно напряженных железобетонных плит со сцеплением арматуры с бетоном, при этом скорость разрушения значительно выше. Предел огнестойкости свободно опертых предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном при расстоянии до оси арматуры $c = 37,8$ мм согласно требованиям [9,10] составил REI 30.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милованов, А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций / А.Ф. Милованов, – М.: Стройиздат, 1998. – 224 с.: ил.
2. Милованов, А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / А.Ф. Милованов. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с.
3. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Пожарная безопасность и наука, 2001. – 382 с.
4. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.
5. ТКП 45-2.02-110-2008 Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
6. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости [Текст] = Еўракод 2. Праектаванне жалезабетонных канструкцый. Частка 1-2. Агульныя правілы вызначэння вогнеўстойлівасці: ТКП EN 1992-1-2-2009. – Введ. 01-01-10. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 86 с. – (Национальный комплекс технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства).
7. Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия: СТБ 1704-2006. – Введ. 01.04.2007. – Минск: Государственный комитет по стандартизации, 2007. – 26 с.
8. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.10.98. – Минск: Минсктипроект, 1998. – 7 с.
10. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.98. – Минск: Минсктипроект, 1998. – 12 с.