



Рис. 2. Зоны огневого воздействия по высоте подвального этажа на строительные конструкции (разрез 1-1 по оси 19, см. рис. 1).

I - зона горения; II, III, IV - соответственно зоны высокой, средней и слабой интенсивности огневого воздействия; 1 - место горения масла ($S = 40 \text{ м}^2$, $M = 1500 \text{ кг}$); 2 - железобетонные колонны сечением $0,6 \times 0,5 \text{ м}$ высотой 4 м ; 3 - сборные ненапряженные железобетонные ребристые плиты покрытия размером в плане $1,5 \times 5,5 \text{ м}$; 4 - сборные ненапряженные железобетонные ригели перекрытия; 5 - металлический настил; 6 - железобетонные стены подвала.

Найдем приведенную длительность пожара в зонах высокой, средней и слабой интенсивности огневого воздействия

$$\tau_{c2} = \left[1 - 120 \cdot \left(0,2 \cdot 120^{-1} + 10^{-3} \right) \right] \cdot 120 = 82 \text{ мин};$$

$$\tau_{c3} = \left[1 - 620 \cdot \left(0,2 \cdot 620^{-1} + 10^{-3} \right) \right] \cdot 120 = 22 \text{ мин};$$

$$\tau_{c4} = \left[1 - 820 \cdot \left(0,2 \cdot 820^{-1} + 10^{-3} \right) \right] \cdot 120 = 0 \text{ мин}.$$

Выполненный расчет показал, что по характерным признакам на строительных конструкциях подверженных температурному воздействию можно определить не только величину температуры действовавшей на конструкции, но и время воздействия опасных факторов пожара. Достоверная и обоснованная оценка технического состояния строительных конструкций поврежденных пожаром позволяет восстановить события произошедшего пожара, принять правильные решения по восстановлению эксплуатационных качеств зданий и сооружений. Получив значения температур и длительности воздействия уточняем их влияние на характеристики материалов конструкции (см. табл. 1, 2).

УДК 624.011.1:539.4

Найчук А.Я., Захаркевич И.Ф.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Долговечность деревянных конструкций зависит от качества проектирования, условий изготовления, транспортировки, монтажа и эксплуатации. Нарушения требований нормативных документов на любой из стадий, а равно как и их несовершенство, приводит к образованию повреждений и их развитию в процессе эксплуатации. Свидетельством этому являются результаты обследований деревянных конструкций.

При обследованиях нами трехшарнирных арок на таких объектах, как тренировочный манеж «Стайки», легкоатлетический манеж в г.Гомеле, дворец спорта «Грудовые резервы»,

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ройтман М.Я. Пожарная профилактика в строительном деле. Под ред. Стрельчука Н.А. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1975. - 525с.
2. Зернов С.И., Россинская Е.Р. Естественно-научные и правовые аспекты комплексных экспертиз по делам о пожарах//Современное состояние и перспективы развития новых видов судебной экспертизы: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИСЭ МЮ СССР, 1982.
3. Якимук В.П. Применение математических методов в пожарно-технической экспертизе строительных конструкций//Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы V Республиканской науч. конф. студентов и аспирантов. - Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2002. - с. 140.
4. Якимук В.П., Кулинич В.Г. О математическом моделировании развития пожара в здании с целью экономического обоснования противопожарных мероприятий//Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: Тез. докл. Международ. науч.-практ. конф. Ч.I/ Под общ. ред. В.И.Сенько. - Гомель: БелГУТ, 2003. - с. 291-292.
5. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. - М.: Стройиздат, 1996.
6. Федотов А.И., Ливчиков А.П., Ульянов Л.Н. Пожарно-техническая экспертиза. - М.: Стройиздат, 1986.
7. Маковкин А.В., Кабанов В.Н., Струков В.М. Проведение экспертных исследований по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара. - М.: ВНКЦМВД СССР, 1990.
8. Зенков Н.И. Строительные материалы и поведение их в условиях пожара. - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1974. - 176 с.
9. Некрасов К.Д., Жуков В.В., Гуляева В.Д. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур. - М.: Стройиздат, 1972. - 128 с.
10. Сычев В.М., Жуков В.В. Огнестойкость строительных конструкций. - М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1976. - 60 с.
11. Исследования в области жаростойкого бетона. - М.: Стройиздат, 1981. - 110 с.
12. Макагонов В.А. Бетон в условиях высокотемпературного нагрева. - М.: Стройиздат, 1979. - 87 с.
13. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. - М.: Высшая школа, 1981. - 335 с.
14. Преображенский В.А. Теплотехнические измерения и приборы. - М.: Энергия, 1978. - 703 с.
15. Рекомендации по натурным обследованиям железобетонных конструкций. - М.: НИИЖБ, 1972. - 77 с.

павильон аэропорта «Минск-2», крытый каток в г.Новополоцке и других, в опорных и коньковых узлах были обнаружены поверхностные и сквозные трещины длиной от нескольких сантиметров до нескольких метров. Длительные наблюдения за поведением указанных дефектов показали, что они имеют тенденцию к развитию, как по длине, так и глубине сечения, и зависят от вида напряженного состояния. Аналогичные результаты были получены при обследованиях зданий и сооружений с металлодеревянными арками типа МДА, гнутоклееными рамами типа ДГР, рамами с зубчатый

Найчук Анатолий Яковлевич, кандидат технических наук, директор Филиала унитарного предприятия «Институт БелНИИС» - «Научно-технический центр».

Беларусь, НТЦ, г. Брест, ул. Московская, 267.

Захаркевич Иван Филиппович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

соединением стойки и ригеля типа РД и балками [1-3].

В связи с этим актуальной для практики является задача определения критических размеров трещин, при которых конструкция не удовлетворяет требованиям предельных состояний, либо наоборот – прогнозирования остаточного ресурса по известным геометрическим параметрам трещин.

Существующие нормы расчета деревянных конструкций [4] не позволяют решить данную задачу, поскольку не содержат каких-либо данных, которые характеризовали бы способность древесины сопротивляться распространению трещин, т.е. вязкости разрушения древесины при длительном действии нагрузки.

В последнее время, как в нашей республике, так и за рубежом выполнен ряд исследований по определению вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге [6-14]. Все эти результаты в основном получены при кратковременном действии статической нагрузки. В то же время, для решения практических задач необходимы значения характеристик сопротивления древесины распространению трещин, учитывающие продолжительность действия нагрузок, их периодичность, размеры поперечных сечений, т.е. расчетные значения вязкости разрушения древесины. Поэтому в данной статье мы остановимся на некоторых подходах по нормированию расчетных характеристик вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге.

В качестве расчетных значений вязкости разрушения древесины введем следующие обозначения: $K_{IC,d}$ – расчетное значение вязкости разрушения при нормальном отрыве поперек волокон (растяжение поперек волокон); $K_{IIC,d}$ – расчетное значение вязкости разрушения при поперечном сдвиге (скалывании вдоль волокон).

Расчетное значение вязкости разрушения древесины по нашему мнению можно определять аналогично, как и расчетные значения сопротивлений f_d , согласно [5] по формулам

$$K_{IC,d} = (K_{IC,k} / \gamma_m) m_{\text{дл I}}, \quad (1)$$

$$K_{IIC,d} = (K_{IIC,k}^k / \gamma_m) m_{\text{дл II}}, \quad (2)$$

где $K_{IC,k}$, и $K_{IIC,k}$ – соответственно, нормативное значение вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге; γ_m – коэффициент надежности по материалу; $m_{\text{дл I}}$ и $m_{\text{дл II}}$ – соответственно, коэффициенты условий работы при нормальном отрыве и поперечном сдвиге, учитывающие влияние длительности нагружения с переходом от вязкости разрушения древесины при кратковременных испытаниях к ее вязкости разрушения в условиях длительно действующих постоянных и временных нагрузок за весь срок службы конструкции.

В работах [15-17] было показано, что снижение длительной прочности древесины при растяжении поперек волокон происходит значительно быстрее по сравнению с другими видами напряженного состояния. Поэтому при определении расчетных значений вязкости разрушения $K_{IC,d}$, $K_{IIC,d}$ значения $m_{\text{дл I}}$ и $m_{\text{дл II}}$ будут иметь различные величины.

Подтверждением этому являются результаты испытаний ДКБ-образцов (случай нормального отрыва) [8] и балочек на четырехточечный изгиб с вертикальным пропилом в зоне чистого изгиба (со стороны растянутой кромки) на действие длительной нагрузки [17]. Кроме того, данные результаты [8,17] позволяют сделать вывод, что снижение вязкости разрушения древесины при длительном действии нагрузки описывается теми же зависимостями, что и прочность древесины при растяжении поперек волокон. Что же касается снижения вязкости разрушения древесины при поперечном сдвиге от длительного действия нагрузки, то она подчиняется тем же

зависимостям, что и прочность древесины при скалывании вдоль волокон. Это справедливо только для случая, когда в вершине трещины отсутствуют составляющие напряжений отрыва поперек волокон.

В [4] особенностью нормирования фактора длительности действия нагрузки является недифференцированный ее учет как от вида напряженного состояния, так и от сроков службы конструкций. При этом самое главное, что закон распределения и вариация прочности древесины во времени остаются постоянными и принимаются равными значениям, полученным при кратковременных испытаниях. Такие допущения приняты ввиду отсутствия дополнительных экспериментальных данных. Поэтому для прочностных характеристик древесины

$$m_{\text{дл}} = 1,03(1 - \lg \tau_{np} / \lg A), \quad (3)$$

где $\lg A = 18,5$ для обеспеченности 0,99 независимо от вида напряженного состояния древесины; τ_{np} – приведенная продолжительность действия постоянной и кратковременной снеговой нагрузки численно равная $10^6 - 10^7$ с.

В то же время при растяжении древесины поперек волокон по результатам работ [15,16] $\lg A$ должен быть меньше и согласно данным работы [16] для обеспеченности 0,95 находится в пределах $9,64 \pm 1,1$ с. Неучет данного обстоятельства является одной из причин возникновения повреждений в виде трещин в процессе эксплуатации деревянных конструкций, где имеют место случаи растяжения древесины поперек волокон.

Для значений вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве поперек волокон

$$m_{\text{дл I}} = 1,03(1 - \lg \tau_{np} / 10,74), \quad (4)$$

а для случая поперечного сдвига (скалывание вдоль волокон)

$$m_{\text{дл II}} = 1,03(1 - \lg \tau_{np} / 18,5). \quad (5)$$

Тогда, в случае совместного действия постоянной и кратковременной снеговой нагрузки $m_{\text{дл I}} = 0,36$, а $m_{\text{дл II}} = 0,66$.

Поскольку большинство результатов по вязкости разрушения древесины получены в основном при испытании «чистой» без пороков древесины, а для характеристик разрушения древесины в реальных конструкциях должна быть учтена сортность и размеры сечений, то здесь можно воспользоваться подходами нормирования, принятыми для прочностных характеристик древесины с определенными при этом допущениями, которые по мере накопления экспериментальных данных могут корректироваться. Поэтому нормативное значение вязкости разрушения древесины $K_{IC,k}$ и $K_{IIC,k}$, как и ее прочностные характеристики могут определяться из следующих выражений:

$$K_{IC,k} = K_{IC} (1 - \eta_H v_I) K_{II} K_{PI}, \quad (6)$$

$$K_{IIC,k} = K_{IIC} (1 - \eta_H v_{II}) K_{II} K_{PII}, \quad (7)$$

где K_{IC} , K_{IIC} – средние значения вязкости разрушения древесины при испытании образцов на действие кратковременной статической нагрузки при нормальном отрыве и поперечном сдвиге; η_H – множитель, зависящий от уровня обеспеченности; v_I, v_{II} – максимальные значения коэффициентов вариации вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге; K_{II} , K_{PII} – переходные коэффициенты, учитывающие влияние пороков на вязкость разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге; K_{PI} , K_{PII} – переходные коэффициенты, учитывающие влияние размеров рабочего сечения на вязкость разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге.

Как видно из (6) и (7) для вязкости разрушения древесины при нормальном отрыве и поперечном сдвиге переходные

коэффициенты K_{PI} , K_{PII} и K_{PI} , K_{PII} должны иметь свои значения. Для определения их величин должен быть проведен комплекс исследований по выявлению зависимостей вязкости разрушения древесины от геометрических параметров испытываемых образцов и наличия в них пороков в соответствии с принятой классификацией сортности пиломатериалов. Следует отметить, что такие исследования должны проводиться как для образцов из цельной древесины, так и клееной. В настоящее время имеются результаты таких исследований в работах [9-12], где приводятся зависимости вязкости разрушения K_{IC} и K_{IIC} от толщины испытываемых образцов и плотности древесины. Что же касается влияния пороков древесины на вязкость разрушения K_{IC} и K_{IIC} , то такие данные отсутствуют. Поэтому в первом приближении величины K_{PI} и K_{PII} могут быть приняты равными по своим значениям как для прочности древесины при растяжении поперек волокон и скалывании вдоль волокон в зависимости от сорта древесины. Тогда согласно [5,18] для клееной древесины 1+3 сортов $K_{PI} = 0,357$, а $K_{PII} = 0,876$ для 1 сорта и $K_{PII} = 0,714$ для 2 и 3 сортов.

На основании результатов исследований [10,11] при испытании образцов, как из цельной, так и с клееной древесины, по определению вязкости разрушения K_{IIC} было установлено, что толщина испытываемых образцов не влияет на значения K_{IIC} . Таким образом, можно полагать, что $K_{PII} = 1$. При этом, для древесины сосны плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ $K_{IIC} = 1,075 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ и при $\rho = 550 \text{ кг/м}^3$ $K_{IIC} = 1,275 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а максимальное значение коэффициента вариации составило 6,41%. Что же касается K_{PI} для случая нормального отрыва, то согласно исследованиям [12], вязкость разрушения K_{IC} зависит от толщины испытываемых образцов и плотности древесины.

Поскольку в настоящее время отсутствует стандарт по определению вязкости разрушения K_{IC} , где бы оговаривались конкретные геометрические размеры образцов, а также учитывая результаты работы [12], где было показано, что при толщине образцов более 10 мм влияние структуры материала не сказывается на характере диаграмм деформирования древесины в вершине трещины, то за базисное значение вязкости разрушения примем значение K_{IC} , соответствующее толщине образцов 20 мм и плотности $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$. По данным [12] для древесины сосны плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ $K_{IC} = 0,375 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ и для $\rho = 550 \text{ кг/м}^3$ $K_{IC} = 0,435 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а $K_{PI} = 1$. При этом максимальное значение коэффициента вариации составило 10,25%. Согласно формул (6) и (7) для древесины 1 сорта плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и толщиной образцов 20 мм $K_{IC,k} = 0,111 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а $K_{IIC,k} = 0,842 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. При $\rho = 550 \text{ кг/м}^3$ $K_{IC,k} = 0,129 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а $K_{IIC,k} = 1,0 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Значения коэффициента надежности по материалу согласно [5] для случая нормального отрыва при $V_1 = 10,25\%$ $\gamma_m = 1,09$ и поперечного сдвига при $V_{II} = 6,41\%$ $\gamma_m = 1,05$. Тогда расчетные значения вязкости разрушения для древесины 1 сорта плотностью $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ и толщиной образцов 20 мм $K_{IC,d} = 0,037 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а $K_{IIC,d} = 0,529 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. При $\rho = 550 \text{ кг/м}^3$ $K_{IC,d} = 0,043 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а $K_{IIC,d} = 0,629 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Таким образом, расчетные значения вязкости разрушения

древесины $K_{IC,d}$ и $K_{IIC,d}$ зависят от сорта и плотности древесины, толщины элемента в котором имеются повреждения в виде трещин.

Предложенный подход нормирования вязкости разрушения древесины предлагается впервые и направлен на совершенствование и унификацию общей методики нормирования расчетных характеристик древесины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Серов Е.Н. О результатах обследования некоторых видов КДК //Облегченные конструкции из древесины, фанеры и пластмасс: Межвуз. тем. сб. – Л.:ЛИСИ, 1982, с.5–9.
2. Орлович Р.Б., Филимонов Н.С., Жук В.В. Наиболее существенные признаки расслоения и растрескивания элементов несущих клееных деревянных конструкций //Проблемы сельскохозяйственного строительства. – Минск: Ураджай, 1980, с.78–83.
3. Квасников Е.Н. О прочности и надежности деревянных балок и ферм //Повышение надежности и долговечности строительных конструкций: Межвуз. темат. сб. №2. – Л.: ЛИСИ, 1972, с.47–67.
4. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции / Минстройархитектуры РБ.-Мн.: РУП «Минскпроект», 2001. – 72 с.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / М.: Стройиздат, 1986, – 215 с.
6. Найчук А.Я. К вопросу оценки вязкости разрушения древесины //Тез. докл. научно-практической конференции молодых ученых и специалистов ЦНИИПромзданий. – М., 1986. – с. 16.
7. Найчук А.Я., Федоров А.В. К вопросу оценки хрупкого разрушения древесины //Молодежь и научно-технический прогресс в строительстве. Тез.докл. – Новосибирск, 1987. – с.21.
8. Найчук А.Я., Левчук А.С. Провести исследования и разработать методику оценки долговечности элементов деревянных конструкций с дефектами типа трещин. Отчет НИР, шифр М 32.34 С, ЦНИИПромзданий, 1990, – 130 с.
9. Найчук А.Я. Методика определения вязкости разрушения древесины K_{IC} //Экспериментальные исследования и расчет строительных конструкций.: Сб. науч. тр. ЦНИИПромзданий. – М.:1992, с. 63-70.
10. Найчук А.Я., Драган В.И., Петрукович А.Н. К вопросу методики экспериментального определения вязкости разрушения древесины K_{IC} //Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. Приложение. Ч.1 – 2004. – № 1(25). с.62 – 68.
11. Найчук А.Я. К вопросу о несущей способности деревянных клееных балок со сквозными трещинами //Промышленное и гражданское строительство. №6 с.38-40.
12. Найчук А.Я., Петрукович А.Н. О вязкости разрушения древесины сосны K_{IC} при кратковременном действии статической нагрузки //Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. В настоящем номере.
13. Гаппоев М.М. Исследование трещиностойкости древесины ели по модели II из испытаний призматических образцов с двухсторонними поперечными надрезами /Заводская лаборатория. – 1995 – №5 – с 39-42.
14. Кабанов В.А., Масалов А.В. Вязкость разрушения деревянных клееных элементов //Межвуз. сб. тр. Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета. – Санкт-Петербург, 1995, – с.78-88.
15. Иванов Ю.М., Славик Ю.Ю. Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – 1986 –№10. – с.22-26.
16. Славик Ю.Ю. Вероятностные характеристики длительной прочности древесины //Разработка и совершенствование деревянных конструкций. – Сб. научн. тр./ЦНИИСК. – М.: 1989. – с.160-173.
17. Орлович Р.Б., Найчук А.Я. О достоверности критерия Бейли при оценке длительной прочности древесины //Изв. Вузов. Лесной журнал. – 1989 – №2. – с.124-126.
18. Руководящие технические материалы. Древесина. Показатели физико-механических свойств. – М.:Стандартгиз, 1962. – 48 с.