

УДК 614.8

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БОЛТОВОГО УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПОЖАРЕ

А.В.Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ

Считается, что разрушение изгибаемой статически определимой строительной конструкции (с шарнирным закреплением) происходит из-за образования пластического шарнира в пролетной части, а разрушение статически неопределимой конструкции – из-за образования пластических шарниров в пролетной части и на опорах [1].

На практике не всегда удается точно определить, действительно ли изгибаемая конструкция статически определима из-за особенностей ее закрепления на опорах. Часто она только принимается как статически определимая для расчетов в нормальных условиях по предельным состояниям. Поэтому следует уточнить очередности и особенности образования пластических шарниров при достижении критической температуры балочной конструкции во время пожара.

Для разрезного изгибаемого элемента с верхним опиранием и болтовым креплением принимается шарнирная схема закрепления [1]. То есть имеется в виду, что на опорах, несмотря на надежность крепления возможны микроперемещения изгибаемого элемента. Его допустимый прогиб в нормальных условиях обеспечивается собственной жесткостью элемента. Это означает, что при достижении в пролетной части 3 стадии напряженно-деформированного состояния (а значит и образования пластического шарнира) нельзя ожидать автоматического образования пластических шарниров на опорах. Они появятся по исчерпанию несущей способности болтового соединения. Можно ожидать, что при нагреве изгибаемого элемента во время пожара и достижении критической температуры увеличится прогиб элемента за счет пластической деформации, что вызовет увеличение напряжения в анкерных болтах на опорах и образование в этих местах пластических шарниров.

Для проверки предположения в качестве примера выбрана равномерно нагруженная балка с верхним опиранием на колонну и болтовым креплением двумя анкерными болтами М64 из стали ВСтЗкп2 по ГОСТ 535-88. Принято: расчетное сопротивление на разрыв $R_{ba}=185$ МПа и на срез $R_{bc}=145$ МПа, изгибающий момент $M_m=166$ кН·м, плечо опирания балки на оголовок колонны $l_N=150$ мм, допустимый относительный прогиб балки $\Theta = 0,005$.

Усилие, вызывающее в болте напряжение, можно разложить на составляющие: P_N – вдоль оси болта (растяжение) и P_C – перпендикулярно оси (срез). Причем, эти усилия будут изменяться в зависимости от прогиба балки.

В соответствии с указаниями СНиП 2.03.01-84, а также из условия равновесия можно найти напряжения растяжения (σ_N) и среза (τ_C) в болте:

$$\sigma_N = \frac{P_N}{A} = \frac{4M_m}{l_N(1+4\Theta^2)n\pi d^2}; \quad (1)$$

$$\tau_C = \frac{P_C}{A} = \frac{8M_m\Theta}{l_N n\pi d^2}, \quad (2)$$

где A – суммарная площадь сечения болтов, см^2 ; n – количество болтов; d – диаметр болта, мм; Θ – относительный прогиб балки. Результаты вычислений показаны в табл. 1.

Далее, можно определить коэффициенты снижения прочности болтов при повышении температуры (γ_T) для различных значений относительного прогиба балки [2].

Для напряжения растяжения:

$$\gamma_T = \frac{M_m}{l_N(1 + 4\Theta^2)AR_{ba}\gamma_c}. \quad (3)$$

Для напряжения среза:

$$\gamma_T = \frac{2M_m\Theta}{l_N AR_{bc}\gamma_c}, \quad (4)$$

где γ_c – коэффициент условий работы, $\gamma_c=1$. Результаты вычислений показаны в табл. 1.

Табл. 1. Напряжения и критические температуры в анкерных болтах при различных значениях относительного прогиба балки

Относительный прогиб, Θ	При работе на растяжение			При работе на срез		
	$\sigma_N, \text{кН/см}^2$	γ_T	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau_c, \text{кН/см}^2$	γ_T	$t, ^\circ\text{C}$
0,005	17,20	0,91	170	0,17	0,012	700
0,01	17,19	0,89	180	0,34	0,024	700
0,05	17,03	0,77	300	1,72	0,12	690
0,1	16,54	0,66	450	3,44	0,23	640

Вычислив значения коэффициентов снижения прочности болтов, можно определить температуры (t), при которых достигаются предельные сопротивления на разрыв и срез в опорном узле при различных значениях относительного прогиба балки [2].

Приведенный пример показывает, что при верхнем опирании балок на колонну в расчетном болтовом креплении при эксплуатационных температурах пластический шарнир не образуется при относительном прогибе балки значительно превышающем допустимый. В случае же прогрева узла соединения до температуры 170°C даже при допустимом относительном прогибе образуется пластический шарнир, обуславливающий потерю несущей способности балки.

Следовательно, при пожаре достижение критической температуры в пролетной части изгибаемого элемента приведет к разрушению конструкции, только если узел крепления даже сравнительно мало нагревается, то есть не обеспечена его огнезащита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков, В.Н. Строительные конструкции : Учеб. для вузов . – 2-е изд., перераб. – М. : Стройиздат, 1980 . – 364 с.
2. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: Навчальний посібник / О.В. Васильченко, Ю.В. Квітковський, О.В. Миргород, О.А. Стельмах. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 488 с.