

ОТЗЫВ

**официального оппонента Гаращенко Анатолия Никитовича
на диссертационную работу Новикова Николая Сергеевича
«Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных
тоннелей и метрополитена», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 –
«Пожарная и промышленная безопасность»
(технические науки, отрасль строительство)**

Рассмотрев диссертацию, автореферат и публикации Новикова Н.С. были определены следующие характеристики рассматриваемой работы:

1. Актуальность темы

Тоннельные сооружения относятся к объектам повышенной опасности. Пожары в тоннелях приводят к обрушению конструкций и гибели людей, а также к прекращению эксплуатации объекта на длительный срок.

Известно, что при пожарах в тоннелях происходит взрывообразное разрушение бетона, имеющего характерную для подземных сооружений высокую влажность. В связи с этим разрабатываются методы и средства защиты железобетонных конструкций от такого разрушения. Одним из перспективных методов защиты является добавка в бетон полипропиленовой фибры (ППФ). Однако в нашей стране данный метод пока не используется ввиду недостаточной исследованности различных аспектов и последствий использования таких добавок в бетон.

Наряду со значительным количеством работ посвященных исследования различных характеристик бетонов и конструкций из него, экспериментальному определению огнестойкости железобетонных конструкций с добавкой ППФ и рассмотрению ее влияния на взрывообразное разрушение бетона уделено недостаточное внимание. Анализ состояния рассматриваемой проблемы показал также, что для оценки огнестойкости железобетонных обделок тоннелей (тюбингов) необходимо адаптировать и в большей степени использовать имеющиеся расчетные методики, а для их совершенствования и повышения точности расчетов требуется определение прочностных и теплофизических характеристик бетонов с добавкой ППФ.

В связи с этим следует признать важной и актуальной тему диссертационной работы Новикова Н.С., посвященной исследованию одного из перспективных методов защиты бетона от взрывообразного разрушения, прочностных и теплофизических характеристик фибробетона и математическому моделированию огнестойкости железобетонных тюбингов.

2. Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы Новикова Н.С. определяется в значительной степени тем, что:

БД. № 6/36 от 04.05.19.

1. Впервые получен и обобщен значительный объем результатов экспериментальных исследований огнестойкости натурных железобетонных тюбингов, изготовленных с использованием полипропиленовой фибры.

2. Установлено, что использование ППФ позволяет избежать взрывообразного разрушения. Это объяснено низкой температурой плавления фибры и образованием микроканалов, снижающих избыточное давление в порах бетона.

3. Определены прочностные характеристики бетонов с добавкой отечественной и импортной фибры в диапазоне температур 20–800°C, представлены аппроксимирующие зависимости прочностных характеристик от температуры.

4. Определены теплофизических характеристик бетонов с добавкой отечественной и импортной фибры, представлены аппроксимирующие зависимости ТФХ от температуры.

5. Предложена формула для определения температурного прогиба железобетонных тюбингов с учетом их геометрической нелинейности.

6. Адаптирована и уточнена методика расчетов, позволяющая моделировать влияние ППФ на прогрев и несущую способность железобетонных тюбингов и определять предел их огнестойкости, получено соответствие экспериментальных и расчетных результатов.

3. Практическая значимость выполненной диссертационной работы

Практическая значимость диссертации заключается в следующем:

1. Уточнена методика проведения крупномасштабных огневых испытаний конструкций в части разработки системы опирания и нагружения железобетонных тюбингов при оценке фактических пределов огнестойкости.

2. Получены результаты экспериментальных исследований, продемонстрировавшие, что использование полипропиленовой фибры позволяет избежать взрывообразного разрушения и обеспечивает высокий предел огнестойкости железобетонных тюбингов.

3. Адаптирована и апробирована расчетная методика, позволяющая оценивать предел огнестойкости тюбингов из фибробетона.

4. Получены зависимости предела прочности на осевое сжатие от температуры, коэффициенты снижения предела прочности от температуры, а также теплофизические характеристики бетона с полипропиленовой фиброй. Все они могут использоваться при расчетных оценках огнестойкости тюбингов и других железобетонных конструкций.

4. Оценка содержания и оформления диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 156 наименований и приложений. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, включающего 13 таблиц и

99 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, отражена новизна, практическая значимость и достоверность результатов исследования.

В первой главе проведен обстоятельный анализ состояния рассматриваемой проблемы. Рассмотрены конструктивные особенностей и условия эксплуатации обделок тоннелей, проведен анализ существующих методов и результатов оценки огнестойкости железобетонных конструкций, показано негативное влияние взрывообразного разрушения бетона на пределы их огнестойкости, а также целесообразность использования полипропиленовой фибры в качестве перспективного средства защиты от такого разрушения.

Представляется правильным использование автором научной гипотезы о влиянии на взрывообразное разрушения конструкций из тяжелого и влажного бетона микроканалов, образующихся при плавлении полипропиленовых волокон. Логично, что появление таких микроканалов снижает уровень напряжений в конструкции, возникающих за счет роста давления в порах бетона при его нагреве, и снижает вероятность его взрывообразного разрушения.

Обоснована необходимость проведения комплексных исследований, включающих как эксперименты по оценке огнестойкости конструкций из фибробетонов с ППФ в огневых печах, так и математическое моделирование их прогрева и несущей способности с использованием современных расчетных методик и компьютерных программ. Показано, что для решения теплотехнической и статической задач для рассматриваемых железобетонных конструкций необходимо определение теплофизических и физико-механических характеристик прогретых образцов бетонов с ППФ.

На основании проведенного анализа имеющихся литературных источников определены цель и основные задачи диссертационных исследований.

Во второй главе представлены результаты исследования прочности на осевое сжатие бетонов без добавки и с добавкой импортной и отечественной ППФ с различной длиной волокон (6 мм и 12 мм) в температурном диапазоне 20–800°C. Зафиксировано снижение прочности исследуемых образцов приблизительно на 16% при наличии таких добавок (как при нормальной, так и при повышенной температуре). Следует отметить, что установленное снижение прочности на осевое сжатие для бетонов с добавкой ППФ подтверждено позднее в ходе испытаний, проведенных в НИИЖБ.

В результате анализа экспериментальной информации автором получены выражения для определения предела прочности на осевое сжатие, на основании которых определены коэффициенты условий работы бетона в зависимости от температуры. Эти результаты рекомендованы для оценки

огнестойкости железобетонных конструкций расчетными методами. Это является важным и своевременным, поскольку подобные результаты в литературных источниках крайне ограничены и, подчас, противоречивы.

Представляется уместным, что автором отмечена особенность разрушения образцов при испытаниях. Показано, что для бетонов без добавки ППФ характерно разрушение образцов с откалыванием и разлетом кусков цементного камня и заполнителя, в то же время как для бетонов с такой добавкой разрушение было «пластичным» без значительного изменения формы. Это может быть признано в качестве косвенного подтверждения того, что ППФ может препятствовать взрывообразному разрушению, а также растрескиванию бетона при нагреве.

В третьей главе представлена методика и результаты исследований теплофизических характеристик для бетона с добавкой отечественной и импортной полипропиленовой фибры. Методикой предусмотрены испытания в огневой печи ВНИИПО МЧС РФ при стандартном температурном режиме воздействия образцов в виде плит размерами $1,1 \times 1,1 \times 0,15$ м с регистрацией температуры при помощи термопар, установленных по толщине плит.

Для определения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости бетона решалась обратная задача нестационарной теплопроводности. Определялись параметры, которые обеспечивали удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных температурных зависимостей в контрольных точках испытываемых плит. Для расчетов температурных полей в плитах использовались программные комплексы KOKON и ANSYS, основанные на методе конечных элементов.

Получены зависимости коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры для бетона без добавки и с добавкой ППФ. Определено, что коэффициент теплопроводности для бетона с добавкой ниже, чем для бетона без добавки, на основании чего отмечено, что конструкция из бетона с добавкой ППФ будет прогреваться медленней. Полученные результаты рекомендовано использовать в ходе теплотехнических расчетов.

Проведено также сравнение расчетных кривых, полученных при использовании двух программных комплексов. Установлено, что меньшее расхождение с экспериментальными кривыми (12%) получено при использовании комплекса ANSYS (при использовании KOKON оно составило 18 %). Поэтому для теплотехнических расчетов признано целесообразным использование программного комплекса ANSYS.

В четвертой главе представлена методика и результаты крупномасштабных огневых испытаний натурных железобетонных тюбингов размером $300 \times 1400 \times 3000$ мм, изготовленных из высокопрочного бетона класса В45 с добавкой полипропиленовой фибры. Испытания проводились в огневой печи ВНИИПО по ГОСТ 30247.0-94 в условиях воздействия на образец стандартного температурного режима пожара.

Следует отметить, что автором была доработана методика и оборудование для огневых испытаний. С учетом конструктивных особенностей исследуемых образцов им предложена и реализована система нагружения и опирания железобетонных тюбингов для создания вертикальных и горизонтальных эксплуатационных нагрузок. Это позволило приблизить к реальным условиям схему воздействия и передачи усилий на конструкции в процессе испытаний. По их результатам установлено, что предел огнестойкости тюбингов составил не менее REI 120. При этом разрушение тюбинга в процессе испытания не происходило. Этот важный результат является наглядным подтверждением эффективности предложенного способа защиты бетона от взрывообразного разрушения путём добавки полипропиленовой фибры.

Для исследования огнестойкости железобетонных тюбингов автором использовались, наряду с экспериментом, расчетные методы (решение теплотехнической и статической задачи). Для решения теплотехнической задачи адаптирован программный комплекс ANSYS, с помощью которого проведены расчеты температурных полей при воздействии по стандартному и углеводородному режимам пожара. Статическая задача решалась по усовершенствованной автором методике с использованием формулы для определения дополнительного температурного прогиба, полученной в ходе работы и рекомендованной для использования при расчетах огнестойкости. По этой формуле определялся, в частности, максимально допустимый прогиб натурного железобетонного тюбинга перед началом его крупномасштабных огневых испытаний. Расчетным путем определен фактический предел огнестойкости железобетонных тюбингов при воздействии по стандартному режиму пожара, который составил не менее REI 120, что соответствует экспериментальным данным. Расчеты также показали, что несущая способность наиболее нагруженного сечения тюбингов при значении момента от рабочей (нормативной) нагрузки не утрачивается и при воздействии углеводородного режима пожара (фактический предел огнестойкости рассматриваемых железобетонных тюбингов REI 120 обеспечивается).

В заключении диссертации представлены основные результаты проведенных исследований.

В приложениях представлен отчет об огневых испытаниях железобетонного тюбинга с добавкой ППФ и акты внедрения результатов диссертационных исследований.

Данные, приведенные в диссертации и автореферате, свидетельствуют о достаточном обсуждении основных результатов работы. По теме диссертации имеется 14 публикаций, из них 3 – в журналах, входящих в перечень ВАК (из них одна входит в международную реферативную базу данных и цитирования).

Автореферат достаточно полно и точно отражает содержание и результаты работы.

5. Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность и достоверность основных результатов диссертации подтверждается использованием аттестованной измерительной аппаратуры, апробированных методик измерения и обработки экспериментальных данных, использованием верифицированных и валидированных расчетных комплексов, внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с данными других исследователей.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Не проведено уточнение существующей физической модели, описывающей процессы, реализуемые в высокопрочных влажных бетонах при высокотемпературном нагреве и приводящие к взрывообразному их разрушению.

2. На странице 10 автореферата и странице 63 диссертации ошибочно указан диапазон температур при сравнении прочностных свойств бетона на сжатие (20-300°C вместо 20-100°C).

3. При решении теплотехнической задачи не использованы опубликованные математические модели и методики расчетов, учитывающие основные физико-химические процессы, происходящие в бетонах при нагреве (дегидратация, диффузия пара, конденсация и испарение влаги и пр.).

4. Не использованы возможности программного комплекса ANSYS для решения статической задачи.

5. Не представлены результаты математического моделирования, демонстрирующие, насколько увеличивается предел огнестойкости железобетонных конструкций при использовании полипропиленовой фибры и насколько может превышать предел огнестойкости исследуемого тюбинга уровень REI120, установленный при огневых испытаниях.

6. Диссертация и автореферат содержит значительное количество неточностей и опечаток:

- несколько раз автор использует термин «теплотехнические характеристики» вместо «теплофизические характеристики» и «коэффициент теплоемкости» вместо «удельная теплоемкость»;

- на странице 5 автореферата и странице 7 диссертации при изложении теоретической и практической значимости работы во втором абзаце после слова «железобетонных» пропущено слово «конструкций»;

- на странице 6 автореферата и странице 8 диссертации при изложении положений, выносимых на защиту, в первом абзаце после слова «результаты» пропущено слово «определения»;

- на странице 13 диссертации неправильное построение фраз «Однако ... не применяется», «Материалом ... сталъ»;
- на странице 42 диссертации во втором абзаце слово «зависящие» вместо «зависящих», а в четвертом абзаце слово «авторами» вместо «автором»;
- на странице 48 диссертации указан литературный источник [83] вместо [95].

В целом диссертационная работа написана технически грамотным языком. Она свидетельствует о большом объеме проведенных автором комплексных исследований и его высокой квалификации. Отмеченные замечания несколько снижают впечатление о работе, однако они не касаются ее научной и практической значимости. Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой и заслуживает, безусловно, положительной оценки.

Таким образом, по актуальности темы, новизне и достоверности результатов, их научной и практической значимости, работа Новикова Н.С. соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство).

Официальный оппонент:

ведущий научный сотрудник АО «ЦНИИСМ»

доктор технических наук, доцент

«06» мая 2019 г.



 А.Н. Гаращенко

Подпись Гаращенко А.Н. заверяю:

Секретарь НТС АО «ЦНИИСМ»



Г.В. Краснова

Почтовый адрес: 141371, Московская область, город Хотьково, улица Заводская, Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения».

Контактный телефон: (495) 993-00-11.

E-mail: tsniism@tsniism.ru, <http://www.tsniism.ru>