

- Вып. 7. - С. 31-36. [4]. Карманов А. П., Беляев В. Ю., Монаков Ю. Б. Гидродинамические свойства и разветвленность полимерных цепей лигнина // Высокомолекулярные соединения. - 1995. - Т. 37(А), № 2. - С. 266 - 272. [5]. Карманов А. П., Монаков Ю. Б. Структура макромолекул лигнина // Высокомолекулярные соединения. - 1996. - Т. 38(Б), № 9. - С. 1631 - 1642. [6]. Карманов А. П. Структура и полимерные свойства природного лигнина и его биосинтетических аналогов - дегидрополимеров: Автореф. дис.... докт. хим. наук.- Уфа, 1995. - 48 с. [7]. Кокоревич А. Г., Гравитис Я. А., Озоль-Калнин В. Г. Развитие скейлингового подхода при исследовании надмолекулярной структуры лигнина. Лигнин как фрактальный объект // Химия древесины. - 1989. - № 1. - С. 3 - 24. [8]. Рафиков С. Р., Будтов В. П., Монаков Ю. Б. Введение в физикохимию растворов полимеров. - М.: Наука, 1978. - 328 с. [9]. Цветков В. Н., Лавренко П. Н., Бушин С. В. Гидродинамический инвариант полимерных молекул // Успехи химии. - 1982. - Т. 51, вып. 10. - С. 1698 - 1732. [10]. A Study of Delignification by Acidolysis / F. Pla, P. Froment, B. Mouttet, A. Robert // Holzforschung. - 1984. - Vol. 38, N 3. - P. 127-132. [11]. Castillo F. J., Greppin H. Balance between anionic and cationic extracellular peroxidase activities in *Sedum album* leaves after ozone exposure. Analysis by HPLC // *Physiol. Plant.* - 1986. - Vol. 68. - P. 201-208. [12]. Dean J. F., Eriksson K. E. Biotechnological Modification of Lignin Structure and Composition in Forest Trees // *Holzforschung.* - 1992. - Vol. 46, N 2. - P. 135 - 147. [13]. Loewus F. A., Loewus M. W. Biosynthesis and metabolism of ascorbic acid in plants // *CrC Crit. Rev. Plant Sci.* - 1987. - N 5. - P. 101-119. [14]. Pla F., Robert A. A Study of Extracted lignins by G.P.C. Viscosimetry and Ultracentrifugation Determination of the Degree of Branching // *Holzforschung.* - 1984. - Vol. 38, N 1. - P. 37 - 42. [15]. Pla F., Robert A. A Study of the Crosslinked Character of in Situ Lignin // *Holzforschung.* - 1984. - Vol. 38, N 4. - P. 213 - 220.

Поступила 27 мая 1997 г.

УДК 624.011.1:539.375

*А.А. СМОРЧКОВ, С.В. ПОВЕТКИН*

С.-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Курский государственный технический университет

### **ВИБРОПОЛЗУЧЕСТЬ КЛЕЕНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СЖАТИИ И СЖАТОЙ ЗОНЫ В БАЛКАХ ПРИ ИЗГИБЕ**

Исследованы деформации виброползучести в клееных деревянных балках и клееных элементах в виде призм. Показано изменение деформированного состояния балок при циклическом нагружении. Приведен анализ возможности прогнозирования виброползучести на основе кинетической теории термофлюктуационного разрушения.

The deformations of vibration creep in glued wooden beams and glued elements of the prism type were investigated. The change of the strained state of beams under the repeated loading is demonstrated. The analysis of possibility for vibration creep prediction is given based on the kinetic theory of thermofluctuational destruction.

Виброползучесть – это свойство элементов и конструкций, которое проявляется при циклическом асимметричном деформировании. Если деформации виброползучести велики, то они могут привести к образованию предельного прогиба и, в конечном счете, к разрушению конструкций. В связи с этим показатель виброползучести (например прогиб) в циклически нагруженных конструкциях должен быть нормирован. Однако в действующей главе СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» полностью отсутствуют данные для расчета конструкций на выносливость по предельным состояниям второй группы.

Для линейного напряженного состояния при статических нагрузках в работах [1,2,4] приведена зависимость, определяющая скорость ползучести:

$$\dot{\epsilon}_i = \dot{\epsilon}_0 \exp\left(\frac{\gamma \sigma_i - U_0}{kT}\right), \quad (1)$$

где  $\dot{\epsilon}_0 = 10^{12} \dots 10^{13} \text{ с}^{-1}$ ;

$U_0, \gamma, \sigma_i, k, T$  – параметры из формулы долговечности С.Н. Журкова [2].

Как показывают исследования [1, 2], произведение скорости установившейся ползучести  $\dot{\epsilon}_i$  на время до разрушения  $t_{pi}$  сохраняется постоянным и не зависит от напряжения:

$$\dot{\epsilon}_i t_{pi} = \text{const}. \quad (2)$$

Из этого следует, что

$$\dot{\epsilon}_i t_{pi} = \dot{\epsilon}_0 \tau_0 = 1, \quad (3)$$

так как предэкспоненциальные множители в формуле (1) и формуле долговечности С.Н. Журкова обратны друг другу [1, 4].

Из анализа формулы (1) следует, что при сохранении условий испытания неизменными скорость деформаций ползучести зависит от числителя формулы:

$$\text{при } \gamma \sigma_i - U_0 < 0 \quad \dot{\epsilon}_i < \dot{\epsilon}_0;$$

$$\text{при } \gamma \sigma_i - U_0 > 0 \quad \dot{\epsilon}_i > \dot{\epsilon}_0;$$

$$\text{при } \gamma \sigma_i - U_0 = 0 \quad \dot{\epsilon}_i = \dot{\epsilon}_0.$$

Поскольку энергии активации  $U_0$  придается смысл константы [1] независимо от напряженного состояния, то скорость деформации ползучести определяется в основном величиной структурночувствительного коэффициента  $\gamma$  и действующим напряжением  $\sigma_i$ . Значение коэффициента  $\gamma$  зависит от состояния дефектности структуры материала, и произведение, определяемое выражением (3), не всегда равно единице, а, как правило, превышает это значение [4].

При переходе от статических нагрузок к циклическим и изменении напряженного состояния на плоское (изгиб конструкции) нами установлено [3], что произведение скорости виброползучести (виброизгиба)  $V_{vi}$  на число циклов до разрушения  $N_{pi}$  сохраняется постоянным при неизменном коэффициенте асимметрии цикла:

$$V_{vi} N_{pi} = \text{const.} \quad (4)$$

Аналогия выражений (2) и (4) позволяет сделать предположение, что и в условиях изменения режима внешних силовых воздействий структура формулы (1) остается неизменной. Это дает возможность использовать ее для прогнозирования виброползучести.

Для изгибаемых элементов, имеющих значительную долю в номенклатуре клееных деревянных конструкций, основным нормируемым параметром является прогиб. Поскольку прогиб конструкции зависит от величины деформации волокон, потребовалось проведение дополнительных исследований. Нами были испытаны клееные элементы размером  $60 \times 60 \times 90$  мм на сжатие и клееные деревянные балки сечением  $120 \times 120$  мм с расчетным пролетом 1800 мм на изгиб при сложении двух сосредоточенных нагрузок в  $3/8$  пролета от опоры.

Цель исследований – выявить характер деформирования клееных элементов при сжатии, а также сжатой и растянутой зон в балках при изгибе под действием циклических нагрузок.

В результате исследований установлено следующее:

деформации виброползучести клееных элементов при напряжениях, не превышающих предел выносливости, носят затухающий характер;

в сжатой зоне клееных деревянных балок деформации виброползучести уменьшаются, в растянутой зоне – увеличиваются;

коэффициент асимметрии по деформациям при сжатии клееных элементов в 1,7 раза больше, чем по напряжениям;

коэффициент асимметрии по деформациям при изгибе в сжатой и растянутой зонах в 1,2 раза меньше, чем по напряжениям;

деформации сжатой зоны при изгибе в 1,7 раза больше осевых деформаций при сжатии;

вибропрогиб изгибаемых элементов увеличился в среднем на 21,4 % и составил  $1/68$  от пролета.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) поскольку относительная величина вибропрогиба значительно больше предельного даже для статически нагруженных конструкций, то необходимость его нормирования не вызывает сомнения;

2) напряженное состояние изгибаемого элемента позволяет предположить, что происходит изменение активационного объема и величины структурного коэффициента для сжатой и растянутой областей, поэтому для изгибаемых элементов формула (1) не может быть использована в представленном виде;

3) поскольку более информативной величиной является вибропрогиб изгибаемого элемента, то можно предложить для его определения следующую зависимость:

$$f_{\text{в}} = f_0 + f_d (K - e^{\alpha_1}) f_f N_i + f_f e^{\alpha_2}, \quad (5)$$

где  $f_0$  – начальный прогиб;  
 $\alpha_1, \alpha_2, f_d, f_f, K$  – кинетические параметры виброползучести, определяемые экспериментально;  
 $N_i$  – число циклов переменной нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Петров В.А., Башкарев А.Я., Веттерген В.И. Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов. - СПб.: Политехника, 1993. - 475 с. [2]. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.И. Кинетическая природа прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 560 с. [3]. Сморгчов А.А., Поветкин С.В. Метод контроля качества и прогнозирования долговечности клееных деревянных конструкций по результатам испытаний вибрационной нагрузкой // Развитие малоэтажного домостроения на основе древесного сырья: Тез. докл. - Тюмень, 1989. - С. 133-134. [4] Соломатов В.И., Бобрышев А.Н. Использование вариационного принципа Мопертюи в определении разрушения твердых тел // Строительство и архитектура. - 1984. - № 11. - С. 46-49. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 13 января 1998 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

*Н.Н. КАЛИНИН, Э.И. ФЕДОРОВА, Р.Т. БРЕЖНЕВА, Н.Ф. ПЕСТОВА*

С.-Петербургская лесотехническая академия  
Сыктывкарский лесной институт  
С.-Петербургской лесотехнической академии



Калинин Николай Николаевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 90 научных трудов в области инженерного оформления процессов химической переработки целлюлозы.



Федорова Эльвира Ильинична родилась в 1940 г., окончила в 1963 г. Коми государственный педагогический институт, кандидат химических наук, профессор кафедры общей химии Сыктывкарского лесного института. Имеет более 50 научных трудов в области химизма процессов отбелки целлюлозы.



Брежнева Раиса Тимофеевна родилась в 1935 г., окончила в 1956 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры ЦБП Сыктывкарского лесного института, лауреат Государственной премии. Имеет более 20 научных трудов в области процессов отбелки целлюлозы.