

УДК 614.849

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГРАДИЕНТЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.S.G@gmail.com

Артём Евгеньевич Шеин

студент

Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье рассматривается применение градиентно-температурного критерия огнестойкости для анализа поведения бетонных конструкций при пожарах в химической промышленности. Данный методологический подход позволяет учитывать распределение температур внутри конструкции и его влияние на физико-механические свойства материала. Также внимание уделяется физическим механизмам разрушения бетона при высоких температурах, особенностям эксплуатации объектов химической отрасли и перспективам развития технологии.

Ключевые слова: огнестойкость, бетонные конструкции, градиентно-температурный критерий, температурный градиент, химическая промышленность, пожарная безопасность.

Огнестойкость строительных конструкций является одним из ключевых факторов обеспечения безопасности объектов промышленной инфраструктуры. Особенно важна эта характеристика для химической отрасли, где высокие температуры технологических процессов, наличие горючих веществ и взрывоопасных сред значительно увеличивают риск возникновения пожаров. Бетонные конструкции, широко используемые в строительстве промышленных зданий, обладают высокой несущей способностью и устойчивостью к внешним воздействиям, однако их поведение при высоких температурах требует детального анализа [1].

Градиентно-температурный критерий огнестойкости представляет собой современный методологический подход, учитывающий распределение температур внутри конструкции и его влияние на механические свойства материала. Этот критерий позволяет более точно оценивать состояние бетонных элементов под действием пожарных нагрузок, что особенно важно для проектирования и эксплуатации объектов химической промышленности. Данная статья рассматривает основные аспекты данного подхода, его применение в условиях повышенного риска пожаров и перспективы развития технологии [2,5].

Градиентно-температурный критерий основан на анализе изменения температуры по толщине бетонной конструкции при воздействии высоких температур. Основными параметрами данного критерия являются:

- температурный градиент: скорость изменения температуры вдоль глубины конструкции;
- критическая температура: значение температуры, при котором происходят существенные изменения физико-механических свойств бетона (например, снижение прочности или растрескивание);
- время выдержки: период, в течение которого конструкция сохраняет свои эксплуатационные свойства при заданных температурных нагрузках.

Методология данного подхода предполагает учет как поверхностных, так и внутренних процессов, что позволяет получить более полное представление о состоянии конструкции при пожаре.

При воздействии высоких температур бетон подвергается ряду физико-химических изменений, которые могут привести к его деградации. Основные процессы включают:

- утрата воды связывания: при температурах выше 100 °C происходит испарение воды, что вызывает снижение прочности бетона;

- дегидратация цементного камня: при достижении температуры 300–400 °C начинается разложение гидросиликатов кальция, что приводит к образованию микротрещин;

- тепловое расширение: различия в коэффициентах теплового расширения между компонентами бетона создают внутренние напряжения, способствующие растрескиванию;

- деструкция арматуры: при температурах выше 600 °C снижается прочность арматурных элементов, что может привести к потере несущей способности конструкции [4].

Данные процессы накладывают ограничения на использование стандартных методов оценки огнестойкости, делая необходимым применение комплексного подхода, такого как градиентно-температурный критерий.

Химическая отрасль характеризуется особыми условиями эксплуатации, которые требуют усиленных мер защиты бетонных конструкций:

- высокие температуры технологических процессов: многие производственные операции в химической промышленности проводятся при температурах, близких к критическим для бетона;

- наличие взрывоопасных веществ: возможность возникновения взрывов увеличивает вероятность быстрого распространения пламени;

- коррозионные среды: агрессивные химические вещества могут ускорять деградацию бетона даже при нормальных температурах.

Применение градиентно-температурного критерия позволяет учесть все эти факторы при оценке огнестойкости конструкций. Например, использование специальных добавок, таких как минеральные порошки или полимерные

модификаторы, может повысить термостойкость бетона и увеличить время его выдержки при пожаре.

Современные компьютерные технологии позволяют моделировать температурные поля внутри бетонных конструкций с высокой точностью. Численные методы, такие как конечные элементы (FEM), используются для прогнозирования распределения температуры и деформаций при различных пожарных нагрузках. Данные модели помогают:

- оптимизировать конструктивные решения при проектировании;
- выбирать наиболее эффективные материалы для защиты от пожаров;
- оценивать текущее состояние существующих объектов.

Современные технологии открывают новые возможности для повышения огнезащитных свойств бетонных конструкций [3]. Среди перспективных направлений можно выделить:

- использование инновационных добавок: например, графен или углеродные нанотрубки, которые могут повысить теплостойкость бетона;
- применение цифровых методов моделирования: совершенствование алгоритмов численного анализа позволит более точно прогнозировать поведение конструкций при пожарах;
- развитие нормативной базы: включение градиентно-температурного критерия в стандарты проектирования и эксплуатации промышленных объектов станет важным шагом в развитии безопасных технологий.

Таким образом, градиентно-температурный критерий огнестойкости представляет собой современный и научно обоснованный подход к анализу поведения бетонных конструкций при воздействии высоких температур, характерных для пожаров в химической промышленности. Методология учета температурных градиентов и их влияния на механические свойства бетона позволяет более точно оценивать состояние конструкций под действием пожарных нагрузок. Это особенно важно для проектирования и эксплуатации объектов с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций. В условиях стремительного развития технологий совершенствование нормативной

базы и внедрение инновационных материалов станут ключевыми факторами обеспечения безопасности промышленных объектов. Градиентно-температурный критерий может быть успешно интегрирован в стандарты проектирования и эксплуатации, что позволит существенно повысить уровень защищенности бетонных конструкций в сложных условиях химической отрасли.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.

2. Анискин Н.А., Нгуен Чонг Чык, Брянский И.А., Дам Хыу Хынг Определение температурного поля и термонапряженного состояния укладываемого бетонного массива методом конечных элементов // Вестник МГСУ. 2018. С. 1407-1418.

3. Бабицкий В.В. Прогнозирование кинетики твердения бетона при термосном выдерживании конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. №4. с.66.

4. Будадин О.Н. Метод теплового контроля с использованием быстрого преобразования Фурье // Контроль. Диагностика. 2007. №6.

5. Еналеев Р. Ш., Димухаметов Р. Р., Тучкова О. А., Харитоновна О. Ю. Моделирование огнестойкости бетона при высокоинтенсивном нагреве // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №5. С. 88-95.

UDC 614.849

**TEMPERATURE GRADIENTS AND THEIR EFFECT ON THE FIRE
RESISTANCE OF CONCRETE STRUCTURES IN THE CHEMICAL
INDUSTRY**

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Artyom Ev. Shein

student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article discusses the application of the gradient-temperature criterion of fire resistance to analyze the behavior of concrete structures during fires in the chemical industry. This methodological approach allows us to take into account the temperature distribution inside the structure and its effect on the physical and mechanical properties of the material. Attention is also paid to the physical mechanisms of concrete destruction at high temperatures, the specifics of the operation of chemical industry facilities and the prospects for the development of technology.

Keywords: fire resistance, concrete structures, gradient-temperature criterion, temperature gradient, chemical industry, fire safety.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.