

ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Сеитов Б.М., Исмаилова Н.Т.

Ошский технологический университет, Ош, Кыргызстан

Аннотация: Рассмотрен вопрос разработки и создания научной основы оценки надежности зданий и сооружений.

Ключевые слова: сооружение, реконструкция, эксплуатация, надежность, долговечность, коррозионный износ, хрупкое разрушение, конструкция.

EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS RELIABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Seitov B.M., Ismailova N.T.

Osh University of technology, Osh, Kyrgyzstan, ekr.info@gmail.com

Annotation: The issue of developing and creating a scientific basis for assessing the reliability of buildings and structures is considered.

Key words: construction, reconstruction, operation, reliability, durability, corrosion wear, brittle fracture, construction.

Современные здания и инженерные сооружения представляют собой сложные системы, предназначенные для выполнения разнообразных функций и технологических процессов. Актуальным становится сегодня оценка надежности существующих зданий и сооружений в связи с реконструкцией или продажей недвижимости. Важным моментом является прогнозирование жизнеспособности и выявление остаточных ресурсов.

Поэтому имеет практический интерес разработка и создание научной основы оценки надежности зданий и сооружений.

Качеством называется совокупность свойств, характеризующих полезные функции системы. Качество, естественно, должно сохраняться в течение всего времени, установленного для эксплуатации системы. В понятие эксплуатации должно быть включено не только полезное функционирование системы, но и вся совокупность операций над нею, от изготовления до сноса. Качество утрачивается как в процессе функционирования, так и при возведении и транспортировании. Сохранение качества играет существенное значение. Реальная система в той или иной мере отличается от идеализированной, принятой на стадии проектирования.

Указанное отличие обусловлено многочисленными технологическими несовершенствами, дефектами материала, некондиционностью комплектующих элементов. Условия эксплуатации реальной системы так же могут не соответствовать условиям, рассмотренным на стадии проектирования. Поэтому

параметры функционирования реальной системы могут оказаться весьма далекими от расчетных значений. Иными словами, уровень качества не будет обеспечен и система окажется недостаточно эффективной.

Понятие утраты качества включает в себя широкий круг явлений, начиная от умеренных отклонений параметров от их расчетных значений до катастрофических разрушений, связанных с потерей несущей способности, сопряженных с материальным ущербом и человеческими жертвами.

Высказанные соображения приводят к введению понятия надежности.

Надежностью следует называть способность системы выполнять определенные задачи в определенных условиях эксплуатации. Иначе надежность – это устойчивость качества системы по отношению ко всем возможным флуктуациям, которые могут появляться в процессе изготовления, транспортировки, хранения, возведения, функционирования и т.п. В зависимости от назначения системы и условий эксплуатации надежность включает такие характеристики как безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость или любое сочетание этих свойств.

Обеспечение надежности систем является одной из важнейших проблем современного строительства.

Многие сооружения несут весьма ответственные функции в рамках государственных и даже общечеловеческих масштабов. Примерами могут служить уникальные сооружения, крупнейшие тепловые, атомные и гидроэнергетические станции, сети крупнейших энергосистем, ракетно-космические и оборонные комплексы.

Содержание теории надежности составляет разработка методов оценки надежности сооружений и создание объектов, обладающих заданными показателями надежности и долговечности.

Одним из основных в теории надежности является понятие отказа. Отказом называют событие, которое состоит в нарушении работоспособности системы. Можно утверждать, что отказ – это частичная или полная утрата качества системы. К понятиям отказа относятся недопустимые отклонения параметров системы от расчетных значений, временные нарушения условий нормальной эксплуатации, полный выход из строя. Понятие отказа по существу адекватно наступлению предельного состояния в механике строительных конструкций зданий и сооружений.

Значительная часть отказов имеет механическую историю. Отказы сооружений и конструкций достаточно разнообразны – обрушение, потеря устойчивости сжатых элементов, хрупкое разрушение и т.п. Многие отказы носят постепенный характер - параметры системы по мере эксплуатации постепенно ухудшаются и в конце концов достигают значений, при которых дальнейшая эксплуатация становится невозможной и нецелесообразной. К ним принадлежит

накопление остаточных деформаций, механический коррозионный износ, растрескивание и т.п. Почти все отказы вызваны влиянием случайных факторов, которые заложены в систему при ее возведении и действуют при эксплуатации. Трактовка отказов как случайных событий является исходным пунктом построения теории надежности.

Хорошо известно, что надежность строительных конструкций гарантируется прочностными расчетами, которые определяются соотношениями между внешними воздействиями, с одной стороны, а с другой стороны, геометрией элементов конструкций.

Эти соотношения представляются неравенствами, ограничивающими область безопасных состояний конструкций. Вместе с тем решается и традиционная задача - преодоление противоречий между прочностью и экономичностью. В детерминистической постановке эта задача не вызывает принципиальных затруднений, и обычно определение безопасных и наиболее выгодных соотношений между несущей способностью и стоимостью сооружения представляет собой одну и ту же задачу двойственного математического моделирования. Проблема резко усложняется, если учитывать случайный характер факторов эксплуатации.

Статистической изменчивостью обладают свойства конструкционных материалов, а действующие нагрузки на сооружения представляют собой случайные процессы, развертывающиеся во времени.

Действующие нормы проектирования строительных конструкций учитывают вероятностный характер нагрузок и несущей способности только в части обработки исходных данных.

Поэтому метод предельных состояний считается полу вероятностным [7], а надежность конструкций при проектировании обеспечивается введением частных коэффициентов запаса – коэффициентов надежности по нагрузкам, по материалам, по назначению, величины которых по понятным причинам не имеют достаточного теоретического и экспериментального обоснования.

На самом деле расчет строительных конструкций, достаточно полно отражающий режим эксплуатации, должен базироваться на теории надежности, вероятностные методы которой позволяют дать объективную оценку пригодности конструкции к нормальной эксплуатации.

Методы теории надежности составляют теоретическую основу для правильной организации сбора и обработки статистических данных, относящихся к воздействиям на сооружения, характеристикам материалов и конструкций, а также других расчетных параметров.

Эти методы наиболее правильно отражают случайную природу основных расчетных величин и взаимосвязь между внешними воздействиями и прочностью конструкций.

За меру надежности следует принимать вероятность безотказной работы за заданный срок службы.

Вероятностный подход оправдан тем, что все прочностные, геометрические и деформационные характеристики конструкций, а также воздействия на них представляют собой случайные величины или случайные процессы.

Упомянутые выше противоречия между надежностью и экономичностью разрешаются выработкой «целесообразного уровня надежности» [1,3,5], по возможности близкому к практически трудноопределимому «оптимальному» уровню. Теперь целью проектирования становится создание строительной конструкции с необходимым целесообразным уровнем надежности, т.е. с определенным заданным риском отказа. Такой уровень надежности должен быть, естественно, заложен в нормы проектирования.

Основная область практического применения теории надежности строительных конструкций – методы нормирования правил расчета при проектировании и контроле при изготовлении конструкций.

Современные персональные компьютеры представляют возможность методами вычислительного эксперимента получать значения вероятности отказа с использованием реальных данных – замеры нагрузок, экспериментально полученные значения физических и геометрических параметров конструкций и т.п.

Теория надежности строительных конструкций развивалась достаточно независимо от общей теории надежности. Специфика состоит в том, что при обеспечении надежности строительных конструкций необходимо учитывать совместное действие случайных нагрузок на систему со случайными прочностными характеристиками.

Впервые о статистической природе коэффициента запаса прочности упоминается в [5...7]. Было принято, что прочность бетона, укладываемого в плотину, подчиняется нормальному закону распределения при детерминированной гидростатической нагрузке.

На основании таких предположений была получена формула для обеспечения необходимого запаса прочности, гарантировавшего не разрушаемость с заданной заранее обеспеченностью, достаточно близкой к единице. Работы [1,5,6,7] значительно опередили представления того времени о коэффициенте запаса как о «коэффициенте незнания».

До появления работ [6,7] в инженерной практике считалось, что коэффициент запаса является особым числом.

В соответствии этому предполагалось, что точное его соблюдение гарантирует надежность конструкции, а даже незначительное его уменьшение представляет опасность для сооружения. В действительности нормативное значение коэффициента запаса являлось отражением мер предосторожности, обеспечивающих в целом удовлетворительный уровень надежности.

Разработка и внедрение в практику проектирования метода предельных состояний явилось достижением отечественной строительной науки.

В основе Еврокодов [2] лежат идеи указанного метода. Процедуры нормирования, основанные на методе предельных состояний, привели к системе коэффициентов надежности, когда в той или иной мере используются статистические данные, а расчет ведется в детерминированной форме. Укажем, что общие принципиальные вопросы применения вероятностных методов к анализу надежности сооружений получили развитие в цитированных уже работах [3,4].

Научные разработки определяли уровень нормирования расчетов. Заложенные в системе СНиПов принципы нормирования, регламентирующие правила расчета строительных конструкций на основе метода предельных состояний, развивались в большой степени стихийно.

Поэтому отсутствие общей теоретической базы привело к проектированию конструкций с уровнем надежности, который колеблется в широких пределах.

Совершенствование норм на основе теории надежности должно привести к выключению в них указаний по выбору необходимого уровня надежности с учетом оптимизации затрат. Кроме этого, должны быть разработаны способы определения проектных параметров конструкций с заданным уровнем надежности.

Ниже предлагается формулировка вероятностной методики нормирования правил расчета, содержащих общие алгоритмы определения расчетных параметров, главным образом, железобетонных конструкций.

В связи со сказанным, важным представляется получить в рамках вероятностного подхода определяющие уравнения для базового материала – железобетонных конструкций – бетона.

Современные методы механики в соединении с мощными вычислительными средствами позволяют рассчитывать сложные конструкции, находящиеся в непростых взаимодействиях с окружающей средой.

При этом устанавливается распределение напряжений, деформаций и перемещений в конструкциях, значения предельных нагрузок и другие механические параметры. Указанные характеристики интересны не сами по себе, а лишь с точки зрения суждений о надежности и долговечности сооружений.

Конечным результатом инженерного расчета должна быть гарантия надежной эксплуатации конструкции в течение установленного срока. Иными словами, цель расчета конструкции можно определить, как выбор параметров, при которых вероятность наступления предельных состояний будет меньше некоторого заданного значения. Последнее соответствует определенным оптимальным решениям, найденным с учетом назначения сооружения, его ответственности и капитальности, долговечности, возможного материального и морального ущерба, связанного с нарушением нормальной эксплуатации, перспектив роста нагрузок со временем и т.д.

Из сказанного можно заключить, что поведение строительных конструкций во время эксплуатации связано с факторами случайной природы. Статистической изменчивостью обладают свойства конструкционных материалов, а нагрузки на сооружения представляют собой случайные процессы, развертывающиеся во времени.

Следует отметить, что современные нормы проектирования строительных конструкций учитывают вероятностный характер нагрузок и несущей способности только в части обработки исходной информации. Метод предельных состояний можно трактовать как полувероятностный, а надежность конструкций в процессе проектирования обеспечивает введение частных коэффициентов надежности - по нагрузкам, по материалам, коэффициентов условий работы, надежности по назначению. Значения этих коэффициентов в принципе не могут иметь достаточного теоретического и экспериментального обоснования.

Выводы:

Расчет строительных конструкций, отражающий реальный поведенческий характер в эксплуатации, должен, конечно, в полной мере базироваться на теории надежности, имеющей вероятностную природу. Такой подход можно рассматривать как более объективный для оценки пригодности конструкции к нормальной эксплуатации. Это связано с тем, что аппарат теории надежности включает теоретическую основу организации сбора и обработки статистических данных, относящихся к воздействиям на сооружения, характеристикам материалов, конструкций и другим расчетным параметрам. Указанный аппарат отвечает наиболее правильному пониманию случайной природы основных расчетных величин.

Использованная литература

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1965. – 279 с.
2. ENV 1992-1: Eurocode: Basis of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings, CEN, 1993. – 73p.
3. Кутуев М.Д., Шабданов М.Д., Курбанбаев А.Б. Управление надежностью сооружений с кумулятивными повреждениями // Сборник научных трудов ППС ОшТУ. – Ош: ОшТУ, 1997. – Вып. 1. – С. 160-165.
4. Куюнджич С.М. Разработка и анализ моделей надежности и безопасности систем. – М.: Физ. мат. лит. 2001. – 464 с.
5. Повышение надежности автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1977. – 183 с.
6. Половко А.М. Основы теории надежности. – М.: Наука, 1964. – 446 с.
7. Ржаницын А.Р. Теории надежности строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.

