

УДК 692.23

## ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### THE INFLUENCE OF CORROSION DAMAGE ON THE STABILITY OF ECCENTRICALLY COMPRESSED ELEMENTS

©Проценко Н. Н.,

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия, Nikolay.protsenko.93@mail.ru

©Protsenko N.,

St. Petersburg State University of  
Architecture and Civil Engineering,  
St. Petersburg, Russia, Nikolay.protsenko.93@mail.ru

*Аннотация.* В статье проанализированы причины возникновения коррозии и дана оценка ее влияния на устойчивость внецентренно сжатых элементов. Установлены характерные причины возникновения коррозионных повреждений в стальных колоннах. Расчеты выполнялись, согласно методической основы, изложенной в СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» и основанной по первой предельной группе предельных состояний. По результатам расчета определили, что поражения сплошной равномерной коррозией составляют более 50% от сечения, на основании, чего принимаем внецентренно сжатый стержень аварийным.

Рекомендуем при недостаточной несущей способности выполнить усиление или заменить поврежденные элементы.

*Abstract.* The article analyzes the causes of corrosion and assesses its impact on the stability of extra-centric compressed elements. The characteristic causes of corrosion damage in steel columns are established. Calculations were performed according to the methodological basis set out in SP 16.13330.2017 “Steel structures” and based on the first limit group of limit States. The results of the calculation determined that the defeat of a continuous uniform corrosion account for over 50% of the cross section, on the basis of what you accept of eccentrically compressed rod emergency.

We recommend performing amplification or replace damaged elements in case of insufficient load-bearing capacity.

*Ключевые слова:* двутавр, защита, металлические конструкции, коррозия, элементы.

*Keywords:* I-beam, protection, metal construction, corrosion, elements.

#### *Введение*

Используемая в строительных металлоконструкциях сталь, цинковые и алюминиевые защитные покрытия в результате эксплуатации корродируют под воздействием окружающей среды, этот процесс характеризуется как равномерный относительно удельной поверхности конструкции. Однако если рассмотреть такие металлы как алюминиевые сплавы, то при несоблюдении технологического процесса их термической обработке возможно

возникновение местной коррозии. Высокопрочная сталь и алюминиевые сплавы, подвергшиеся одновременному влиянию коррозионной среды и растягивающих напряжений, оказываются под воздействием процесса растрескивания, при этом трещины распределяются не только по краю зерен, но и внутри зерна [1]. Все описанные виды коррозии способствуют к формированию местных деформаций, либо ослаблениям рабочих элементов конструкций в целом или ее отдельных узлов, что создает предпосылки к возникновению концентрации напряжения, преимущественно возникающего в условиях изменяющихся нагрузках. Наиболее остро это проявляется при эксплуатации металлических конструкций при низких температурах. Как показывает практика, в год потери от коррозии достигают около 3%, также участилось число аварий строительных металлических конструкций вследствие коррозии.

#### *Материалы и методы*

Изучено влияние коррозии на прочностные характеристики отдельных элементов металлических конструкций, согласно СП 16.13330.2017, а именно колонн, стенок и пояса, прокатного двутавра, сварного двутавра (1-3).

#### *Результаты и обсуждение*

Деструкция металлических конструкций происходит из-за электрохимического, биохимического и химического атмосферного воздействия, что обусловлено термодинамической неустойчивостью металла, который стремится перейти в ионное состояние.

Коррозионные разрушения бывают нескольких видов [1-3]:

-сплошная, которая охватывает всю поверхность металла. Она бывает равномерной, это когда разрушение металла происходит с одинаковой скоростью по всей поверхности, и неравномерной, в этом случае скорость коррозии на отдельных участках поверхности неодинакова;

-местная, формирующаяся в виде отдельных пятен, язв, точек;

-подповерхностная, в это случае разрушается защитное покрытие (пленки, оксиды и т.п.) на отдельных участках. При этом разрушение локализуется преимущественно под покрытием, и продукты коррозии сосредотачиваются внутри металла. Подповерхностная коррозия часто вызывает вспучивание и расслоение металла.

-щелевая, здесь разрушение металла находится под прокладками, в зазорах, резьбовых креплениях, в клепаных соединениях и т. п. Она чаще развивается на участке конструкции находящейся в зазоре (щели).

Конструктивные узлы, которые имеют значительные толщины и небольшую удельную поверхность, либо замкнутые сечения, обладают меньшим коррозионным износом. Это обусловлено, прежде всего, прочностными характеристиками окалина после прокатки.

Чаще всего металлические строительные конструкции находятся под напряжением, что оказывает влияние не только на увеличение площади сплошной коррозии, но и на изменение ее характера в принципе, т. е. перерождение ее в местную (3), [1].

Для определения влияния коррозионных повреждений на устойчивость внецентренно сжатых стержней рассмотрены 2 варианта сечения: прокатное и составное сварное сечение двутавров, показаны на Рисунке.

Для определения влияния коррозии на устойчивость внецентренно сжатых стержней зададимся поражением сплошной равномерной коррозией в 4 мм для двутавра 60Ш2 и 3 мм для сварного двутавра.

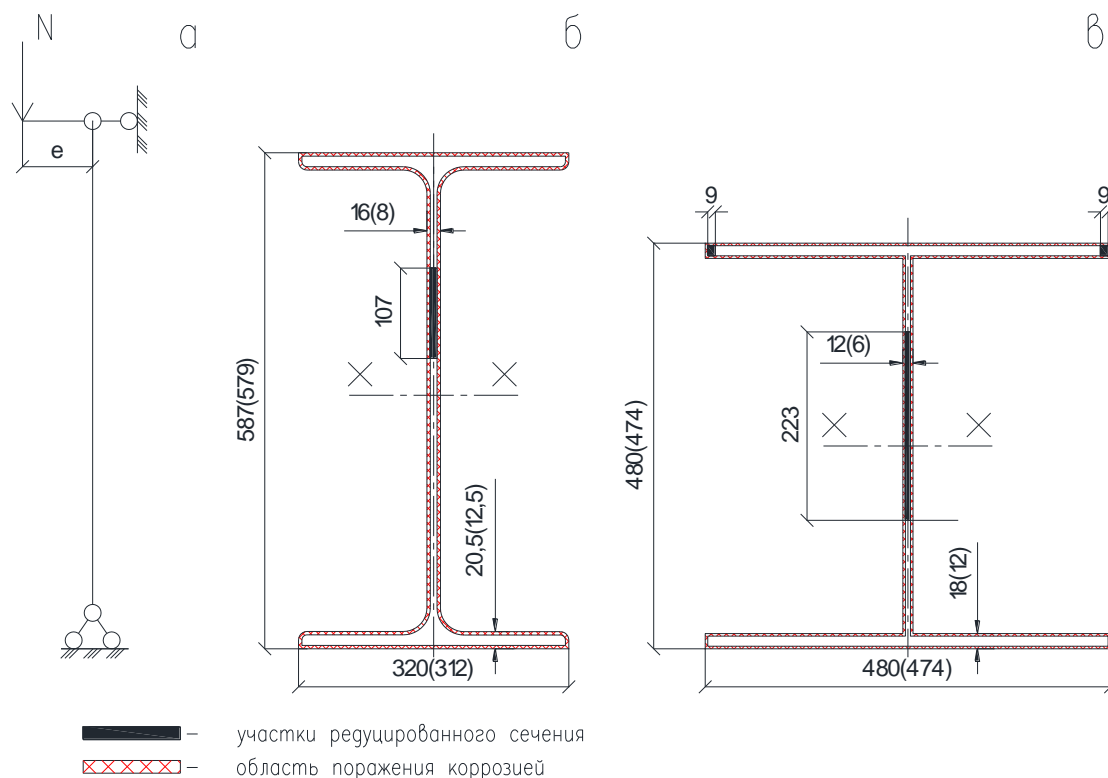


Рисунок. Сечения прокатного и составного сварного двутавра  
 (в скобках указано сечение после поражения коррозией)  
 а) расчетная схема, б) прокатный двутавр 60Ш2, в) составное сварное сечение

Проверка общей устойчивости колонн в плоскости действия момента СП 16.13330.2017 п. 9.2 (2):

$$\frac{N}{\varphi_e * A * R_y * \gamma_c} \leq 1,$$

где  $\varphi_e$  — коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом определяемый по таблице Д.3 [5] в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}$  приведенного относительного эксцентриситета  $m_{ef}$ .

Проверка устойчивости стенок производится по СП 16.13330.2017 п. 9.4.2 (2). Гибкость стенки рассчитывается по п. 3.2 [5]:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

$h_{ef}$  — расчетный размер стенки.

Предельная условная гибкость стенки  $\bar{\lambda}_{uw}$  определяется по таблице 22 (2):

$$\bar{\lambda}_x < 2 \quad \bar{\lambda}_{uw} = 1,3 - 0,15\bar{\lambda}_x^2$$

$$0 \leq m_x \leq 10$$

$$\bar{\lambda}_x \geq 2 \quad \bar{\lambda}_{uw} = 1,2 + 0,35\bar{\lambda}_x \leq 3,1$$

В случаях, когда  $\bar{\lambda}_w > \bar{\lambda}_{uw}$  допускается принимать расчетную редуцированную площадь сечения взамен  $A_d$   $A$ , согласно п. 7.3.6 (2).

Редуцированная площадь сечения — рабочая расчетная площадь сечения, определяемая с учетом потери местной устойчивости продольно сжатых участков профилей в закритичной стадии его работы при поперечном изгибе.

$$A_d = A - 2(h_{ef} - h_d)t_w,$$

$h_{ef}, h_d$  — расчетная и уменьшенная высота стенки

Проверка устойчивости поясов (полок) согласно п. 9.4.7 (2):

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

$b_{ef}$  — расчетный размер полки.

Предельная условная гибкость свеса пояса  $\bar{\lambda}_{uf}$  согласно таблице 23 (2):

$$0 \leq m_x \leq 5 \quad \bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(1,5 - 0,7\bar{\lambda}_x)m_x,$$

$$\bar{\lambda}_{ufc} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda}$$

$\bar{\lambda}_{ufc}$  — предельная условная гибкость свеса, определяемая по таблице 10 (2).

В случаях, когда  $\bar{\lambda}_f > \bar{\lambda}_{uf}$  допускается принимать расчетную уменьшенную площадь сечения взамен  $A_d$   $A$ :

$$A_d = A - (b_{ef} - b_d)t_f,$$

где  $b_{ef}, b_d$  — расчетная и уменьшенная ширина полки.

Проверка общей устойчивости колонн из плоскости действия момента выполняется согласно п. 7.1.3 (2):

$$\frac{N}{c * \varphi_y * A * R_y * \gamma_c} \leq 1,$$

где  $\varphi_y$  — коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый по таблице Д.1 [5] в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}$ ;

$c$  — коэффициент, определяемый согласно требованиям п. 9.2.5 (2).

В результате расчетов при учете коррозионных повреждений несущая способность колонны прокатного двутавра 60Ш2 в плоскости действия момента снижается на 50%, часть

стенки двутавра выключается из работы (условные обозначения на Рисунке). Несущая способность из плоскости действия момента обеспечена.

Несущая способность колонны составного сварного двутавра в плоскости действия момента снижается на 58%, часть стенки и часть полки двутавра выключается из работы (условные обозначения на Рисунке). Несущая способность из плоскости действия момента обеспечена.

#### *Выводы*

На основании результатов исследования, установлено, что при учете заданной сплошной равномерной коррозией несущая способность в плоскости действия момента внецентренно сжатых стержней сварного или прокатного двутавра снижается больше, чем на 50%, что указывает на то, что при возникновении этого дефекта необходимо выполнить усиление или заменить поврежденный элемент.

Для защиты металлических конструкций от коррозии необходимо поддерживать антикоррозионную защиту, содержать строительные конструкции в чистоте, выявлять и своевременно ликвидировать участки преждевременной коррозии.

#### *Источники:*

(1). Рекомендации по проектированию защиты от коррозии строительных металлических конструкций. М.: ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова, 1988. 164 с.

(2). СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456069588>.

(3). СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200034118>.

#### *Sources:*

(1). Recommendations on the design of corrosion protection of building metal structures. Moscow: TsNIIproektstalkonstruktziya them. Melnikova, 1988. 164 with.

(2). SP 16.13330.2017 Steel structures. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/456069588>.

(3). SP 13-102-2003 Rules for inspection of load-bearing building structures of buildings and structures. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200034118>.

#### *Список литературы:*

1. Стеклов О. И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением. М.: Машиностроение, 1990. 384 с.

2. Коряков А. С. Коррозионная стойкость строительных металлических конструкций М.: НИУ МГСУ, 2016. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>.

3. Кожемяка С. В., Крупенченко А. В., Величко И. И. Выбор технологии усиления стальных подкрановых балок // Вестник ДонНАСА. Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. 2010. №3 (83). С. 47-53.

#### *References:*

1. Steklov, O. I. (1990). Stability of materials and structures for stress corrosion. Moscow: *Mashinostroenie*, 384

2. Koryakov A. (2016). Corrosion resistance of building metal structures. Moscow: NIU MGSU, Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/>.

3. Kozhemyaka, S. V., Krupenchenko A. V., & Velichko I. I. (2010). Choice of technology for reinforcing steel crane beams. *Vestnik DonNASA. Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction*, 3 (83). 47-53

*Работа поступила  
в редакцию 09.03.2018 г.*

*Принята к публикации  
14.03.2018 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Проценко Н. Н. Влияние коррозионных повреждений на устойчивость внецентренно сжатых элементов // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №4. С. 299-304. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/protsenko> (дата обращения 15.04.2018).

*Cite as (APA):*

Protsenko, N. (2018). The influence of corrosion damage on the stability of eccentrically compressed elements. *Bulletin of Science and Practice*, 4, (4), 299-304