

7. Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Калита В.М., Корниенко-Мифтахова И.К. Информативность параметров сигналов низкочастотных колебаний при использовании индукционных датчиков скорости. //Технологические системы.- №2(28). - 2005. - С.19-23
8. Бочкарев Н.Н., Картопольцев А.В. Исследования динамики работы композиционных мостов с конечными вибрациями пролетов //Вестник Томского университета архитектуры и строительства.-№2.-2001.-С.145-154
9. Bochkarev N.N., Kartopolzev A.V., .Selivanova T.V. “Vibrations of transport superstructures under influence of random traffic stream”// XV Session of the Russian Acoustical Society Nizhny Novgorod – 2004.-P.527-531
10. Волкова В.Є. Метод визначення динамічних характеристик пружних механічних систем за часовими процесами //Автомобільні дороги та дорожнє будівництво.-№ 69, 2004.- С.29-32.
11. Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Калита В.М. Определение динамических характеристик конструкций по анализу скорости низкочастотных колебаний //Технологические системы.-№ 1 (27), 2005.-С.35-40
12. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы /Госстрой СССР. - М.:ЦИТП, 1985. - 200с.

УДК 000.00

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

Волосович О. В., к.т.н., профессор, Септаров Ч. Э., студент гр. ПГС-303

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В статье приведен обзор современного состояния проблемы обеспечения безопасности строительных конструкций. На основании анализа данных литературных источников рассмотрены основные составляющие методологии определения безопасной эксплуатации строительных конструкций.

Предлагается информационно–энтропийный подход к оценке безопасности строительных конструкций.

строительные конструкции, энтропия, живучесть, безопасность, коррозия

Аварии строительных конструкций зданий и сооружений создают угрозы масштабных гуманитарных и экологических катастроф. Проблема предотвращения катастрофических аварий строительных конструкций в настоящее время актуальна и носит фундаментальный характер. Для Украины эта проблема имеет особое значение в связи со значительным износом строительных конструкций основных фондов промышленности и гражданских объектов, в частности, в Крыму, связанной с сейсмической и оползневой опасностью.

Целью работы является определение основных принципов обеспечения безопасности строительных конструкций. Указанная цель достигается путем анализа современных литературных источников; полученные результаты могут быть использованы для разработки инженерных методик - обеспечение безопасности строительных конструкций зданий и сооружений.

В современной методологии обеспечения безопасности строительных конструкций можно выделить три подсистемы методов и методик:

- 1) подсистема фазы проектирования, обеспечивающая создание моделей строительных объектов с гарантированным уровнем безопасности;
- 2) подсистема технологической фазы - обеспечивающая соответствие свойств реализованных строительных конструкций представлениям фазы проектирования;
- 3) подсистема рефлексивной фазы - обеспечивающая оценку качества реализованного сооружения, а так же обеспечивающая безопасное состояние строительных конструкций в процессе эксплуатации.

Предлагается информационно–энтропийный подход к вопросам безопасности строительных конструкций, который становится все более актуальным в настоящее время.

Одной из причин такого интереса является возможность получения безразмерной количественной комплексной оценки живучести конструкций.

Понятие энтропии является многозначным, невозможно дать ему единственное точное определение. Наиболее общим же является следующее:

Энтропия - мера неопределенности, мера хаоса.

В зависимости от области знания, выделяют множество видов энтропии: термодинамическая энтропия, информационная (энтропия Шеннона), культурная, энтропия Гиббса, энтропия Хартли, энтропия Клаузиуса и многие другие.

Энтропия Больцмана является мерой беспорядка, хаотичности, однородности молекулярных систем.

Физический смысл энтропии выясняется при рассмотрении микросостояний вещества. Л. Больцман был первым, кто установил связь энтропии с вероятностью состояния. В формулировке М. Планка утверждение, выражающее эту связь и называемое принципом Больцмана, представляется простой формулой:

$$S = k_B \ln W \quad (1)$$

Сам Больцман никогда не писал этой формулы. Это сделал Планк. Ему же принадлежит введение постоянной Больцмана k_B . Термин «принцип Больцмана» был введен А. Эйнштейном. Термодинамическая вероятность состояния W или статистический вес этого состояния - это число способов (число микросостояний), с помощью которых можно реализовать данное макросостояние [1]. Энтропия Клаузиуса пропорциональна количеству связанной энергии, находящейся в системе, которую нельзя превратить в работу. Энтропия Шеннона количественно характеризует достоверность передаваемого сигнала и используется для расчета количества информации.

Смысл всех решений заключается в следующем: информацию нельзя получать бесплатно. За нее приходится платить энергией, в результате чего энтропия системы повышается на величину, по крайней мере, равную ее понижению за счет полученной информации [2]. В теории информации энтропия – это мера внутренней неупорядоченности информационной системы. Энтропия увеличивается при хаотическом распределении информационных ресурсов и уменьшается при их упорядочении [3]. Рассмотрим основные положения теории информации в той форме, которую ей придал К. Шеннон. Информация, которую содержит событие Y (предмет, состояние) о событии X (предмете, состоянии) равна:

$$I(x, y) = \log(p(x/y) / p(x)) \quad (2)$$

где $p(x)$ – вероятность события X до наступления события Y (безусловная вероятность); $p(x/y)$ – вероятность события X при условии наступления события Y (условная вероятность).

Под событиями X и Y обычно понимают стимул и реакцию, вход и выход, значение двух различных переменных, характеризующих состояние системы, событие, сообщение о нем. Величину $I(x)$ называют собственной информацией, содержащейся в событии X .

Энтропию можно определить как меру неопределенности или как меру разнообразия возможных состояний системы. Если система может находиться в одном из m равновероятных состояний, то энтропия H равна

$$H = \log(m) \quad (3)$$

Можно сказать, что энтропия служит мерой свободы системы: чем больше у системы степеней свобод, чем меньше на нее наложено ограничений, тем больше, как правило, и

энтропия системы [4]. При этом нулевой энтропии соответствует полная информация (степень незнания равна нулю), а максимальной энтропии – полное незнание микросостояний (степень незнания максимальна) [1].

А.Р. Ржаницын один из первых, кто определил условие применимости методов надёжности и предельных состояний при условии статистической однородности и нормальных законах распределения параметра нагрузок и параметра прочности [5]:

$$\gamma \leq \sqrt{\frac{1}{A_Q^2} + \frac{1}{A_R^2}}, \quad (4)$$

где γ - характеристика безопасности, A_Q - коэффициент изменчивости параметра нагрузки, A_R — коэффициент изменчивости параметра прочности.

Оценка опасности эксплуатации строительных конструкций возможна при получении информации и применения функции безопасности конструктивного элемента в форме неопределённости состояния, предположенной в работе [6]:

$$\ln\left(\frac{V_d}{V_e}\right) + \ln(q_{0\sigma} + q_{0A} + q_{0\delta} + q_{0B}) \leq \ln \varepsilon, \quad (5)$$

где $\ln\left(\frac{V_d}{V_e}\right)$ - энтропия Хартли, отражающая сложность сопротивления конструктивного элемента при нагрузочном эффекте;

V_d - дискретный объём конструктивного элемента, прочность которого можно считать полностью коррелированной;

V_e - общий объём материала в конструктивном элементе;

$\ln(q_{0\sigma} + q_{0A} + q_{0\delta} + q_{0B})$ - энтропия Шеннона интервала неопределённости параметра прочности конструктивного элемента;

$\ln \varepsilon$ - предельно допустимое значение энтропии негативного состояния конструктивного элемента;

$q_{0\sigma}$ - вероятность выхода прочностных характеристик материала ниже уровня установленного при испытаниях одним из неразрушающих методов, обусловленная флуктуациями прочностных свойств конструкционного материала;

q_{0A} - вероятность того, что значения геометрической характеристики сечения элемента окажется ниже величины определённой на основании измерений, обусловленная стохастической изменчивостью размеров поперечного сечения конструктивного элемента;

$q_{0\delta}$ - вероятность превышения учтённой ошибки измерений;

q_{0B} - вероятность ошибки, обусловленной ограниченностью и условным характером полученной информации.

Левая часть предельного неравенства (5) представляет суммарную энтропию негативного состояния по всем источникам неопределённости, которая зависит от степени дискретизации объёма конструктивного элемента и количества информации полученной о свойствах объекта. Правая часть является предельно допустимым значением энтропии негативного состояния, определяемая условием прочности дискретного объёма конструктивного элемента. Риск принятия технического решения по предельному

неравенству (5), определяется вероятностью превышения нагрузочным эффектом критического значения обобщённой несущей способности, которая определяется мерой повреждения конструкционного материала [7].

В современных нормах для железобетонных конструкций содержатся рекомендации о нецелесообразности усиления конструктивных элементов с потерями несущей способности 50% и более. Дальнейшая эксплуатация сооружений возможна только при условии замены этих конструктивных элементов или усилении по схеме внешнего или внутреннего дублирования. Применительно к тонкостенным металлическим конструкциям аналогичное требование соответствует потерям сечения конструктивным элементом более 30%. При коррозионных потерях сечений конструктивных элементов фермовых конструкций более чем на 40%, происходит повреждение узлов щелевой коррозией, и как следствие, качественные изменения конструктивной схемы сооружения. На рис. 1 показаны узлы ферм станка шахтного копра прослужившего 60 лет, при потерях сечения более 40%. На фотографии видно, что в результате распирающего действия продуктов коррозии в конструктивных зазорах элементы вблизи узла деформированы, а в сварных швах появились трещины. Такой характер коррозионных разрушений конструкций характерен так же для других промышленных сооружений, эксплуатирующихся в средне и сильноагрессивных средах. Например, для пролётных строений транспортных галерей при удалении просыпи водой, этот вид повреждения является одной из основных причин частых аварий.

В частности, при обследовании транспортной галереи Шархинского каменного карьера (г. Алушта), было обнаружено массовое поражение коррозией несущих конструкций (рис.2).

Интенсивность коррозии составила 30%. Была также обнаружена щелевая коррозия в узлах ферм, что в значительной мере предопределило выводы комиссии об аварийном состоянии строительных конструкций.

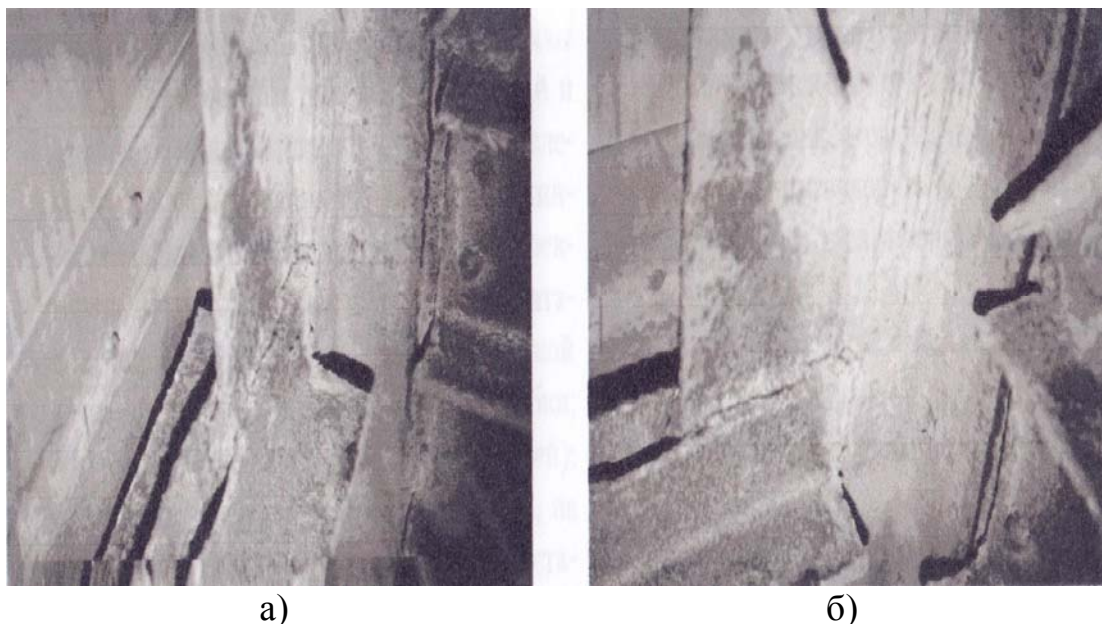


Рис.1. Коррозионные повреждения узлов ферм станка шахтного копра при потерях сечений более 40%: а) деформации элементов и разрушение сварного шва; б) трещины в сварных швах.



Рис. 2. Коррозия элементов опорных узлов.

Эволюция жизни на Земле идет от простого к сложному, а второе начало термодинамики предсказывает обратный путь эволюции – от сложного к простому. Указанное противоречие объясняется в рамках термодинамики необратимых процессов. Живой организм как открытая термодинамическая система потребляет энтропии меньше, чем выбрасывает ее в окружающую среду. Величина энтропии в пищевых продуктах меньше, чем в продуктах выделения. Иными словами, живой организм существует за счет того, что имеет возможность выбросить энтропию, вырабатываемую в нем вследствие необратимых процессов, в окружающую среду [1]. Так, ярким примером является упорядоченность биологической организации человеческого тела. Понижение энтропии при возникновении такой биологической организации с легкостью компенсируется тривиальными физическими и химическими процессами [2]. Таким образом, организмы живой природы обладают саморегуляцией, а неживой, в частности, строительные конструкции – нет, следовательно, в течение эксплуатации сооружений энтропия стремится к максимуму, что для конструкций приводит к вероятному разрушению. Наши задачи сводятся к тому, чтобы в процессе информационно - энтропийного подхода организовать среду и упорядочить систему в целом, чтобы свести энтропию к минимуму для дальнейшей эксплуатации сооружения, при этом полученная количественная оценка позволит оценить меру безопасности конструкции и объем мер по восстановлению живучести сооружения.

ВЫВОДЫ

1. Для последующей сравнительной оценки текущего состояния здания (сооружения) необходимо знать их начальное энергоинформационное состояние.
2. Для получения информации о техническом состоянии необходим постоянный или периодический мониторинг сооружения.
3. Одним из обобщенных способов оценки безопасности здания (сооружения) может быть информационно - энтропийный подход на основе собранных статистических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипов А. И., Уваров А. В. Энтропия и ее роль в науке. – МГУ им. М. В. Ломоносова, 2004.
2. Блюменфельд Л.А. Информация, динамика и конструкция биологических систем. Режим доступа: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/136.html>.
3. Глоссарий. Режим доступа: <http://www.glossary.ru>

4. Голицын Г. А. Информация. Поведение, язык, творчество М.: ЛКИ, 2007г.
5. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М.: Стройиздат, 1978 - 239с.
6. Кущенко В. Н. Основные принципы обеспечения безопасности строительных конструкций. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка, 2009г.
7. Кущенко В. Н. Диагностическая функция безопасности конструктивного элемента в форме неопределенности. Сб. научных трудов, г. Макеевка, 1998г - 55-57с.

УДК 000.000

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АУТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Волосович О.В., к.т.н., профессор, Мамедов Р.Я., студент гр. ПГС-405

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе рассматриваются участвовавшие случаи автоколебаний плоскостных строительных конструкций (мостов). Приводятся результаты экспериментальных испытаний модели колебательной системы. На основе анализа событий и результатов эксперимента даются рекомендации для проектирования относительно легких плоскостных сооружений.

Автоколебания, мосты, автоколебательные конструкции, флаттер.

После случаев обрушения гибких конструкций, таких как мосты, в результате воздействия ветра стало ясно, что учёт аэродинамических свойств многопролетных полотен моста и их испытание в аэродинамической трубе является обязательным. Примерами таких случаев является мост Такома Нэрроуз, мост через реку Волга в Волгограде, Саратовский мост, Витебский мост и случай на мосту в Бейтауне, штат Техас.

Мост Такома-Нэрроуз был спроектирован Леоном Моиссеиффом и открыт для движения 1 июля 1940 года. Еще во время возведения строители дали ему прозвище «Галопирующая Герти» из-за того, что в ветреную погоду его дорожное полотно сильно раскачивалось (из-за малой высоты балки жесткости). 7 ноября 1940 при ветре, дувшем вдоль пролива Такома-Нэрроуз со скоростью 17–19 м/с, мост более часа совершал сначала изгибные колебания из-за срывного флаттера, а затем, после обрыва части подвесок, за полчаса изгибно-крутильных колебаний большой амплитуды (Рис.1), мост разрушился. При этом он был правильно рассчитан на статические нагрузки, возникающие при ветре до скорости 45 м/с. Как известно, та авария способствовала исследованиям в области аэродинамики и аэроупругости конструкций и изменению подходов к проектированию всех большепролетных мостов в мире.



Рис.1. Изгибно-крутильные колебания моста Такома-Нэрроуз.

Волгоградский мост общей длиной около 1260 м представляет собой балочную конструкцию не менее чем из 12 пролетов, 9 из которых хотя бы частично находятся в створе реки. Длина каждого из них превышает 100 м или близка к этой величине. Верхнее