

**ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННЫЕ КОНСТАНТЫ
ДЛЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛИТ
ЦЕЛЬНОГО И СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЙ**

В. М. Данилов, А. В. Ерофеев, Т. И. Горохов

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений», vt.danilov@outlook.com;
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: долговечность; обобщенное уравнение Журкова; поливинилхлорид; прогнозирование; термофлуктуация.

Аннотация: Ввиду того, что большинство строительных материалов представляют собой композитные соединения, рассмотрение термофлуктуационных зависимостей, учитывая не только материал, но и конфигурацию конструкции, позволит приблизить идеализированные теоретические представления о работоспособности конструкций к реальным условиям. На основе найденных термофлуктуационных зависимостей, для поливинилхлоридных листовых элементов цельного сечения и составного в три слоя без специальных связей, предложен ввод определенного коэффициента в уравнение Журкова, который будет вести учет конфигурации сечения, что повысит качество прогноза долговечности конструкции.

Введение

На текущий момент вопросы долговечности и прогнозирования работоспособности рассматривают со стороны эмпирического метода предельных состояний. Установлено, что для прочности и деформативности подавляющего большинства материалов четко прослеживается температурно-временная зависимость [1, 2], то есть процесс деформирования и разрушения имеет термофлуктуационную природу, при этом тепловое движение атома является его катализатором. Механические воздействия лишь ускоряют названный процесс, который является вероятностным, так как время особой роли не играет, оно повышает количество тепловых флуктуаций, разрушающих связи в материале, которые препятствуют наступлению критической фазы [3]. Изложенный принцип является основным постулатом термофлуктуационной концепции, которая используется при прогнозировании работоспособности и долговечности материалов в большом диапазоне эксплуатационных параметров. Термофлуктуационная концепция в классическом случае выражается в математическом виде следующим образом [4]:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (1)$$

где τ – долговечность материала или время до наступления одного из предельных состояний, с; τ_m , U_0 , γ , T_m – термофлуктуационные константы; R – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль·К); σ – напряжение, МПа; T – температура, К.

Отметим, что приведенная формула является нечувствительной к изменениям физической структуры, а, следовательно, и прочностных свойств. Существуют различные варианты частных случаев, при которых возникает необходимость в модернизации формулы путем введения коэффициента [5].

Цель работы – исследовать термофлуктуационные зависимости разрушения и деформирования поливинилхлоридных балок различных сечений.

В качестве объекта исследования принят листовой поливинилхлорид (ПВХ) марки FS-Roam с плотностью $0,55 \text{ г/см}^3$ – искусственно синтезированный полимерный термопластичный материал. В зависимости от условий полимеризации образуются продукты разной степени полимеризации с различными физико-химическими свойствами [6, 7]. Выбор объекта исследования обоснован тем, что в ранних работах по изучению подобной темы рассматривались деревянные соединения [8, 9]. Дерево проявляет анизотропные свойства, тогда как ПВХ – явные изотропные. В связи с этим ожидаются иные закономерности в работе составных сечений. Также стоит отметить высокую доступность материала и удобство подготовки образцов.

Методология проведения исследования

В данном исследовании необходимо определить прочность при поперечном изгибе (разрушающая нагрузка), а также время с момента приложения не критичной нагрузки до разрушения образца, для чего требуется провести ряд испытаний.

Для выявления температурно-временной силовой эквивалентности следует изготовить образцы (в виде балок) из ПВХ (рис. 1). Опыты проводятся для цельного сечения и сечения из трех слоев без применения специальных связей. Длина образцов составила 60 мм. Поперечное сечение – прямоугольное ($b \times h = 15 \times 3 \text{ мм}$).

Для проведения испытаний на поперечный изгиб и разрушение использовался шестипозиционный стенд (рис. 2), состоящий из рамы 1, которая выполнена из швеллеров (рис. 2). На опорной площадке рамы 2 установлены две роликовые опоры 3 на расстоянии друг от друга равным пролету балки (50 мм). Образец 4 помещается на роликовые опоры и нагружается с помощью грузового устройства 5. Повышенная температура создается стержневыми электронагревателями 6. Для снижения теплопотерь и создания направленного теплового потока на опорную площадку на раме установлен и закреплен кожух 8. Температура задается лабораторным автотрансформатором ЛАТР 1М 220В-9А 7, а регулируется потенциометром ЭПВ-2-11А (0...300) °С и дополнительно контролируется термометром с точностью ± 1 °С. Следует отметить, что термомпара и шарик термометра расположены в зоне разрушения рабочего участка образца.

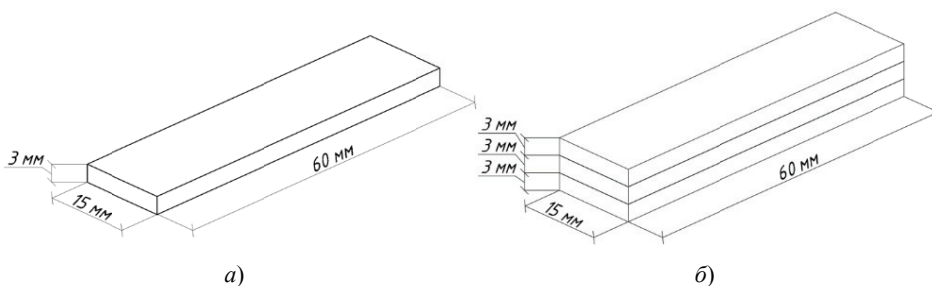


Рис. 1. Образцы для испытаний цельного сечения (а) и составного (в три слоя без специальных связей) (б)

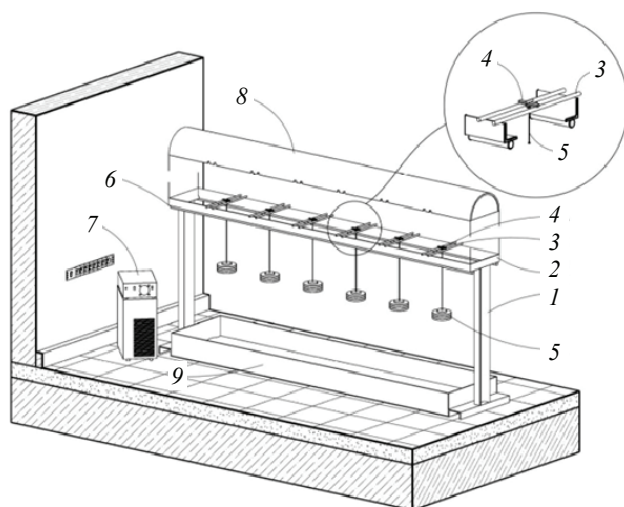


Рис. 2. Схема установки для проведения испытаний

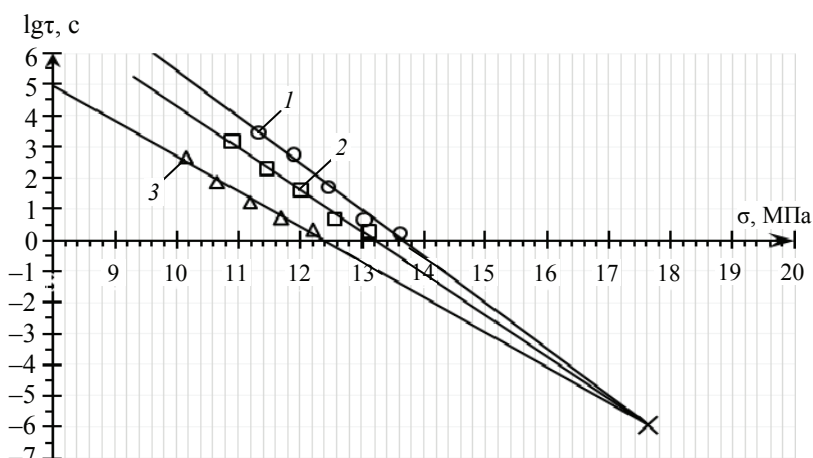
Для устранения механических колебаний при разрушении образцов используется демпфирующее устройство – емкость, заполненная песком 9. Для проведения кратковременных испытаний, нацеленных на определение прочности, образец помещается на опоры установки, представленной ранее. Расстояние между опорами выдерживается 5 см. Затем данный образец ступенчато нагружается на расстоянии 2,5 см от опоры (то есть посередине пролета), до наступления разрушения. Разрушающая нагрузка находится для трех значений температуры (15, 30, 45 °С). Для каждой температуры испытание проводится не менее чем для восьми образцов. Стоит отметить, что испытание возможно проводить только после выдержки образцов при требуемой температуре не менее 2 часов, до создания в образце необходимой температуры. Предельная нагрузка фиксируется и заносится в таблицу испытаний.

Для определения долговечности при каждой из требуемых температур выбирается пять напряжений с соответствующим коэффициентом понижения для разрушающего напряжения. Выбор оптимальных коэффициентов снижения напряжений определяется опытным путем и значительно отражается на правильности проведения экспериментов. Таким образом, для образцов цельного сечения выбраны следующие коэффициенты снижения μ : 0,950; 0,910; 0,870; 0,830; 0,790, составного сечения в три слоя – 0,950; 0,935; 0,920; 0,905; 0,890.

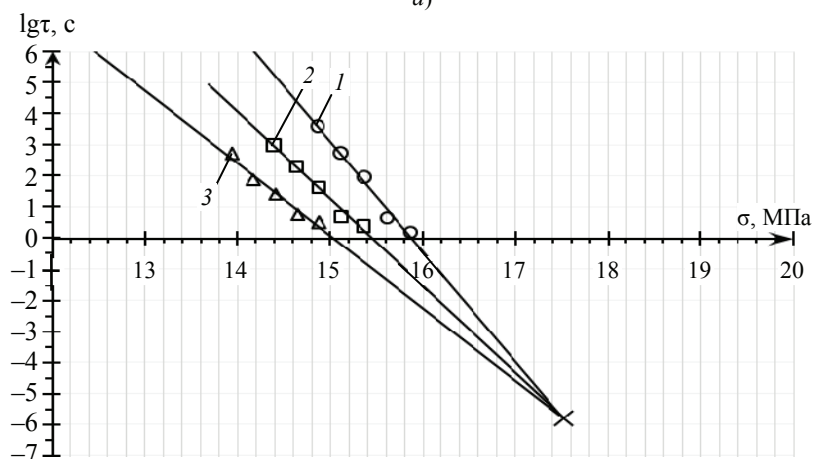
В ходе проведения натуральных экспериментов фиксируется время с момента начала нагружения до наступления критической фазы разрушения. Для каждой ступени снижения напряжения проводятся в аналогичных условиях не менее восьми испытаний. Для повышения достоверности полученных результатов используется статическая обработка. Затем по полученным экспериментальным данным строятся графики в координатах $\lg t - \sigma$, которые являются исходными данными для определения термофлуктуационных констант (рис. 3).

Следующим шагом является стандартное перестроение семейства веерообразных прямых в координаты $\lg t - 1000/T$, для чего задаются три произвольных значения напряжения. Из полюса данных прямых определяются константы τ_m и T_m .

Константы U_0 и γ находятся из графика, построенного в координатах $U_0 - \sigma$. Константой U_0 , кДж/моль, является значение, образуемое точкой пересечения прямой с осью ординат, а γ – угловой коэффициент прямой, взятый с обратным знаком. Данная прямая строится по трем точкам с координатами $(\sigma_i; U_i)$.



a)



б)

Рис. 3. «Прямой пучок» для образцов цельного сечения (а) и составного (в три слоя без специальных связей) (б) в координатах зависимости логарифма долговечности $\lg\tau$ от напряжения σ при T , °C:

1 – 15; 2 – 30; 3 – 45; X – точка полюса

Результаты проведенного исследования

Рассмотрим полученные в ходе обработки экспериментальных данных для цельного сечения и сечения в три слоя без специальных связей графики (см. рис. 3).

По графику (см. рис. 3, а) можно определить, что для образцов цельного сечения точка полюса сходится по оси абсцисс $\sigma = 17,85$ МПа и по оси ординат $\lg\tau = -5,75$ с. Прямолинейная зависимость $\lg\tau = f(\sigma)$ при температуре 15 °C описывается уравнением: $\lg\tau = -1,493\sigma + 20,365$, коэффициент корреляции составляет $R^2 = 0,986$; 30 °C: $\lg\tau = -1,324\sigma + 17,491$, $R^2 = 0,988$; 45 °C: $\lg\tau = -1,132\sigma + 14,012$, $R^2 = 0,980$.

По графику (см. рис. 3, б) можно определить, что для образцов составного сечения без специальных связей точка полюса имеет те же координаты. Прямолинейная зависимость $\lg\tau = f(\sigma)$ при температуре 15 °C описывается уравнением: $\lg\tau = -3,544\sigma + 56,275$, коэффициент корреляции составляет $R^2 = 0,985$; 30 °C: $\lg\tau = -2,801\sigma + 43,274$, $R^2 = 0,984$; 45 °C: $\lg\tau = -2,334\sigma + 35,099$, $R^2 = 0,972$.

Из графиков видно, что при исследуемых температурах зависимость долговечности $\lg t$ от напряжения σ подчиняется линейной зависимости, при этом температурные прямые сходятся в «прямой пучок», то есть наблюдается схождение в полюс при предельно высокой температуре, что является классическим представлением термофлуктуационной теории для данного материала [2] (см. рис. 3). Аналогичные зависимости для ПВХ получены и другими исследователями [10]. При этом стоит учесть поправку на различия физических характеристик, связанные с отличием марки исследуемых образцов ПВХ. Данные тезисы говорят о достаточной степени достоверности проведенного исследования и позволяют говорить об адекватности полученных результатов.

При перестроении графика « $\lg t - \sigma$ » для цельного сечения в график « $\lg t - 1000/T$ » (рис. 4, а) выбраны напряжения 9, 10, 11 МПа. Прямолинейная зависимость $\lg t = f(1000/T)$ для напряжения 9 МПа описывается уравнением: $\lg t = 9,455 \cdot (1000/T) - 25,814$, с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,989$. Прямые напряжений 10 МПа: $\lg t = 8,356 \cdot (1000/T) - 23,496$, $R^2 = 0,988$; 11 МПа: $\lg t = 7,256 \cdot (1000/T) - 21,178$, $R^2 = 0,986$.

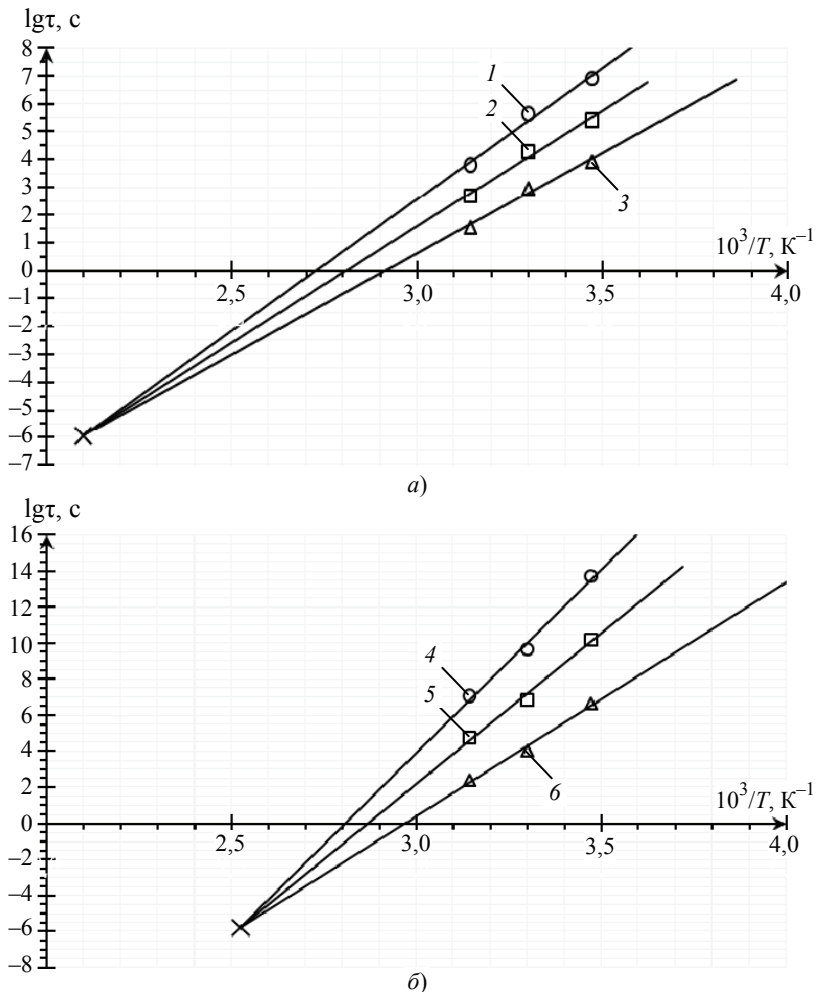


Рис. 4. «Прямой пучок» для образцов цельного сечения (а) и составного сечения в три слоя без специальных связей (б) в координатах зависимости логарифма долговечности $\lg t$ от обратной температуры $10^3/T$, при σ , МПа: 1 – 9; 2 – 10; 3 – 11; 4 – 12; 5 – 13; 6 – 14

Из графика рис. 4, а, можно определить положение полюса по оси абсцисс $10^3/T = 2,1\text{K}^{-1}$ и по оси ординат $\lg\tau = -5,75$ с. Исходя из этих данных определяются две первые константы для образцов цельного сечения: $\lg\tau_m = -5,75$ с и $T_m = 474$ К.

При перестроении графика « $\lg\tau - \sigma$ » для составного сечения в три слоя без специальных связей в график « $\lg\tau - 1\ 000/T$ » (рис. 4, б) выбраны напряжения 12, 13, 14 МПа.

Прямолинейная зависимость $\lg\tau = f(1\ 000/T)$ для напряжения 12 МПа описывается уравнением $\lg\tau = 20,404 \cdot (1\ 000/T) - 57,285$, $R^2 = 0,991$; для напряжения 13 МПа – $\lg\tau = 16,701 \cdot (1\ 000/T) - 47,938$, $R^2 = 0,989$; 14 МПа – $\lg\tau = 12,998 \cdot (1\ 000/T) - 38,551$, $R^2 = 0,990$.

Из графика (см. рис. 4, б) можно определить положение полюса по оси абсцисс $10^3/T = 2,52\text{K}^{-1}$ и по оси ординат $\lg\tau = -5,75$ с. Исходя из этих данных определяются две первые константы для образцов цельного сечения: $\lg\tau_m = -5,75$ с и $T_m = 397$ К.

Как видно из графиков (см. рис. 3), точка полюса для всех видов сечений располагается по оси абсцисс $\sigma = 17,85$ МПа и по оси ординат $\lg\tau = -5,75$ с. Ввиду этого значение минимального времени разрушения твердого тела при предельной температуре существования полимера для всех типов сечений составляет $\tau_m = -5,75$ с. В соответствии с классическим представлением термофлуктуационной концепции данное значение действительно должно оставаться неизменяемым, так как оно не является чувствительным к механическим изменениям.

Для графиков (см. рис. 4) расположение точки полюса для всех видов сечений по оси ординат остается неизменным и составляет $\lg\tau = -5,75$ с. Но при этом замечены отклонения по оси абсцисс, что соответственно вызывает изменения значения предельной температуры существования полимера. Таким образом, для поливинилхлоридных образцов цельного сечения значение T_m составляет 474 К, а для образцов составного сечения в три слоя без специальных связей – $T_m = 397$ К. Учитывая тот факт, что данная константа также является не чувствительной к механическим изменениям, получившиеся различия в данном исследовании можно объяснить несовершенством графоаналитического метода определения термофлуктуационных констант, который имеет ряд недостатков, приводящих к появлению погрешностей в результатах. В итоге, значение T_m допускается считать постоянной величиной, которая не изменяется в зависимости от вида сечения.

Для каждой прямой графиков « $\lg\tau - 1\ 000/T$ » для цельного сечения (см. рис. 4, а), которая характеризует фиксированное значение напряжения, определяется энергия активации. Энергия активации U для напряжений 9, 10 и 11 МПа составляет соответственно 180, 160 и 139 кДж/моль. По найденным значениям определяется уравнение прямой в координатах « $U - \sigma$ ». Таким образом, прямолинейная зависимость для образцов цельного сечения $U_0 = f(\sigma)$ описывается следующим уравнением

$$U_0 = -21,013\sigma + 369,831, \quad R^2 = 1. \quad (2)$$

Из данного уравнения определяются последние две константы для цельного сечения $U_0 = 370$ кДж/моль и $\gamma = 21$ кДж/(МПа·моль).

Для составного сечения в три слоя без специальных связей значения энергии активации U для напряжений 12, 13 и 14 составляют соответственно 390, 319 и 248 кДж/моль. Таким образом, прямолинейная зависимость для образцов цельного сечения $U_0 = f(\sigma)$ описывается следующим уравнением:

$$U_0 = -70,769\sigma + 1\ 239,2, \quad R^2 = 1. \quad (3)$$

Из данного уравнения определяются последние две константы для составного сечения в три слоя без специальных связей $U_0 = 1240$ кДж/моль и $\gamma = 71$ кДж/(МПа·моль).

Рассматривая уравнения прямых (2) и (3), четко прослеживается тенденция по увеличению действительных чисел уравнения. Действительными числами в данном уравнении выступают соответственно максимальная энергия активации процесса разрушения и структурно-механическая константа. Таким образом, изменение констант U_0 и γ четко взаимосвязано.

Как видно из приведенных значений констант образцов ПВХ цельного и составного сечений, их различие в показателях, несмотря на незначительные погрешности при их определении, составляет не более чем в 3,5 раза. В ранних работах по схожей тематике для деревянных образцов составных сечений в три слоя без специальных связей получены иные зависимости [9]. Таким образом, ввиду сложности и не достаточной изученности подобных соединений, нельзя однозначно определить взаимосвязь подобных различий в результатах. Исходя из доступных знаний можно предположить, что способность материала к изотропии, и, соответственно, более эффективному распределению напряжения в образце, приводит к подобным различиям.

Классическое представление термофлуктуационной концепции четко гласит, что константа U_0 является нечувствительной к механическим изменениям, но из полученных данных может наблюдаться обратное. В действительности, данная константа остается неизменной в физическом смысле, так как ее изменения связаны в первую очередь из-за математической зависимости от структурно-механической константы. Данную зависимость можно обнаружить в обобщенном уравнении Журкова (1), где множитель $(U_0 - \gamma\sigma)$ имеет линейную зависимость, исходя из которой, как и в случае с уравнениями (2) и (3), прослеживается линейная взаимосвязь констант U_0 и γ . Данная взаимосвязь позволяет говорить о вводе определенного коэффициента в уравнение Журкова, учитывающего конфигурацию сечения при определении термофлуктуационных зависимостей и, соответственно, долговечности конструкции в целом.

Принцип учета конфигурации сечения в уравнении Журкова для листовых поливинилхлоридных элементов

Суть метода заключается во внедрении коэффициента, учитывающего изменения констант U_0 и γ , в зависимости от количества элементов в составном сечении без специальных связей. Ввиду того, что множитель $(U_0 - \gamma\sigma)$ имеет линейную зависимость и, соответственно, линейную взаимосвязь констант U_0 и γ , вынесение коэффициента за скобки множителя можно считать корректным.

Таким образом обобщенное уравнение Журкова примет следующий вид:

$$\tau = \tau_m \exp \left[k_c \left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right) \right], \quad (4)$$

где k_c – коэффициент учета конфигурации сечения.

Таким образом, коэффициент учета конфигурации сечения для элементов составного сечения без специальных связей в три слоя составляет $k_c = 3,5$. Для листовых поливинилхлоридных элементов цельного сечения принимается $k_c = 1$.

Выводы

Предложено ввести коэффициент $k_c = 3,5$ в обобщенное уравнение Журкова для учета конфигурации сечения элементов составного сечения в три слоя без специальных связей. Опираясь на данные предыдущих исследований предположено, что для любых элементов составных сечений в три слоя без специальных связей, способность материала к изотропии или анизотропии влияет на его работоспособность с термофлуктуационной позиции.

Список литературы

1. Регель, В. Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В. Р. Регель, А. И. Слуцкер, Э. Е. Томашевский. – М. : Наука, 1974. – 560 с.
2. Ратнер, С. Б. Физическая механика пластмасс / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. – М. : Химия, 1992. – 320 с.
3. Ратнер, С. Б. Термофлуктуационные закономерности истирания полимеров / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев // Теория трения, износа и проблемы стандартизации. – Брянск, 1978. – С. 150 – 162.
4. Ярцев, В. П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации : учеб. пособие / В. П. Ярцев, О. А. Киселева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 124 с.
5. Ярцев, В. П. Закономерности термофлуктуационного разрушения высоконаполненных резиновых смесей и резин / В. П. Ярцев // Каучук и резина. – 1989. – № 3. – С. 17 – 20.
6. Уилки, Ч. Поливинилхлорид / Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс ; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб. : Профессия, 2007. – 728 с.
7. Ульянов, В. М. Поливинилхлорид / В. М. Ульянов, Э. П. Рыбкин, А. Д. Гуткович, Г. А. Пищин. – М. : Химия, 1992. – 288 с.
8. Ерофеев, А. В. Механизм разрушения цельных и составных деревянных балок без специальных связей с термофлуктуационной позиции / А. В. Ерофеев, С. П. Скворцов, П. А. Мухортов // Вестн. Кыргызско-Российского славянского ун-та. – 2017. – Т. 17, №12. – С. 80 – 84.
9. Ерофеев, А. В. Термофлуктуационные константы деревянных балок составного сечения, состоящих из трех элементов / А. В. Ерофеев, П. А. Мухортов, Т. И. Горохов // Современное состояние и перспективы развития строительной науки : материалы Студенческой конф., 19 апреля 2018 г., Рассказово. – Рассказово, 2018. – С. 55 – 59.
10. Дранников, Р. Н. Определение исходных данных для расчета термофлуктуационных констант обобщенного уравнения Журкова поливинилхлоридных плит / Р. Н. Дранников, А. В. Ерофеев, Т. И. Горохов // Современная наука: теория, методология, практика : материалы 2-ой Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020 г., Тамбов. – Тамбов, 2020. – С. 116 – 119.

Thermofluctuation Constants for Polyvinyl Chloride Boards of Solid and Composite Sections

V. M. Danilov, A. V. Erofeev, T. I. Gorokhov

*Department of Construction of Buildings and Structures,
vm.danilov@outlook.com; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: durability; generalized Zhurkov equation; polyvinyl chloride; forecasting; thermal fluctuation.

Abstract: Due to the fact that most building materials are composite compounds, consideration of thermal fluctuation dependences, taking into account not only the material, but also the configuration of the structure, will bring the idealized theoretical ideas about the workability of structures closer to real conditions. On the basis of the found thermal fluctuation dependences, for polyvinyl chloride sheet elements of a solid section and a composite one in three layers without special connections, it is proposed to introduce a certain coefficient into the Zhurkov equation, which will take into account the configuration of the section, which will improve the quality of forecasting the durability of the structure.

References

1. Regel' V.R., Slutsker A.I., Tomashevskiy E.Ye. *Kineticheskaya priroda prochnosti tverdykh tel* [The kinetic nature of the strength of solid bodies], Moscow: Nauka, 1974, 560 p. (In Russ.)
2. Ratner S.B., Yartsev V.P. *Fizicheskaya mekhanika plastmass* [Physical mechanics of plastics], Moscow: Khimiya, 1992, 320 p. (In Russ.)
3. Ratner S.B., Yartsev V.P. *Teoriya treniya, iznosa i problemy standartizatsii* [Theory of friction, wear and problems of standardization], Bryansk, 1978, pp. 150-162. (In Russ.)
4. Yartsev V.P., Kiseleva O.A. *Prognozirovaniye povedeniya stroitel'nykh materialov pri neblagopriyatnykh usloviyakh ekspluatatsii: uchebnoye posobiye* [Predicting the behavior of building materials under unfavorable operating conditions: a tutorial], Tambov: Izdatel'stvo Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2009, 124 p. (In Russ.)
5. Yartsev V.P. [Regularities of thermal fluctuation destruction of highly-filled rubber mixtures and rubbers], *Kauchuk i rezina* [Rubber and rubber], 1989, no. 3, pp. 17-20. (In Russ.)
6. Uilki Ch., Sammers Dzh., Daniels Ch., Zaikov G. Ye. [Ed.] *Polivinilkhlорid* [Polyvinylchloride], St. Petersburg: Professiya, 2007, 728 p. (In Russ.)
7. Ul'yanov V.M., Rybkin E.P., Gutkovich A.D., Pishchin G.A. *Polivinilkhlорid* [Polyvinylchloride], Moscow: Khimiya, 1992, 288 p. (In Russ.)
8. Yerofeyev A.V., Skvortsov S.P., Mukhortov P.A. [The mechanism of destruction of solid and composite wooden beams without special connections from the thermal fluctuation position], *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta* [Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University], 2017, vol. 17, no.12, pp. 80-84. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Yerofeyev A.V., Mukhortov P.A., Gorokhov T.I. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya stroitel'noy nauki* [Current state and prospects of development of building science], Proceedings of the Student conference, 19 April, 2018, Rasskazovo, 2018, pp. 55-59. (In Russ.)
10. Drannikov R.N., Yerofeyev A.V., Gorokhov T.I. *Sovremennaya nauka: teoriya, me-todologiya, praktika* [Modern science: theory, methodology, practice], Proceedings of the 2nd All-Russian (national) scientific-practical conference, 28-29 May, 2020, Tambov, 2020, pp. 116-119. (In Russ., abstract in Eng.)

Thermofluktuationskonstanten für Polyvinylchloridplatten von ganzen und zusammengesetzten Querschnitten

Zusammenfassung: Angesichts der Tatsache, dass es sich bei den meisten Baustoffen um Verbundwerkstoffe handelt, wird die Berücksichtigung von thermischen Fluktuationsabhängigkeiten unter Berücksichtigung nicht nur des Materials, sondern

auch der Konfiguration des Bauwerks die idealisierten theoretischen Vorstellungen über die Arbeitsfähigkeit von Bauwerken näher zu realen Bedingungen bringen. Basierend auf den gefundenen thermischen Fluktuationsabhängigkeiten ist für Polyvinylchlorid-Plattenelemente aus massivem Querschnitt und Verbund in drei Schichten ohne spezielle Verbindungen die Einführung eines bestimmten Koeffizienten in die Zhurkov-Gleichung vorgeschlagen, der die Querschnittskonfiguration berücksichtigt, was die Qualität der Haltbarkeitsprognose der Konstruktionen erhöht.

Constantes de thermofluction pour les panneaux de polychlorure de vinyle de sections entières et composées

Résumé: Etant donné que la plupart des matériaux de construction représentent les composites, l'examen des dépendances de thermofluction en tenant compte non seulement du matériel mais aussi de la configuration de la conception, permettra d'approcher les représentations idéalisées vers l'état d'intégrité des structures à la réalité. A la base des dépendances de thermofluction, de pvc de feuilles d'éléments de massif, de recherches pour les éléments de polyvinylchlorure avec une section de type plein et de composite à trois couches, sans les liens, est proposée l'entrée d'un coefficient dans l'équation de Jarkov qui va tenir un registre de la configuration de la section transversale, ce qui permettra d'améliorer la qualité de la prévision de la durabilité de la conception.

Авторы: *Данилов Владислав Михайлович* – магистрант; *Ерофеев Александр Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»; *Горохов Тимофей Иванович* – магистрант, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Антонов Александр Иванович* – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Архитектура и строительство зданий», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.