

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

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА БОЛТОВОГО УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

(представлено д.т.н. Поздеевым С.В.)

На примере равномерно нагруженной балки с верхним опиранием на колонну показано, что только нагревание расчетного болтового узла крепления приводит к образованию пластического шарнира, вызывающего потерю устойчивости конструкции.

Ключевые слова: болтовой узел крепления, пластический шарнир, критическая температура.

Постановка проблемы. Строительные конструкции потенциально опасных промышленных объектов и объектов повышенной опасности проектируются с учетом возможности возникновения чрезвычайных ситуаций, соответствующих профилю их деятельности: пожаров, взрывов и т.п. Тем не менее, при пожарах на этих объектах случаются обрушения перекрытий и покрытий зданий, которые происходят раньше расчетного времени наступления их предела огнестойкости. Обследование таких аварий показало, что обрушение происходит из-за смещения несущих балочных конструкций в местах опирания.

Выяснение причин смещения при пожаре несущих балок в местах крепления позволит решить проблему повышения устойчивости зданий при чрезвычайных ситуациях.

Анализ последних исследований и публикаций. 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 (с жестким закреплением) – из-за образования пластических шарниров в пролетной части и на опорах [1].

Для разрезного изгибаемого элемента с верхним опиранием и болтовым креплением принимается шарнирная схема закрепления [1]. Имеется в виду, что на опорах, несмотря на надежность крепления возможны микроперемещения изгибаемого элемента, а его допустимый прогиб в нормальных условиях обеспечивается собственной жесткостью элемента.

Это означает, что в системе с принятой шарнирной схемой закрепления при достижении в пролетной части третьей 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. То есть для определения жесткости изгибаемого элемента необходимо знать взаимное влияние его закрепления и обра-

зующегося пластического шарнира в пролетной части на потерю несущей способности. Такой подход вносит коррективы в расчет времени разрушения конструкции, так как кроме расчета самого изгибаемого элемента потребуется рассчитывать и его узел опирания.

Особенно важно учитывать это обстоятельство при нагреве изгибаемого элемента во время пожара, т.к. при достижении критической температуры увеличивается прогиб элемента за счет пластической деформации, что вызывает увеличение напряжения в анкерных болтах на опорах и образование в этих местах пластических шарниров [2].

Постановка задачи и ее решение. Задачей работы является изучение напряженно-деформированного состояния болтового узла крепления при различных значениях прогиба изгибаемого элемента с целью определения влияния этих факторов на критическую температуру болтов.

Для 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 болтовое соединение нормальной точности с расчетным сопротивлением на разрыв $R_{ba}=185$ МПа и расчетным сопротивлением на срез $R_{bc}=145$ МПа. Изгибающий момент принят $M_m=166$ кН·м, плечо опирания балки на оголовок колонны принят $l_N=150$ мм, принят допустимый относительный прогиб балки $\Theta = 0,005$.

Предполагается, что при обеспеченности прочности конструкции в нормальных условиях, когда относительный прогиб балки не превышает допустимого, болты в узле опирания только фиксируют положение балки и не испытывают значительных напряжений. Но в случае пожара и достижения критической температуры увеличится прогиб балки за счет пластической деформации, что вызовет увеличение напряжения в анкерных болтах на колоннах. 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.

Рассмотрен случай деформации балки с превышением допустимого относительного прогиба и поведение анкерных болтов, как при эксплуатационных температурах, так и в условиях пожара.

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, см²; n – количество болтов; d – диаметр болта, мм; Θ – относительный прогиб балки. Результаты вычислений показаны в табл. 1.

Полученных данных достаточно, чтобы определить коэффициенты снижения прочности болтов при повышении температуры (γ_T) для различных значений относительного прогиба балки [3].

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; $\gamma_c=1$.

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 [3]. 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		
	σ_N , кН/см ²	γ_T	t , °С	τ_C , кН/см ²	γ_T	t , °С
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

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 °С даже при допустимом относительном прогибе образуется пластический шарнир, обуславливающий потерю несущей способности балки.

Выводы. Таким образом, на примере показано, что для равномерно нагруженной балки с верхним опиранием на колонну при нормальных условиях относительный прогиб, значительно превышающий допустимый, не приводит к образованию в расчетном болтовом узле крепления пластического шарнира.

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

С другой стороны, если нагревается только болтовой узел соединения, то даже при допустимом относительном прогибе балки можно ожидать в нем образования пластического шарнира, приводящего к потере устойчивости узла крепления и обрушению конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков В.Н. Строительные конструкции: учеб. для вузов / В.Н. Байков. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Стройиздат, 1980. – 364 с.
2. Пожарная безопасность в крепежных технологиях [Электронный ресурс]: Fischer – крепежные системы: Техническое руководство. – 2006. – С. 283-302. – Режим доступа: <http://www.allbeton.ru/upload/iblock/533/rojarnaya-bezopasnost-v-krepezhnih-tehnologiyah.pdf>.
3. 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.

Получено редколлегией 13.03.2017

О.В. Васильченко

Вплив нагрівання болтового вузла кріплення на міцність балкової конструкції

На прикладі рівномірно навантаженої балки з верхнім обпиранням на колону показано, що тільки нагрівання розрахункового болтового вузла кріплення призводить до утворення пластичного шарніра, що викликає втрату стійкості конструкції.

Ключові слова: болтовий вузол кріплення, пластичний шарнір, критична температура.

A. Vasilchenko

Influence of heating of the bolt attachment on the stability beam construction

On an example of in regular intervals loaded beam with top bearing on the column it is shown that only heating of the design bolt attachment leads to the formation of the plastic hinge causing a loss of stability of the structure.

Keywords: bolt fastening knot, plastic hinge, critical temperature.