DOI: 10.17117/na.2016.01.01.542

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.542.pdf>

Поступила (Received): 10.01.2016

Шевцов И.В., Болгов А.А., Холодяков М.В. Оценка напряженно-деформированного состояния трубопровода с позиции теории надежности при проведении экспертизы промышленной безопасности

Shevtsov I.V., Bolgov A.A., Holodyakov M.V.
**Evaluation of the stress-strain state of the pipeline from the
position of the theory of reliability during the
examination of industrial safety**

*Изложена методика вероятностного расчета
сжатого одиночного стержня, находящегося в
агрессивной среде с выводом формулы для функции
надежности*

Ключевые слова: металлические конструкции,
дымовая труба, коррозионная поврежденность,
вероятность разрушения, функция надежности
конструкции

*The methods of calculating the probability of a single
compressed rod located in a hostile environment
with the withdrawal of the formula for the reliability
function*

Key words: metal construction, chimney, corrosion
defect, the probability of failure, the function of the
reliability of the design

Шевцов Игорь Васильевич

Исполнительный директор

Нижне-Волжская экспертная компания по
промышленной безопасности

г. Волгоград, ул. М. Еременко, 108

Shevtsov Igor Vasilievich

Executive Director

Nizhne-volzhskaya expert company in industrial
safety

Vogograd, M. Eremenko st., 108

Болгов Александр Александрович

Начальник отдела

Нижне-Волжская экспертная компания по
промышленной безопасности

г. Волгоград, ул. М. Еременко, 108

Bolgov Alexander Alexandrovich

Head of Department

Nizhne-volzhskaya expert company in industrial
safety

Vogograd, M. Eremenko st., 108

Холодяков Михаил Владимирович

Инженер

Нижне-Волжская экспертная компания по
промышленной безопасности

г. Волгоград, ул. М. Еременко, 108

Holodyakov Mihail Vladimirovich

Engineer

Nizhne-volzhskaya expert company in industrial
safety

Vogograd, M. Eremenko st., 108

Поведение строительных конструкций при эксплуатации зданий и сооружений описываются факторами случайной природы. Жесткостные характеристики конструкции (размеры, соединения, материал и т.д.) имеют вероятностный характер. Действующие нагрузки являются случайным процессом, развивающимся во времени. Методы теории надежности дают теоретическую основу

для правильной организации сбора и обработки статистических данных, относящихся к воздействиям на сооружения, характеристикам материалов и прочностным параметрам конструкции. Эти методы наиболее точно и правильно отражают случайную природу основных расчетных величин и взаимосвязь между внешними воздействиями и прочностью конструкции. Если в результате проектирования, изготовления и возведения сформировать уровни надежности конструкции в целом, то во время эксплуатации эти уровни реализуются, то есть проявляется способность объекта выполнять свои функции в течение установленного срока службы, который принято называть надежностью. Реализация состояния объекта, при котором он перестает выполнять свои функции, называется отказом. Мерой надежности является вероятность безотказной работы за заданный срок службы.

При исследовании надежности строительных конструкций целесообразно все расчетные величины разделить на две основные группы. К первой группе относятся все характеристики, которыми описываются свойства самой конструкции. В другую группу входят характеристики внешних воздействий на конструкцию. Разделение расчетных величин на две основные группы позволяет сформулировать задачу расчета конструкций на безопасность в виде требования о выполнении с некоторой достаточно большой вероятностью неравенства

$$\tilde{R} - \tilde{Q} > 0,$$

где $\tilde{R}$ - обобщенная прочность конструкции, $\tilde{Q}$ - обобщенная нагрузка.

Данная работа проводилась в рамках проведения экспертизы промышленной безопасности (договор №044-ЗС-2014) при обследовании металлической дымовой трубы газовой котельной высотой 31,85м и диаметром 1020мм, заключение. На момент обследования антикоррозионный защитный слой, по результатам ультразвуковой толщинометрии, частично отсутствовал на 10% внешней поверхности трубы. Необходимо было определить резерв прочности данной конструкции.

Расчетная схема дымовой трубы была принята, как центрально-сжатый вертикальный стержень, жестко зашпеленный нижним концом, основным геометрическим параметром, характеризующим износ элемента, будет площадь поперечного сечения элемента (A).

В качестве параметра коррозионной поврежденности принималась глубина коррозионной поврежденности элемента δ . Для упрощения расчета считали, что сечение ослабляется коррозией равномерно. Зависимость, по которой происходит изменение площади [1]

$$A_{(\delta(t))} = k\delta_{(t)}^2 - L_0\delta_{(t)} + A_0,$$

где k – коэффициент, отражающий тип профиля, L_0 – начальный периметр, A_0 – начальная площадь.

Для определения вероятности разрушения ввели случайную величину $\tilde{S}$, которую можно назвать резервом прочности [2]

$$\tilde{S} = \tilde{R} - \tilde{Q}.$$

Вероятность разрушения наступит, когда $\tilde{S}$ станет меньше нуля. Тогда вероятность неразрушения конструкции определяется выражением

$$V = \int_{-\infty}^0 p_S(S) dS = P_S(0),$$

где $p_S(S)$ – распределение плотности вероятности резерва прочности.

Плотность распределения резерва прочности определялась через плотность распределения суммы случайных величин

$$p_S(S) = \int_{-\infty}^{\infty} p_R(S+Q) p_Q(Q) dQ,$$

где $p_R(R)$ – плотность вероятности распределения прочности; $p_R(S+Q)$ – та же функция, но с аргументом $S+Q$; $p_Q(Q)$ – плотность вероятности распределения нагрузки. Окончательно формула для определения вероятности неразрушения – надежности конструкций приняла вид

$$V = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} p_R(R) p_Q(R) dR.$$

Для центрально-сжатого элемента расчет на устойчивость сплошностенчатых элементов, согласно СП 16.13330.2011, выполняется по формуле

$$\frac{N}{\varphi R_y A \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

с учетом коррозионного износа

$$\frac{N}{\varphi A_{(t)} \gamma_c} \leq R_y.$$

Тогда функцию надежности имеет вид

$$P \left[R_T > \frac{N}{\varphi_{(t)} A_{(t)} \gamma_c} \right] = \frac{\int_N^{\infty} p_{R_T}(x) dx}{\varphi_{(t)} A_{(t)} \gamma_c}.$$

При определении коэффициента продольного изгиба φ вычисляется наименьший радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{(t)}}{A_{(t)}}}.$$

Значения функции надежности подсчитывались по программе INTDIF для некоторых моделей коррозии [3]. Построение модели коррозионного износа с внешним параметром поврежденности проводилось по опытным данным по методике предложенной в работе [4].

Список используемых источников:

1. Воронкова Г.В. Развитие и применение методов расчета стержневых конструкций, работающих в условиях воздействия агрессивной среды. Диссертация на уч.ст.канд.наук. Волгоград, 1999.
2. Райзер В.Д. Теория надежности строительном проектировании. М.: АСВ, 1998. 302 с.
3. Воронкова Г.В., Рекунов С.С. Получение матрицы откликов для элемента в форме равностороннего треугольника при расчете пластинок по методу конечных элементов в смешанной форме //

Ежегодная научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов ВолгГАСУ материалы. 2008. С. 243-246.

4. Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. Саратов. 1987. 286 с.

© 2016, Шевцов И.В., Болгов А.А., Холодяков М.В.
Оценка напряженно-деформированного состояния
трубопровода с позиции теории надежности при
проведении экспертизы промышленной
безопасности

© 2016, Shevtsov I.V., Bolgov A.A., Holodyakov M.V.
*Evaluation of the stress-strain state of the pipeline
from the position of the theory of reliability during
the examination of industrial safety*