

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

кандидата технических наук Пронина Дениса Геннадиевича на диссертационную работу Новикова Николая Сергеевича «Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных тоннелей и метрополитена», представленную на соискание ученной степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность»  
(технические науки, отрасль строительство)

**Актуальность темы исследования.** Обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений является одной из важнейших задач государственной политики в области национальной безопасности и обеспечения устойчивого развития страны. Тоннели – это сооружения, которые строятся на длительный срок эксплуатации. Однако одним из частых аварий, происходящих в тоннелях, являются пожары и взрывы, которые приводят к обрушению несущих конструкций. Железобетонные конструкции подземных сооружений обладают высокой влажностью (свыше 3,5 %), поэтому одной из причин преждевременного обрушения рассматриваемых конструкций является взрывообразное разрушение.

В работе Новикова Н.С. предложен метод защиты железобетонных обделок (тюбингов) подземных сооружений путем введения в состав полипропиленовой фибры в размере 1-2 кг/м<sup>3</sup>. При этом анализируя научную литературу автором справедливо замечено, что при добавке в бетон полипропиленовой фибры изменяются прочностные и теплофизические характеристики, которые в настоящее время недостаточно изучены. Также недостаточно уделено внимание проведению натурных исследований огнестойкости железобетонных конструкций на основе этого материала, что не позволяет создавать надёжнее обделки тоннелей.

*бк. №6/39 от. 08.05.2019-*

Рассматривая расчетные методики оценки огнестойкости железобетонных конструкции автором сделан вывод, о необходимости доработки расчетной методики оценки огнестойкости железобетонной обделки.

На основании вышеизложенного **целью работы** являлось повышение огнестойкости железобетонных конструкций подземных сооружений с использованием бетона с добавкой полипропиленовой фибры за счет защиты бетона от взрывообразного разрушения.

Для достижения поставленной цели автором решались следующие **задачи**:

- провести анализ литературных источников имеющихся исследований прочностных и теплофизических характеристик бетонов с добавкой фибры, а также исследований огнестойкости железобетонных конструкций на основе фибробетонов;
- экспериментально определить прочностные характеристики бетона с добавкой полипропиленовой фиброй, применяемого в железобетонной обделке (тюбингах) для поземных сооружений;
- определить теплофизические характеристики бетона с добавкой полипропиленовой фибры, используемые в железобетонной обделке (тюбингах) для поземных сооружений;
- экспериментально определить огнестойкость железобетонных тюбингов, а также рассмотреть взрывообразное разрушение в процессе эксперимента;
- адаптировать и апробировать аналитическую модель расчета огнестойкости железобетонной обделки (тюбингов) для поземных сооружений с полипропиленовой фиброй.

### **Основные результаты работы, их новизна и достоверность**

Основные результаты работы опубликованы в виде 14 научных работ, в том числе 2 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень

ВАК России, 1 – входит в международные реферативные базы данных и цитирования. Публикации свидетельствуют о достаточной полноте освещения результатов диссертационной работы в научном сообществе.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, достигалась: апробированными экспериментальными методами определения прочностных и теплофизических характеристик и оценки огнестойкости строительных конструкций; использованием в экспериментальных исследованиях поверенных измерительных приборов и аппаратуры, обеспечивающих достаточную точность измерения; использованием валидированных и верифицированных программных комплексов; статистической обработкой с использованием регрессионного анализа для обработки полученных эмпирических величин.

**Научная новизна работы и ее практическая значимость** заключается в следующем:

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

2. Установлено, что ППФ позволяет избежать взрывообразного разрушения за счет своей низкой температуры плавления и образования микроканалов, снижающих избыточное давление в порах бетона;

3. Получены прочностные характеристики бетонов с добавкой отечественной и импортной ППФ при воздействии температур в диапазоне 20–800 °C, а также установлены зависимости прочностных характеристик от температуры прогрева;

4. Получены зависимости теплофизических характеристик бетонов с добавкой отечественной и импортной ППФ;

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

6. С помощью моделирования по апробированной и адаптированной методике установлено влияние ППФ на пределы огнестойкости железобетонных обделки (тюбингов), получено соответствие экспериментальных и расчетных результатов.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 156 наименований и двух приложений, изложенных на 167 страницах текста, включающего в себя 13 таблиц и 99 рисунков. Текст диссертации, таблицы и рисунки тщательно отработаны и в ясной форме передают суть и содержание выполненной работы.

**Во введении** автором была обоснована актуальность работы, показана степень ее разработанности, сформулированы цель, предмет, объект и задачи исследования, показана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, представлены методология и методы исследования, а также степень достоверности полученных результатов и их апробация.

**В первой главе** проведен анализ существующих исследований в области определения прочностных и теплофизических показателей фибробетонов, экспериментальных исследований огнестойкости железобетонных конструкций с использованием фибробетонов, рассмотрены причины, механизм и способы защиты бетонов от взрывообразного разрушение, а также существующие методы оценки огнестойкости, позволяющие определить огнестойкость железобетонных тюбингов расчетными методами при различных температурных режимах пожара, что позволило сделать вывод о необходимости исследования бетонов с добавкой полипропиленовой фибры, а также доработки методики оценки огнестойкости железобетонных тюбингов.

**Вторая глава** была посвящена экспериментальному исследованию прочностных характеристик при прогреве бетонов с добавкой импортной и отечественной полипропиленовой фибры. Проведенные исследования позволили установить, что предел прочность бетонов с добавкой

полипропиленовой фибры уменьшается примерно на 16 %. Также получены коэффициенты условия работы бетона, которые рекомендованы для оценки огнестойкости железобетонных конструкций. В выводах сформулированы рекомендации по повышению пределов прочности бетонов с добавкой полипропиленовой фибры.

**В третьей главе** проведено исследование, направленное на определение теплотехнических характеристик бетонов с добавкой отечественной и импортной полипропиленовой фибры.

Для получения теплофизических показателей решалась обратная задача нестационарной теплопроводности с использованием экспериментальных и расчетных методов. Для определения расчетных зависимостей температуры от времени применялись программные комплексы «ANSYS» и «KOKON». Целью использования двух комплексов являлось определения достоверности получаемых результатов.

В ходе работы на бетонных плитах экспериментально определялись зависимости температуры от времени. На расчетных комплексах рассчитывались зависимости температуры от времени, которые сравнивались с экспериментальными. При этом в расчете путем изменения коэффициентов теплопроводности и теплоемкости достигалось максимальное совпадение расчетных зависимостей с экспериментальными. По результатам определены коэффициенты теплоемкости и теплопроводности для бетонов с добавкой отечественной и импортной полипропиленовой фибры. Полученные коэффициенты рекомендованы автором для использования при расчетах фактических пределов огнестойкости железобетонных конструкций.

**В четвертой главе** приводятся экспериментальное исследование огнестойкости железобетонных тюбингов с добавкой полипропиленовой фибры, а также представлена расчетная модель оценки огнестойкости железобетонных тюбингов.

В ходе подготовки эксперимента по определению огнестойкости железобетонных тюбингов усовершенствовалась система нагружения

и опирания комплексной установки для испытаний на огнестойкость перекрытий, покрытий и балок. Целью усовершенствования установки являлось создания нагрузок, действующих на тюбинг в ходе их эксплуатации. По результатам проведенных исследований получен предел огнестойкости железобетонных тюбингов который составил REI 120. По окончанию эксперимента определено, что при влажности образца 3,8 % взрывообразного разрушения не произошло, что показывает эффективность полипропиленовой фибры по защите бетона от этого явления.

На основании проведенных экспериментов адаптировалась и апробировалась расчетная модель огнестойкости железобетонных тюбингов. При этом расчет огнестойкости производился по двум температурным режимам: стандартному и углеводородному. Обусловлено это тем, что в процессе эксплуатации автодорожных тоннелей возможен разлив нефтепродуктов с последующем развитием пожара, который будет значительно отличаться от стандартного режима. При этом в работе полученная формула по определению дополнительного температурного прогиба железобетонных тюбингов.

В результате проведенного расчета по стандартному и углеводородному режимам пожара получен предел огнестойкости железобетонных тюбингов равный REI 120, что соответствует эксперименту.

**В заключении** сформулированы основные выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

**В приложении** представлены акты внедрения и отчет о проведенных натурных испытаниях огнестойкости железобетонных тюбингов.

В качестве **замечаний** по существу диссертационной работы необходимо отметить следующее:

1. При обосновании актуальности проблемы обеспечения несущей способности конструкций при пожарах в тоннелях, в разделе 1.1. диссертации приводятся, в том числе, примеры пожаров с гибелью людей. Однако, гибель

людей на пожаре в большинстве случаев связана с токсичностью продуктов горения, а не с огнестойкостью конструкций. В диссертации не указано с чем была связана гибель людей в приведённых примерах.

2. В диссертации совершенно справедливо указано, что для тоннелей необходимо исследовать вопросы огнестойкости конструкций не только по «стандартной» температурной кривой, но учитывать и более приближенные к реальным условиям температурные кривые. При этом упоминается только «углеводородный температурный режим пожара» по ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. При этом испытаний по данной температурной кривой не проводилось, только расчёты.

3. Также следует отметить, что хотя в России и нет ГОСТа по «тоннельной» температурной кривой (RWS), но в мире (например NFPA 502 «Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways»; 1998-CVR-R1161 – «Fire Protection for Tunnels -Part 1: Fire Test Procedure» и др.), эта кривая активно применяется именно при оценке последствий пожара в тоннелях, о чём в диссертации не указано.

Отмеченные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость рассматриваемой диссертационной работы.

## **Заключение**

Диссертационная работа Новикова Николая Сергеевича «Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных тоннелей и метрополитена» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены новые эмпирические данные и разработаны новые теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новый вклад в развитие основ пожарной и промышленной безопасности объектов строительства. По содержанию, научной и практической значимости результатов работа «Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных тоннелей и метрополитена» соответствует требованиям, приведенным в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г.

№ 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Новиков Николай Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 - «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство).

Начальник управления  
технического регулирования  
ФГБУ ЦНИИП Минстроя России  
кандидат технических наук  
«06» 05 2019 г.

Д.Г. Пронин

Подпись Дениса Геннадиевича Пронина заверяю:



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» (ЦНИИП Минстроя России).

Адрес: 119331, г. Москва, проспект Вернадского, дом 29.

Тел. +7 (499) 951-95-21.

Email: [info@cniipminstroy.ru](mailto:info@cniipminstroy.ru)