

На рис. 3 представлен фрагмент расчетной схемы в окрестности дефекта структуры – паза смоделированного для расчета программой «SOLIDWORKS».

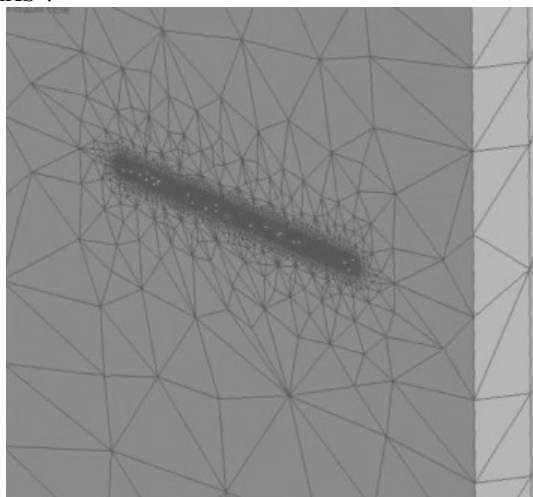


Рис. 3. Фрагмент расчетной схемы в окрестности дефекта структуры – паза

На рис. 4 представлены некоторые результаты расчетов напряжений для представленных выше моделей.

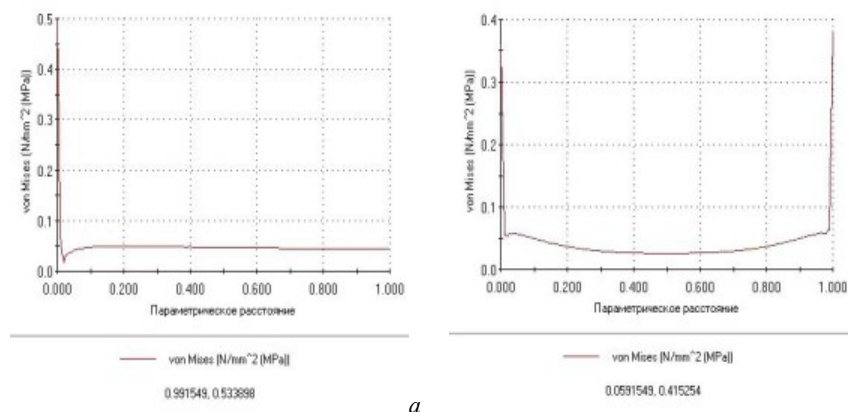


Рис. 4. Статическое узловое напряжение для моделей:
а – с одним дефектом структуры; б – с двумя дефектами структуры

Выводы. Анализ полученных результатов численного моделирования нарушения структуры бетона в локальной области элемента конструкции показал, что на основании разработанных моделей элементов конструкций можно получать адекватную информацию об уровне напряжений в конструкции, а также создать систему мониторинга состояния конструкций в процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Надежность и долговечность железобетонных конструкций атомных электростанций/ Савицкий Н.В. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.- Дніпропетровськ:ПДАБтаА, 2005.-№ 7,8.-С.68-80.
2. Л.Н.Фомица, Р.А.Сумбатов. Измерение напряжений в железобетонных конструкциях К.: Будівельник, 1994.-168с.: ил
3. К выбору критериев адекватности неразрушающих методов определения физико-механических свойств бетонов / Колохов В.В., Кожанов Ю.А., Петров С.С. и др.// Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение Машиностроение, Вып.№25 Дн-ск.:ПГАСА,2003.-С89-91.
4. Инструментально-методологическое обеспечение системы мониторинга технического состояния железобетонных конструкций / Колохов В.В., Савицкий Н.В.// Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение Машиностроение, Вып.№37 Дн-ск.:ПГАСА,2006.-С198-203.
5. Исследование параметров взаимодействия «прибор – бетон» при определении прочностных характеристик бетона / Колохов В.В., Савицкий Н.В., Бородин А.А.// Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение Машиностроение, Вып.№43 Дн-ск.:ПГАСА,2007.-С210-213.
6. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
7. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности.
8. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

УДК 624.073:614.841.33

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Л.Б. Кравцив, к.т.н.

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,
г. Харьков

Постановка проблемы. Сталебетонные конструкции получили широкое распространение в строительстве, на транспорте и в других областях народного хозяйства, благодаря значительной несущей способности, надежности работы, высокой индустриальности и сборности. Поэтому разработка эффективных методов оценки их огнестойкости является актуальной научной проблемой, имеющей народнохозяйственное значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Существующие методики оценки огнестойкости изгибаемых конструкций нуждаются в совершенствовании и учете дополнительных факторов, оказывающих существенное влияние на их НДС, в частности: переменность параметров E и ν в зависимости от уровня силовых и температурных воздействий; модель бетона как трехфазной среды; различные условия опирания; двумерный нагрев; изменение расчетной схемы конструкций при пожаре и др.

Цель исследований. Состоит в разработке методики расчета однопролетных и многопролетных (неразрезных) сталебетонных и железобетонных балок на силовые и интенсивные (условия пожара) температурные воздействия.

Изложение основного материала. При решении задач о НДС сталебетонных балок при термосиловых воздействиях будем исходить из следующих положений: оценка состояний балок производится с привлечением тех же уравнений равновесия, что и при нормальной температуре, но с учетом изменения свойств материалов при пожаре; для описания процесса деформирования бетона используется метод упругих решений, переменные параметры упругости E_b и ν_b , получены приведением бетона к условию изотропной сплошной среде; рассматриваемые сталебетонные балки выполняются с тепловой защитой стального листа, это диктуется тем, что после 20-30 мин. после начала пожара в нем достигается температура до 800°C , приводящая к текучести [4]; для расчета температурных полей модель бетона представляется как пористая влажная трехфазная среда [1].

Используем условия равновесия элемента сталебетонной балки, нагруженной распределенной нагрузкой $q(x)$ и температурой

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(D \frac{d^2 y}{dx^2} - M_T \right) = q(x), \quad (1)$$

где

$$D = \int_{-h_1}^0 E_{bt}(T) y^2 dy + \int_0^{h_2} E_b(T) y^2 dy + \int_{-l_1}^{-l_2} E_s(T) y^2 dy, \quad (2)$$

$$M_T = - \int_{-h_1}^0 \alpha_{bt} E_{bt}(T) (T - T_0) y dy - \int_0^{h_2} \alpha_b E_b(T) (T - T_0) y dy - \int_{-l_1}^{-l_2} \alpha_s E_s(T) (T - T_0) y dy, \quad (3)$$

$$E_b(T) = E_b \beta_b(T) ; E_{bt}(T) = E_{bt} \beta_b(T); E_s(T) = E_s \beta_s(T) .$$

T_0 - начальная температура; α_b, α_s - коэффициенты объемного расширения бетона и стали; E_b, E_{bt}, E_s - параметры деформирования сжатого, растянутого

бетона и стального листа; β_b, β_s - коэффициенты условий работы нагретого тяжелого бетона и стали при сжатии и растяжении; l_1, l_2, h_1, h_2 - границы интегрирования (рис.1).

Прогиб u_x связан с жесткостью и кривизной зависимостями, полученными в результате решения дифференциального уравнения (1). Решения найдены для однопролетных балок с различными граничными условиями и различным образом нагруженных. Чтобы определить температурные моменты M_T (3), необходимо знать распределение температурно-влажностного поля в сечении балки.

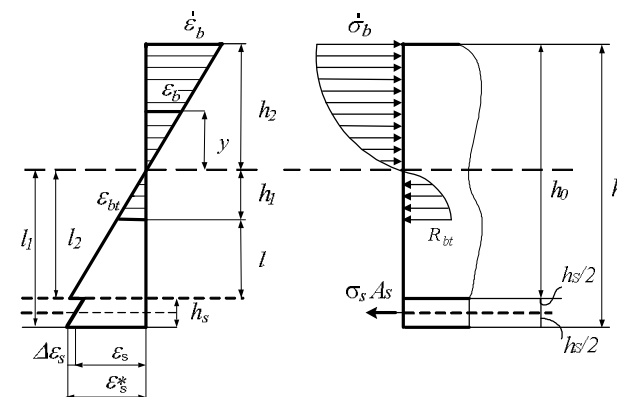


Рис. 1. Напряжения и деформации в сечении сталебетонной балки

Будем предполагать, что балка прогревается равномерно: со стороны стального листа; с трех сторон; с четырех сторон. В случае равномерного прогрева задача о распределении температуры и влаги сводится к одномерной и двумерной. Необходимость рассмотрения и влажностного поля связана с наличием влаги в порах бетона, при испарении которой, возникает подвижная граница парообразования.

Для микропористых сред с размерами пор $r \leq 10^{-7}$ м типа плотных тяжелых бетонов с пористостью порядка 20-30% теплообмен описывается следующей системой уравнений [3]: для одномерного нагрева

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad \frac{\partial \rho_3}{\partial t} = \frac{8r}{3} \sqrt{\frac{R}{2\pi M}} \frac{\partial}{\partial y} (\rho_3 \sqrt{T}); \quad (4)$$

для двумерного нагрева

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right),$$

$$\frac{\partial \rho_3}{\partial t} = \frac{8r}{3} \sqrt{\frac{R}{2\pi M}} \left(\frac{\partial}{\partial y} (\rho_3 \sqrt{T}) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho_3 \sqrt{T}) \right), \quad (5)$$

где y, z - координаты по высоте и ширине балки; T - температура твердого каркаса вместе с паром, c - удельная теплоемкость бетона; ρ - плотность сухого твердого каркаса; λ - коэффициент теплопроводности сухого каркаса; ρ_3 - плотность пара; M - молярная масса пара; R - газовая постоянная; t - время. Вторые уравнения (4), (5) служат для определения плотности пара ρ_3 , а затем давления пара $p = \rho_3 RT/M$

Зная распределение температурного поля по ширине и высоте балки определяем температурные моменты. При этом, если температурное поле описывается одномерной задачей тепломассообмена (4), то в выражении (3) для температурного момента M_T используется температурное поле $T(y)$. В результате решение двумерной задачи тепломассообмена (5) температурное поле распределяется на плоскости $T(z, y)$. Для вычисления M_T по формуле (3) выбирается наиболее нагретый слой сечения $T(y) = \max T(z, y)$. Задача тепломассообмена для каждой схемы теплового воздействия (4), (5) решается путем разностной аппроксимации, при этом для (5) используется метод расщепления [2], т.е. на каждом шаге по времени осуществляется прогонка по оси y , а потом по оси z .

В качестве примеров рассмотрим расчет следующих балок: защемленной с одной стороны, шарнирно опертой с другой и нагруженной равномерно-распределенной нагрузкой $q = 30$ кН/м при одностороннем (со стороны стального листа) и трехстороннем температурных воздействиях (табл. 1); шарнирно опертой балки длиной $l=3.2$ м [4], нагруженной посередине пролета сосредоточенной силой $F=9.5$ т при четырехстороннем нагреве (табл.2).

Таблица 1

Распределение температур ($^{\circ}C$) по сечению сталебетонной балки при трехстороннем нагреве

Расчетная схема сечения	NN участка	N участок			
		I	II	III	III
		двумерный нагрев			одномерный нагрев
	a	500.68	20.67	20.67	20.32
	б	536.46	30.62	30.62	21.05
	в	536.35	45.87	45.87	23.12
	г	535.38	83.84	73.48	24.43
	д	534.43	93.54	93.54	71.75
е	532.02	509.04	509.04	514.6	

Как видно из табл.1 распределение температур при двумерном нагреве отличаются от распределения при одномерном нагреве. Это приводит к уменьшению огнестойкости при двумерном нагреве по сравнению с одномерным ~ на 25%.

Таблица 2

Распределение температур ($^{\circ}C$) по сечению железобетонной балки при четырехстороннем нагреве

	I	II	III	IV	V	VI
	a	437.4	376.3	376.3	376.4	376.3
б	444.4	150.3	142.4	142.4	150.3	444.4
в	456.8	200.2	152.3	152.2	200.4	456.8
г	465.7	143.4	135.3	135.3	143.4	465.7
д	472.6	272.5	168.3	168.3	168.5	472.6
е	645.7	582.4	582.4	584.5	582.5	645.8

В табл. 2 приведены результаты расчета второй балки: расчетная огнестойкость составила 93.3 мин (100 мин - опытное значение). Время взрывоопасного разрушения поверхностного слоя равнялась 13 мин (в опытах от 10 до 15 мин). При этом давление пара в порах 7.3 МПа, что превышает величину предела прочности бетона при растяжении.

Также выполнен анализ работы неразрезной балки в зависимости от нагруженности и расположения теплового воздействия (пожара). Рассматривалась пятипролетная балка (рис.2)

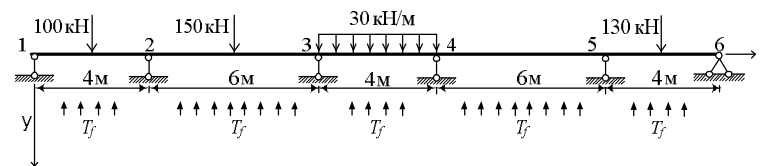


Рис. 2. Схема пятипролетной балки

Тепловое воздействие располагалось во всех пролетах, затем в четырех, трех, двух и одном. Для оценки нагруженности варьировалась величина интенсивности распределенной нагрузки в третьем пролете ($q = 30$ кН/м, $q = 100$ кН/м) при тепловом воздействии на всех пролетах.

Изменение положения температурных воздействий при постоянных нагрузках, а также изменение нагруженности при тепловом воздействии во всех пролетах приводит к значительному перераспределению усилий между опорными и пролетными моментами и влияет на предел огнестойкости неразрезных балок.

Выводы

Разработана методика расчета сталебетонных балок на термосиловые (включающие и пожар) воздействия, учитывающая: модель бетона как трехфазной среды, переменность параметров деформирования E и ν ; одновременно трехсторонний и четырехсторонний нагрев балок, изменение расчетной схемы неразрезных балок.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций / Чихладзе Э.Д., Жакин А.И., Веревичева М.А. – Харьков: ХарГАЖТ, 2000. – Вып. 40. – 97с.
2. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. – М.: Высшая школа, 1990. – 207с.
3. Жакин А.И., Чихладзе Э.Д., Веревичева М.А. Теория теплообмена в пористых средах // Изв. вузов. Строительство – 1998. – №1. – С. 111 – 116.
4. Федоров В.С. Основы обеспечения пожарной безопасности зданий. – М.: Изд-во Асс. строит. вузов, 2004. – 176 с.

УДК 624.131

О ДИАГНОСТИКЕ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Г.И. Кулик, к.т.н., доцент

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
Днепропетровск*

Достаточно высокий процент зданий и сооружений, которые эксплуатируются на территории Украины, частично выработали свой ресурс, приобрели различные дефекты и повреждения и нуждаются в усилении. Задача диагностики технического состояния таких объектов представляет интерес как для проектировщиков, так и для специалистов, занимающихся эксплуатацией. Усилия инженеров-строителей и исследователей направлены на повышение эксплуатационной надежности на различных этапах жизненного цикла объекта. При проектировании, изготовлении, эксплуатации решаются задачи, характерные именно для этого этапа и исследуются результаты применения найденных решений.

Каждый из перечисленных этапов является жизненно важным для любого строительного объекта и проблемы, проявляющиеся на каждом

последующем этапе, как правило, являются следствием предыдущего. Успешно решенные задачи на этапе проектирования должны обеспечивать надежную эксплуатацию объекта, возведение и эксплуатация объекта в соответствии с проектным решением и соблюдением норм и правил эксплуатации позволит добиться максимально эффективного использования объекта.

Однако, опыт эксплуатации сооружений [2,5,6] показывает, что усилия, направленные на повышение надежности строительных объектов на всех этапах жизненного цикла, все же не решают в полной мере поставленную задачу. Об этом свидетельствуют сообщения об авариях, часто связанных не только с экономическим ущербом, но и с человеческими жертвами.

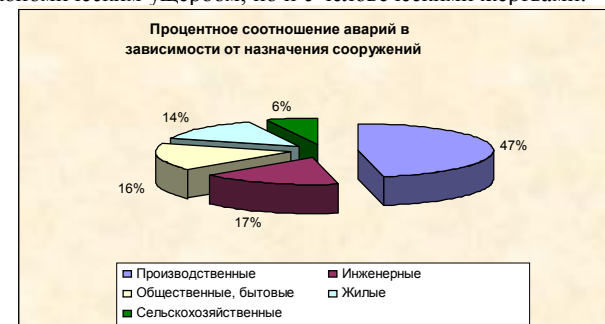


Рис. 1 Анализ аварий сооружений различного назначения.

При исследовании опубликованных данных об эксплуатации промышленных зданий и сооружений [2,6], были выявлены следующие закономерности.

Наиболее подвержены авариям сооружения промышленного назначения (Рис.1).

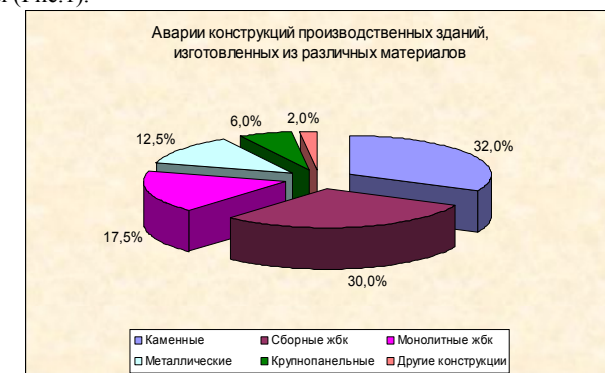


Рис. 2. Анализ аварий конструкций производственных зданий.