

# НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Ю.Н. Кушнарев, Г.А. Кушнарева

(Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры,  
г. Одесса, Украина)

Во многих крупных городах существует значительное количество зданий, имеющих историческую и архитектурную ценность. Чтобы сохранить эти здания на долгое время необходимо постоянно получать подобную информацию о состоянии их несущих конструкций для принятия своевременных решений об усилении, замене, капитальном ремонте и т.п.

В период эксплуатации происходит изменение структуры материалов несущих конструкций. Развитие этого процесса состоит из нескольких этапов, основными из которых являются : деформирование межатомных связей; разрыв деформированных связей; зарождение субмикротрещин в результате разрыва макромолекул, образующих стенки трахеид, что происходит внезапно и сопровождается слабыми звуковыми сигналами, напоминающими микровзрыв; взаимодействие субмикротрещин, приводящее к их слиянию и образованию микротрещин; слияние и укрупнение микротрещин до образования макротрещин / магистральной трещины/ , приводящей к разрушению материала. Этот динамический процесс, в зависимости от величины, характера и времени действия нагрузки, может стабилизироваться во времени или, продолжаясь, привести к разрушению конструкций.

Для обнаружения и регистрации повреждений структуры материала непригодны применяемые в настоящее время механические и электрические приборы /индикаторы, прогибомеры, тензорезисторы и др./, дающие возможность наблюдать только внешние макроизменения /прогибы/, деформации и т.п./ . Для этой цели необходимо применять неразрушающие методы исследования, которые позволяют вести непрерывное наблюдение за субмикро- и микропроцессами, происходящими в структуре материала конструкций. Такие методы оценки остаточного ресурса в настоящее время успешно применяются только в авиации и на крупных энергетических установках /тепловые, гидравлические, атомные электростанции и др./.

До настоящего времени не существует общепризнанной методики учета изменения ресурса материала конструкций в процессе эксплуатации, хотя потребность в изучении этих процессов очевидна. На кафедре конструкций из металла, дерева и пластмасс ОГАСА

длительное время проводится исследование процесса повреждаемости древесины, работающей в балочных конструкциях под воздействием внешней нагрузки разной величины и длительности. В настоящей статье приводятся некоторые результаты проведенного экспериментального исследования деревянных балок пролетом 45 см, размерами поперечного сечения 2 x 3 см, которые загружались в третях пролета двумя сосредоточенными силами, ступенчато возрастающими во величине.

В некристаллических материалах динамическая перестройка структуры происходит на субмикро- и микроуровнях и вызывается разрывом старых и образованием новых структурных связей. Эти разрывы сопровождаются акустическими сигналами /АС/, которые могут быть зарегистрированы специальной аппаратурой. Поэтому важное значение приобретает акустическая эмиссия /АЭ/ – измерение упругих волн, возникающих в процессе перестройки внутренней структуры материалов. Такие параметры АС как скорость распространения упругих волн, интенсивность, амплитуда, длительность, энергия и др. связаны с механическими свойствами материала и поэтому по зарегистрированным акустическим характеристикам можно судить об изменении механических свойств.

Из перечисленных акустических характеристик материала наибольшей информативностью обладают количество и величина амплитуды АС.

При анализе величины амплитуд АС выявляются характерные особенности динамики образования повреждений структуры. Так, АС с амплитудой 100...300 *mv* составляют 86...87% общего их числа, с амплитудой 300...500 *mv* – 5...6%, с амплитудой 500...1000 *mv* – 3...4%, с амплитудой 1000...2000 *mv* – 1...2%, с амплитудой 2000...3000 *mv* – 2...3%.

Можно сделать вывод о том, что появление субмикротрещин характеризуется амплитудой /100...500/*mv*, микротрещин – амплитудой /500...1000/*mv*, макротрещин – амплитудой /2000...3000/*mv*.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что АЭ сопровождает весь процесс эксплуатации и позволяет диагностировать и прогнозировать состояние материала конструкции, поскольку АС можно обнаружить на той стадии, когда конструкция в целом еще остается работоспособной. В период эксплуатации в материале устанавливается равновесное состояние, при котором развитие повреждений структуры древесины сильно замедляется или прекращается совсем. При нормальных условиях эксплуатации такие конструкции не должны излучать сигналов АЭ, что будет свидетельствовать о стабилизации свойств материала. Появление же АС является стимулом для тщательной проверки условий эксплуатации, величины и характера действующих нагрузок и других причин, вызвавших новую динамическую перестройку структуры материала, которые могут привести к разрушению конструкции.

Для решения вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации конструкции необходимо иметь полную информацию о нагруженности основных, наиболее напряженных, элементов в течении всего предшествующего периода времени, а также об эволюции технического состояния этих элементов. Чтобы осуществить постоянное наблюдение за состоянием несущих конструкций, повидимому должна быть создана специализированная служба эксплуатации зданий и сооружений, располагающая необходимыми техническими средствами для сбора, обработки и анализа поступающей от расположенных на основных несущих конструкций датчиков информации. Анализ поступающей информации даст возможность судить о текущем состоянии конструкции и прогнозировать ее остаточный ресурс.

В общем случае индивидуальное прогнозирование ресурса конструкций может состоять из следующих этапов :

1) текущий поиск дефектов, включающий освидетельствование конструкции и регистрации появляющихся повреждений;

2) регистрация и анализ действующих нагрузок и условий эксплуатации, куда входят регистрация величины начальной нагрузки и начальных условий эксплуатации, а также эволюция их во времени;

3) регистрация и анализ прочностных и деформационных свойств материала конструкции в начале эксплуатации и эволюция их во времени.

После анализа состояния конструкции по указанным трем пунктам необходимо произвести ее перерасчет с учетом изменения свойств материала и на основании результатов этого перерасчета принять решение о необходимости ремонта, усиления или замены конструкции.

Безусловно, внедрение индивидуального прогнозирования ресурса основных несущих конструкций наиболее ценных зданий и сооружений требует дополнительных средств расходов на средства технической диагностики, на встроенные и внешние приборы, регистрирующие уровень нагрузок и состояние конструкций, на создание микропроцессоров для первичной обработки информации, на разработку математических методов, программного обеспечения и многого другого. Однако создание такой системы контроля, вначале применяемой для наиболее ценных зданий и сооружений, могло бы постепенно распространиться и на другие типы зданий, обеспечивая постоянное наблюдение за их техническим состоянием. Идеальной для потребителя явилась бы надежная система непрерывного автоматического контроля за состоянием несущих конструкций отдельного здания или группы зданий, предельно простая в эксплуатации и предельно низкой стоимости, позволяющая предотвратить внезапное разрушение конструкции. Такая система

должна включать банк данных, где концентрируются сведения о текущем поиске дефектов, об эволюции нагрузок и условий эксплуатации, об изменениях в структуре материалов основных несущих конструкций, приборы и датчики для регистрации и обработки сигналов АЭ, параметров окружающей среды. Однако эти расходы окупаются полностью достоверностью, полнотой и точностью получаемой информации.

Тщательное и постоянное исследование изменения механических свойств материалов во времени имеет важное значение не только для эксплуатируемых, но и для проектируемых конструкций. Существует определенное противоречие между принимаемыми в расчетах предпосылками и современными представлениями о прочности, деформативности и процессах разрушения твердых тел. Выбор расчетной схемы конструкции осуществляется выделением существенных и отбрасыванием второстепенных фактов. Конструкция представляется в виде простейших геометрических элементов, имеющих идеализированные связи между собой. Внешняя нагрузка заменяется силами, имеющими простое геометрическое представление. Материалу конструкции приписывают определенные физико-механические свойства, описываемые простейшими аналитическими зависимостями. В действительности все эти предпосылки находятся под влиянием большого количества разнообразных, слабо контролируемых и сложным образом взаимодействующих фактов и имеют изменчивый, случайный характер.

Расчет по основному предельному состоянию – несущей способности, практически ведется по вероятному худшему случаю, по наибольшей внешней нагрузке, возможной в течение всего срока эксплуатации и по наименьшей прочности материала, найденной с учетом всех влияющих на него фактов / пороков, влажности, температуры, длительности и характера действующих нагрузок и т.п. / . Поэтому, назначая размеры поперечного сечения конструкций, исходят из двух предположений:

- 1) материалу конструкций приписывают постоянные, не изменяющиеся во времени значения прочности /нормативные и расчетные сопротивления/;
- 2) площадь поперечного сечения элементов конструкций считается постоянной, не изменяющейся от начала нагружения до разрушения конструкций.

Все это противоречит современным представлениям о процессах, происходящих в твердых телах под нагрузкой, и исследователя и проектировщика обычно интересуют ответы на такие вопросы :

- при каком уровне нагрузки произойдет разрушение;
- когда, через какое время, разрушится материал /конструкция/, если действующая нагрузка не вызывает мгновенного ее разрушения;

– какие изменения можно зафиксировать в материале /конструкции/, находящемся под действием определенного вида нагрузки /кратковременной, длительной, статической, динамической и др./;

– какие изменения в материале вызывают его разделение на части;

– как диагностировать и зафиксировать эти изменения, чтобы прогнозировать срок службы материала /конструкции/ по зафиксированным изменениям.

Таким образом, назрела необходимость серьезного и всестороннего исследования вопросов накопления повреждений в деревянных конструкциях под нагрузкой и связанные с этим процессы изменения площади поперечного сечения с тем, чтобы использовать результаты при проектировании деревянных конструкций.

### Литература

1. В.Р.Регель, А.И.Слуцкер и др. Кинетическая природа прочности твердых тел. М., «Наука», 1974.
2. В.А.Петров, А.Я.Башкарев и др. Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов. С-Петербург, «Политехника», 1993.
3. Ю.Н.Кушнарев. Оценка ресурса деревянных конструкций с помощью акустической эмиссии. – Изв. ВУЗов. «Строительство». 9-10, 1992.