

РЕКОНСТРУКЦИЯ, АНАЛИЗ И УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Автор: Александр КИОСЕ-РАДУ

Технический Университет Молдовы

Резюме: В данной статье рассмотрены вопросы связанные с обследованием, реконструкцией и усилением металлических зданий и сооружений. Были изучены дефекты металлических конструкций, которые появляются в результате их эксплуатации, а также представленные способы их устранения. Изученные методы были применены при усилении существующего здания, после чего были сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: реконструкция, эксплуатация зданий, запас прочности, дефекты конструкций, модернизация, усиление

1. Реконструкция зданий и сооружений.

Реконструкция зданий и сооружений – это их переустройство с целью частичного или полного изменения функционального назначения, установки нового эффективного оборудования, улучшения застройки территорий, приведения в соответствии с современными возросшими нормативными требованиями.

При этом может возникнуть необходимость установить более новое оборудование, которое чаще всего обладает большими габаритами и большей массой, расширить технологические зоны в плане и по высоте, что приводит к изменению объемно-планировочных решений и увеличению нагрузки на существующие конструкции.

Реконструкция связана с восстановлением эксплуатационных показателей и усилением несущих элементов зданий и сооружений. Эти работы требуют индивидуальных подходов, отличных от подходов к конструктивным решениям при новом строительстве.

При реконструкции методы ремонта и усиления строительных конструкций и их отдельных элементов зависят от следующих факторов:

- Материала конструкции;
- Наличия дефектов, степени повреждения конструкции;
- Месторасположения конструкции (доступности, ремонтпригодности);
- Возможности приостановки работы в административном или производственном здании на время проведения ремонта.[1, стр. 183]

Основным свойством, определяющим надежность строительных конструкций зданий и инженерных сооружений, является безотказность их работы — способность сохранять заданные функции в течение определенного срока службы.

2. Дефекты металлических конструкций, методы усиления.

Так как тема моего доклада связана с металлическими конструкциями, хотелось бы описать дефекты, которые чаще всего встречаются в результате эксплуатации конструкций:

- ослабление поперечного сечения или отсутствие элемента..
- трещины в основном металле.
- трещины в сварном шве
- дефекты сварных швов: неполномерность швов, пороки сварки, отсутствие швов
- общее искривление элемента по всей длине
- местное искривление на части длины элемента или вмятина.
- ослабление или отсутствие болтов или заклепок.
- дефекты болтовых и заклепочных соединений, такие, как трещиноватость, неполномерность головок, перекося стержня, неплотность пакета и т.д.
- отклонение или смещение конструкций относительно проектного положения.
- зазоры в местах сопряжения элементов,

- коррозионные повреждения основного и наплавленного металла,
- повреждения защитного покрытия.

От типа дефекта зависит способ усиления конструкции и методы его реализации. Данные методы представлены ниже.

1. Косвенное усиление или изменение условий эксплуатации.

- Использование резервов несущей способности за счет:
 - а. Учёта фактических механических характеристик стали и временных нагрузок.
 - б. Уточнение схемы работы элементов конструкции.
 - в. Учёта совместной работы несущих и ограждающих конструкций.
- Ограничение работы технологического оборудования или замена его на новое с меньшим воздействием.
- Замена существующих ограждающих конструкций на другие с меньшей массой.
- Проведение дополнительных промежуточных несущих и ограждающих конструкций (например прогонов).

2. Изменение конструктивной и расчетной схемы конструкции.

- Подведение или установка дополнительных опор или подвесок.
- Подстановка дополнительных связей, распределительных систем.
- Превращение разрезных систем в неразрезные и наоборот.
- Введение новых стержневых элементов и систем для рационального изменения статической схемы.
- Предварительное напряжение конструкций.

3. Увеличение площади сечения. Присоединение к существующему элементу дополнительного, увеличивающего площадь первого.

4. Местное усиление.

- Установка элементов, перекрывающих местные дефекты (накладки, дополнительные фасонки и т.п.).
- Установка дополнительных креплений элементов: планки и решетки между ветвями.
- Установка дополнительных ребер жесткости.

5. Усиление соединений.

- Увеличение катета и длины сварных швов.
- Постановка дополнительных болтов, замена заклепок болтами для болтовых и заклепочных соединений.

3. Расчет усиления конструкции на примере усиления сжатых элементов путем увеличения их сечения.

При усилении сжатых элементов увеличением их сечения (без предварительного напряжения) расчет осуществляют по следующей схеме. [7, стр. 55]

1. Определяют начальный прогиб усиливаемого стержня в плоскости действия момента:

$$f^{oc} = (N_n e_{nx}^{oc}) / (N_{эx}^{oc} - N_n), \quad (1)$$

где $e_{nx}^{oc} = M_n / P_n$ — случайный начальный эксцентриситет продольной силы относительно оси X, принимаемый с соответствующим знаком (P_n и M_n — расчетные значения начальной продольной силы и момента); $P_{эx}^{oc} = n^2 EJ_x^{oc} / l_x^2$ — эйлерова сила для основного стержня EJ_x^{oc} - момент инерции; l_x — расчетная длина основного стержня).

При усилении центрально сжатого элемента начальный эксцентриситет равен

$$e_n^{oc} = m_n^{oc} \frac{W^{oc}}{F^{oc}} = m_n^{oc} \rho^{oc}, \quad (2)$$

где m_n^{oc} — случайный начальный относительный эксцентриситет, определяемый по графику (рис. 1); W^{oc} и ρ^{oc} — момент сопротивления и ядровое расстояние для крайних волокон усиливаемого элемента.

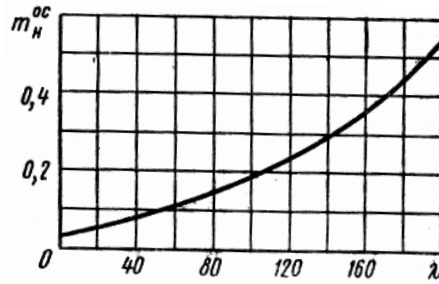


Рис 1. График зависимости случайного начального эксцентриситета от гибкости. [7, стр. 50]

2. При заданной внешней нагрузке определяют возможность усиления основного стержня:

$$\sigma_{1,2}^{oc} = \frac{P_n}{F_{нт}^{oc}} + \frac{P_n(e_{nx}^{oc} + f_{nx}^{oc})}{J_{хнт}^{oc}} y^{oc} \leq m_c R^{oc} k, \quad (3)$$

где $F_{нт}^{oc}, J_{хнт}^{oc}$ — характеристики усиливаемого элемента; y^{oc} — ординаты наиболее удаленных волокон сечения относительно оси x^{oc} ; m_c — коэффициент условий работы; R^{oc} — расчетное сопротивление материала основного стержня; $k = 0,6$ — коэффициент ограничения напряжений при усилении ненапряженными элементами с применением сварки.

3. Определяют прогиб усиленного элемента:

при присоединении элементов усиления к плоским поверхностям

$$f_n = f_n^{oc}; \quad (4)$$

при присоединении к вогнутой и выпуклой поверхности

$$f_n = f_n^{oc} \left(1 - \frac{\sum J^{yc}}{\sum J^{yc} + J^{oc}} \frac{N_3}{N_3 - N_n} \right), \quad (5)$$

где $\sum J^{yc}$ — сумма моментов инерции элементов усиления относительно их собственных осей, параллельных оси x ; J^{oc} — момент инерции усиленного стержня; $N_3 = \pi^2 EJ / l^2$ — эйлерова сила усиленного стержня.

4. Выполняют расчет прикрепления элементов усиления.

Расчет швов на сдвигающие усилия

$$T = \frac{Q_{\max} S_x^{yc}}{J_x} a_{\omega}, \quad (6)$$

где Q_{\max} — максимальная поперечная сила; S_x^{yc} — статистический момент элемента усиления относительно оси x ; a_{ω} — шаг шпоночного шва.

Минимальная длина прерывистых швов

$$l_{\omega}^{yc} = \frac{\alpha T}{\beta K_f \gamma_{\omega} \gamma_c R_{\omega} + 1 \text{ см}}, \quad (7)$$

где α — коэффициент, учитывающий распределение усилий между швами элемента усиления; $\beta, K_f, \gamma_{\omega}, \gamma_c$ — коэффициенты, определяемые по СНиП II-23—81 (п. 11.2); R_{ω} — расчетное сопротивление углового сварного шва.

Минимальная длина концевых швов

$$l_{\omega}^k = \frac{\alpha(T + N_p^{yc})}{\beta K_f \gamma_{\omega} \gamma_c R_{\omega}} + 1 \quad (8)$$

где $N_p^{yc} = (N - N_n)(A_p^{yc} / A)$ (N_n — расчетное усилие в стержне после усиления; A_p^{yc} и A — соответственно площади элемента усиления и всего усиленного элемента).

Минимальная толщина сплошных сварных швов

$$K_f = \frac{\alpha Q_{\max} S_x^{yc}}{\beta J_x R_{\omega} \gamma_{\omega} \gamma_c}, \quad (9)$$

5. Определяют остаточный сварочный прогиб

$$f_{св} = \frac{N_{\text{э}}^{oc}}{N_{\text{э}}^{oc} - N_H} \alpha \frac{v_x}{A} \frac{\lambda^2}{8} \sum n_i y_i \quad (10)$$

где $\lambda = l_{ef}/r$ — гибкость усиленного стержня в плоскости изгиба (l_{ef} — расчетная длина; r — радиус инерции); $v_x \approx 0,04K_f^2$ — объемное укорочение при сварке (K_f — катет шва, см); $n_i = 1 - u \times \ln(1 - \xi_i)/\ln 2$; $\xi_i = \sigma_i^{oc}/R_y^{oc}$;

(y_i — расстояние от центральной оси основного сечения до места наложения i -го шва; $u = 0,5$ при односторонних швах в сжатой зоне сечения, $u = 1,5$ — то же, в растянутой зоне; $u = 1$ — при двусторонних швах).

6. Определяют расчетные эксцентриситеты в плоскости действия моментов:

$$e_{\text{экр}} = e + f_H + f_{св}; \quad (11)$$

7. Проверяют устойчивость усиленного элемента в плоскости, действия момента

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq \gamma_c R_y; \quad (12)$$

где φ_e принимается по СНиП II-23—81* в зависимости от условной гибкости $\bar{\lambda}$ усиленного элемента и приведенного эксцентриситета $m_{ef}; \gamma_c$ — коэффициент условия работы.

8. Проверяют устойчивость усиленного элемента в процессе сварки.

Площадь сечения элементов усиления центрально сжатых элементов определяют по формуле

$$A^{yc} = (N - \varphi^{oc} R_y^{oc} A^{oc}) / (R_y \varphi^{yc}), \quad (13)$$

где N — усилие в стойке в момент усиления; φ^{oc} и φ^{yc} — коэффициенты продольного изгиба старого и нового элементов.

4. Выводы

В последнее время все чаще появляется необходимость модернизации технологических процессов на производстве. По этой причине встает и вопрос о реконструкции существующих зданий и сооружений. Проблема чаще всего заключается в выборе оптимального варианта усиления, для этого следует проанализировать несколько вариантов по экономическим показателям, а также по критерию технологичности производства работ. При значительных объемах работ определяющими факторами могут оказаться расход стали на усиление, трудоемкость изготовления и монтажа дополнительных элементов, длительность остановки производства. Все эти вопросы я планирую рассмотреть и сделать выводы в своей дипломной работе.

Библиография

1. Бирюлев В.В. *Проектирование Металлических Конструкций*. Спецкурс. 1990
2. Губанов В.В. *Реконструкция, ремонт и усиление металлических конструкций*.
3. Беленя Е.И. *Металлические конструкции* 2001 г.
4. Кабанцев О.В., Мальганов А.И., Плевков В.С., Тонких Г.П. *Оценка технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие* - Печатная мануфактура, 2009.