

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Михалева Л.В., студентка гр. ПГС-307, Ажермачёв С.Г., к.т.н., доцент
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Воздействие высоких температур на несущие конструкции сооружений может наблюдаться при пожарах или технологических процессах (например, в горячих цехах).

При нагреве *железобетонный элемент* удлиняется на величину, большую удлинения бетона и меньшую удлинения арматуры. В элементе возникают внутренние напряжения с растяжением в бетоне и сжатием в арматуре. Арматура расширяется больше чем бетон и разрывает его. При температуре выше 300-500°C возникает ползучесть и релаксация напряжения в бетоне и арматуре. Напряжение в арматуре и бетоне между трещинами снижается, а удлинение железобетонного элемента приближается к удлинению бетона. Деформации от резкого температурного расширения арматуры и бетона оказывают такое же влияние на напряженное состояние, как и усадка бетона при нормальной температуре.

На рис.1 приведена схема разрушения балок из конструкционного керамзитобетона. Балки армировали рабочей арматурой 2 \varnothing 20 класса А-III и поперечной класса А-I. После одностороннего нагрева до достижения заданной температуры и 2-часового выдерживания балки нагружали сосредоточенными силами, приложенными на консольных участках. Нагрев со стороны крайнего сжатого волокна бетона до 400°C увеличивает раскрытие наклонных трещин в 1,1 раза, а до 800°C - в 2,3 раза. Односторонний кратковременный нагрев до 400°C снизил прочность наклонных сечений балок в среднем на 10%, а до 800°C - на 20%.

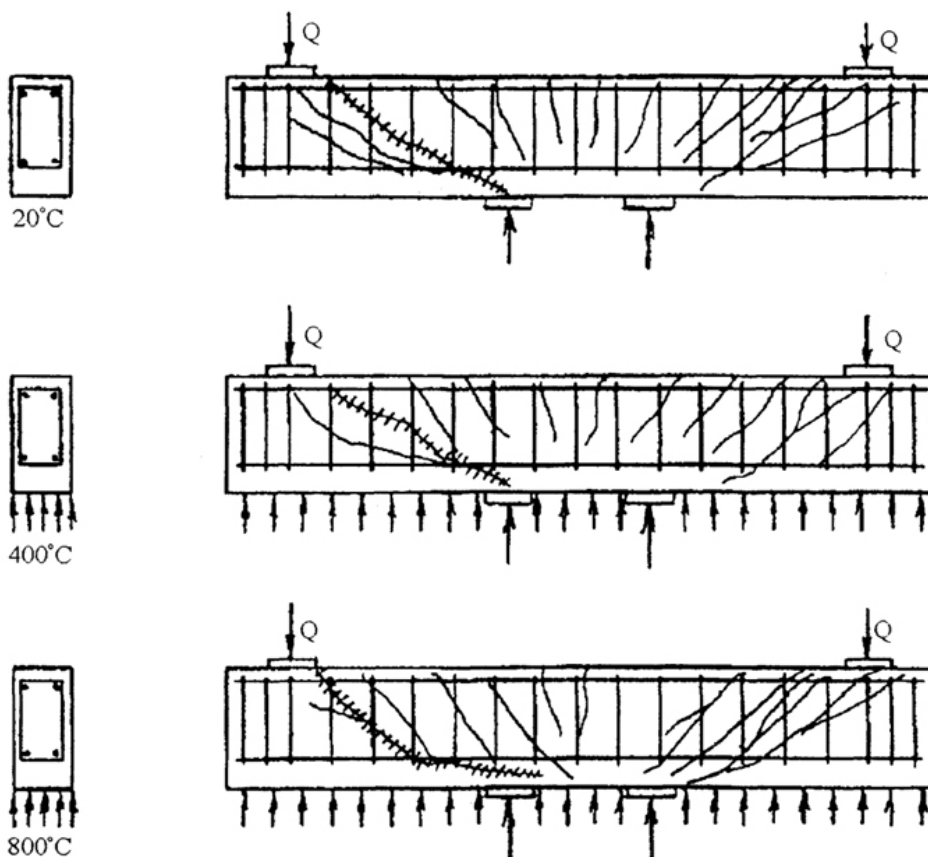


Рис. 1. Характер развития наклонных трещин при разрушении балок прямоугольного сечения с укороченными хомутами

В табл.1 приведены признаки степени повреждения огнем изгибаемых и сжатых железобетонных аварийных конструкций.

Таблица 1

Состояние конструкций после огневого воздействия		Рекомендации по устранению повреждений
изгибаемых	сжатых	
1	2	3
Наличие остаточных прогибов конструкций, превышающих в 5-10 раз предельные (1/20-1/50 пролета), с образованием в растянутой зоне сквозных трещин с шириной раскрытия 1-5 мм или с признаками разрушения сжатой зоны элемента; наличие чрезмерных трещин в бетоне от главных растягивающих напряжений, трещин в опорных узлах или трещин, пересекающих зону анкеровки растянутой арматуры; сквозное взрывообразное разрушение или следы огневой эрозии бетона массивных сечений на глубину более 20 мм, потеря устойчивости положения элемента; горизонтальный выгиб более 1/100 пролета; деление изгибаемого элемента на отдельные блоки по вертикали и горизонтали; разрывы арматурных стержней, пережог и выпучивание арматуры; тяжелые повреждения поверхностного слоя бетона огневым воздействием (звук бетона глухой, зубило легко вбивается в бетон на глубину 10-20 мм); потеря сцепления арматуры с бетоном у концов элемента или более 1/4 пролета в его середине; перекаливание бетона тонкостенных сечений полок, панелей, стенок балок; разрушение элементов решетчатых конструкций (балок, ферм)	Потеря устойчивости сжатого элемента; наличие разрушенных участков конструкций; разрывы арматурных стержней или их пережог; выпучивание более 50% сжатой арматуры; следы огневой эрозии или взрывообразного разрушения бетона на глубину более 30 мм в массивных сечениях или образование сквозных отверстий (более 20% площади сборного элемента в полках панелей); нарушение сцепления арматуры с бетоном по всему периметру сечения; отпадание защитного слоя бетона в начале огневого воздействия и перегрев арматуры; изломы консолей колонн; обрыв растянутой арматуры в консолях; разрушение элементов составных и решетчатых колонн	Оградить зону аварийных конструкций, установить временные крепления, разобрать непригодные для восстановления элементы, привести в исходное положение восстанавливаемые элементы, выправить и усилить конструкции расчетными обоймами, заменить не пригодные для дальнейшей эксплуатации конструкции новыми

Пожар проходит три стадии: начальную (5-30 мин), характеризующуюся загоранием материалов ($t_1 = 100 - 250^\circ\text{C}$); интенсивного горения ($t_2 - 600 - 400^\circ\text{C}$) и медленного снижения температуры. Огневое воздействие на строительные конструкции характеризуется мощностью, определяемой, количеством теплоты пожара на единицу площади в единицу времени.

Цвет бетона, подвергшегося огневому воздействию, изменяется в зависимости от вида заполнителя и вяжущего. При температуре до 300°C тяжелый бетон принимает розовый оттенок, при $400-600^\circ\text{C}$ – красноватый, при $900-1000^\circ\text{C}$ – бледно-серый. Коэффициент линейного расширения заполнителей изменяется в широких пределах. Вследствие этого при умеренно высоких температурах сцепление заполнителя с цементным камнем резко

снижается. Происходит температурное "растопливание" бетона. Микротрещины в бетоне образуются при $t \approx 300...400^\circ\text{C}$. При дальнейшем увеличении температуры образуются макротрещины. Образцы, прогретые при $t \geq 700^\circ\text{C}$, после охлаждения разрушаются. Взрывоопасное разрушение бетона возникает при быстром нагреве поверхности. Часто это происходит в статически неопределимых, преднапряженных и тонкостенных элементах.

При пожаре наблюдается значительный (до 1000°C) перепад температур между обогреваемой и необогреваемой поверхностями. Вследствие этого прочность по сечению изменяется. Предельная сжимаемость бетона с повышением температуры нагрева на 200, 400 и 500°C увеличивается в 1,6, 2,2 и 2,3 раза по сравнению с ненагреваемым бетоном. Остаточные пределы прочности бетона на сжатие различных слоев бетона в момент разрушения резко отличаются.

Незащищенные от огня тонкостенные *металлические конструкции* наиболее чувствительны к тепловому потоку. При $t \leq 200^\circ\text{C}$ дополнительные деформации металла незначительные. С увеличением температуры остаточные деформации резко возрастают. Нагруженные элементы конструкции после нагрева до $500-600^\circ\text{C}$ имеют значительные деформации и через 15-20 мин обрушаются. При $t=1100-1300^\circ\text{C}$ происходит изменение структуры и снижение механических свойств. При $t > 1400^\circ\text{C}$ отдельные участки конструкции оплавляются.

Изменение состояния других материалов при повышении температуры приведено в табл. 2.

Таблица 2

$t, ^\circ\text{C}$	Изменение состояния при пожаре
	<i>Силикатный кирпич</i>
300	Возрастание прочности до 60% первоначальной
600	Начало снижения прочности
700	Снижение прочности в 2 раза, образование трещин
900	Снижение прочности в 5 раз, интенсивное образование трещин
	<i>Глиняный кирпич</i>
800-900	Возникновение малых поверхностных трещин, более сильное образование трещин в цементно-песчаном растворе
900-1000	Незначительные отколы углов кирпича, выступающих на поверхность, шелушение поверхности раствора
1000-1200	Сильное повреждение кладки на 10... 15 мм, откалывание лещадок, выкрашивание раствора на 15... 20 мм
1200-1350	Размягчение легкоплавких глин на толщину прогрева
	<i>Древесина</i>
110	Высыхание с выделением летучих веществ
110-150	Пожелтение
150-250	Образование коричневой окраски
250-300	Возникновение следов воспламенения древесины
400-600	Незначительное обугливание по толщине
600-800	Образование крупнопористого древесного угля
800-1000	Значительное выгорание мелкопористого угля

Более 1000	Полное выгорание древесины, обрушение конструкций <i>Сталь</i>
200-250 300-400	Разрушение лакокрасочного защитного покрытия Коробление элементов конструкций
Более 400	Резкое падение прочностных характеристик стали и несущей способности конструкций

В горячих цехах появляются большие температурные перемещения, приводящие к отклонению конструкций от проектного положения. При наличии связей возникают дополнительные усилия. Они могут привести к искривлению элементов и появлению трещин. Источниками тепловых воздействий являются доменные, сталеплавильные, сталелитейные печи, конвекторы и чугунолитейные вагранки и др.

Воздух вблизи несущих и ограждающих конструкций нагревается до 50-150°C. Многократный импульсный нагрев до 50-70 теплосмен в сутки приводит к короблению плит и расшатыванию структуры бетона.

Расчет на огнестойкость металлических конструкций включает: определение критической температуры, при которой происходит истощение несущей способности при заданных нагрузках; определение времени прогрева элементов до критической температуры, т.е. предела огнестойкости. Если при $t=20^\circ\text{C}$ модуль упругости равен 1, то при 200°C - 0,94; 300°C - 0,90; 400°C - 0,86; 500°C - 0,80; 600°C - 0,72; 700°C - 0,59. Предел текучести при этих температурах соответственно равен: 0,85; 0,77; 0,7; 0,58; 0,34; 0,11.

Железобетонные конструкции подвергаются воздействию как климатической, так и технологической температуры. Технологические температуры могут колебаться от -180 до 1200°C, климатические от -60 до 70°C. В южной строительно-климатической зоне преимущественно применяют высокопрочные быстротвердеющие портландцементы и низкоалюминатные портландцементы. Быстрый набор прочности цементного камня приводит к образованию плотных оболочек новообразований, препятствующих поступлению воды к негидратированным цементным зернам.

Для изготовления жаростойких бетонов применяют:

- гидравлические вяжущие - портландцемент, быстротвердеющий портландцемент, шлакопортландцемент; глиноземистый, высокоглиноземистый;
- воздушные вяжущие - жидкое стекло, триклазовый цемент и др.;
- химические связующие - силикат натрия, фосфатин и др.

Разработан самовспучивающийся жаростойкий бетон. После затворения водой происходит увеличение объема исходного материала в 2-2,5 раза. Бетон используют для изготовления жаростойких ограждений конструкций с объемной массой 400-450 кг/м³. В процессе эксплуатации нефтехранилищ на конструкции действуют температуры от 100-150°C и ниже, а в критических условиях - выше 400°C.

По данным прочность бетона повышается, а модуль упругости понижается при температуре до 100°C; бетон сохраняет свою нормальную прочность, модуль упругости уменьшается при температуре 100°C; коэффициент теплового расширения растет при температуре свыше 120°C; усадка бетона возрастает при повышении температуры; ползучесть бетона возрастает до 3 раз с повышением температуры; деформация ползучести при переменной температуре воздействия увеличивается; прочность бетона при температуре от 400 до 500°C вследствие разрыхления структуры резко уменьшается; модуль упругости уменьшается на 40-50%; остаточные деформации, деформации ползучести и усадочные деформации сильно увеличиваются.

В ряде случаев пожары сопровождаются взрывами. При этом на конструкции действуют два вида особых нагрузок - динамические и высокотемпературные. Возможно существенное влияние предварительного нагрева на динамическую прочность или предварительного динамического нагружения на температуру разрушения бетона.

В современных высотных зданиях дым и огонь в считанные минуты распространяется по всем этажам через лифтовые шахты и лестничные клетки. Так, 30-этажное здание гостиницы "Хилтон" в г. Лас-Вегасе (США, 1981) в течение 10-15 мин. было охвачено огнем. Пожар возник на 8 этаже. Также быстро распространился пожар в гостинице "Россия" (25 февраля 1977 г.).

Наибольший ущерб приносят пожары на химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, лакокрасочных заводах и т.п. Они охватывают прилегающие территории, и для их ликвидации требуется длительное время. Примером тому является пожар вблизи г. Мехико (Мексика, 1984). Столб огня и дыма достигал почти километровой высоты. Практически уничтожен был весь поселок. Причиной явилось короткое замыкание в одной из лабораторий. Крупнейшие пожары произошли в г. Сингапуре (Малайзия, 1972), Маниле (Филиппины, 1982), когда на площади 3-4 га были уничтожены все здания.

ВЫВОДЫ

1. В горячих цехах появляются большие температурные перемещения, приводящие к отклонению конструкций от проектного положения.

2. При наличии связей возникают дополнительные усилия. Они могут привести к искривлению элементов и появлению трещин.

3. Источниками тепловых воздействий являются доменные, сталеплавильные, сталелитейные печи, конвекторы и чугунолитейные вагранки и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милованов А.Ф., Алимханов Н.Ж. Расчет наклонных сечений изгибаемых элементов из жаростойкого керамзитобетона. // Бетон и железобетон.-1989.-№10. - С.13-14

2. Жуков В.В., Ремнев В.В. Жаростойкие бетоны и перспективы их применения // Бетон и железобетон, 1995. - №4. - С. 13-16

3. Ильин Н.А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром. - М.: Стройиздат, 1983. - 200 с.

4. Милованов А.Ф. Влияние температуры на бетон // Бетон и железобетон. - 1995. - №4.-С. 9-12.

5. Литвинов Р.Г. Стабилизация развития трещин в изгибаемых железобетонных элементах // Бетон и железобетон. - 1993. - № 6. - С. 27-28.

УДК 531.8

КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И СИЛЫ ИНЕРЦИИ. ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПРИНЦИП

Пилявская А.В., студентка группы ВВ-201, Литвинова Э.В., ст. преп.

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрена классификация сил инерции и Петербургский (Д'Аламбера) принцип классической механики.

Силы инерции, принцип Германа-Эйлера-Д'Аламбера, неравновесные системы.

Классическая механика – вид механики (раздела физики, изучающего законы изменения положений тел в пространстве со временем и причины, это вызывающие), основанный на законах Ньютона и принципе относительности Галилея. Поэтому её часто называют "Ньютоновской механикой".

Классическая механика подразделяется на:

- статику (которая рассматривает равновесие тел);
- кинематику (которая изучает геометрическое свойство движения без рассмотрения его причин);
- динамику (которая рассматривает движение тел).