

УДК 674.81

В. П. ЯРЦЕВ, В. М. ДАНИЛОВ

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

ВЛИЯНИЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННЫЕ КОНСТАНТЫ ДВП И ДСП ПРИ ПЕНЕТРАЦИИ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств древесностружечной плиты и древесноволокнистой плиты, подверженных влиянию УФ-облучения. Актуальность работы заключается в необходимости выявления действия внешних факторов на свойства древесных плит и учета полученных результатов при прогнозировании длительной прочности. Для получения достоверных данных применена термофлуктуационная концепция прочности, позволяющая учитывать одновременное действие температуры, времени и нагрузки, а также дополнительные внешние воздействия. Изучены закономерности разрушения и деформирования древесных плит при пенетрации в широком диапазоне постоянных напряжений и температур как без дополнительных воздействий, так и при действии УФ-облучения. Рассчитаны термофлуктуационные константы, указывающие на характер разрушения и степени опасности воздействия. Установлено, что для всех материалов после действия УФ-облучения наблюдается значительная потеря долговечности и прочности.

Ключевые слова: древесноволокнистая плита, древесностружечная плита, материаловедение, термофлуктуация, УФ-облучение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из основных методов строительства жилых или небольших коммерческих сооружений является применение деревянных конструкций. Деревянное каркасное строительство популярно отчасти из-за его экономичной технологии и широкой доступности материалов. Зачастую в качестве отделочных материалов таких каркасов применяют древесные плиты [1]. В данной работе исследуется влияние климатических факторов на эксплуатационные характеристики древесноволокнистой плиты и древесностружечной плиты.

В процессе эксплуатации все строительные материалы подвержены внешним воздействиям (влага, действие пониженных и повышенных температур, ультрафиолет и т. д.). Действие внешних факторов может приводить к старению строительных материалов, т. е. к изменению их структуры, а также ухудшению их эксплуатационных свойств (прочность, теплостойкость и т. д.) [2, 3]. В настоящее время отсутствуют в достаточно большом объеме данные о влиянии данных воздействий и совершенно не изучено поведение материала во времени. Выявление действия внешних факторов на свойства древесных плит и учета полученных результатов при прогнозировании длительной прочности является актуальной задачей, ввиду массового применения данных материалов в строительной практике. Для получения достоверных результатов применяется обобщенная формула термофлуктуационной теории. Данная формула позволяет учитывать одновременное действие температуры, времени и нагрузки, а также внешние воздействия [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В мировой практике при изучении прочностных характеристик ДСП, ДВП и фанеры получены предельные значения прочности при различных видах нагружения (поперечный изгиб, сжатие, растяжение, пенетрация и т. д.) при нормальных условиях [2, 3, 5]. Но при этом в процессе изготовления и эксплуатации материал находится под воздействием длительных нагрузок в комбинации с действием

температурно-влажностных воздействий, атмосферных воздействий, солнечной радиации, которые необходимо изучить комплексно [6].

В настоящее время, изучаются физико-механические характеристики древесных плит с модернизирующими добавками, влияющими на огнестойкость, влагостойкость и т. п. [7-10]. Актуальной задачей является повышение экологичности данных материалов, на что может повлиять изменение технологии и связующего материала [7, 10].

Среди зарубежных авторов изучение физико-механических свойств древесных плит имеет большую популярность [11–13]. В связи с широкой распространенностью таких материалов изучается возможность применения этих материалов в сейсмических районах [14]. Также стоит отметить, что исследователи некоторых стран изучают свойства адаптированных видов древесных плит под местное сырье [15–18]. Например, применение наполнителя из бамбука с модернизирующими добавками [19].

Необходимо отметить, что в некоторых работах были предприняты попытки изучения длительной прочности ДСП, ДВП и фанеры, но без учета совместной работы различных факторов воздействия [20–22]. Рассмотрение длительной прочности с применением обобщенной формулы термофлуктуационной концепции позволит получить более точные результаты [4].

Обобщенная формула физически обосновывает четвертую константу T_m , которая описывает предельную температуру, при которой долговечность τ_m минимальна:

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

где τ_m – долговечность материала или время до наступления одного из предельных состояний, [с];
 R – универсальная газовая постоянная, [кДж/моль·К];
 σ – напряжение, [МПа];
 T – температура, [К];
 τ_m, U_0, γ, T_m – физические константы материала [4].

ЦЕЛИ

Опираясь на основные положения термофлуктуационной теории, определить влияние УФ-облучения на долговечность древесноволокнистой и древесностружечной плиты при пенетрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Испытания проводятся в режиме заданных постоянных напряжений до и после УФ-облучения при действии различных температур (20, 40, 60 °С). Эксперимент проводится с помощью рычажной установки с большой длиной рычага. Глубина погружения фиксируется индикатором часового типа. Термофлуктуационные константы, описывающие введение индентора в поверхность материала, получаются в ходе стандартных графоаналитических перестроений. По полученным экспериментальным данным строились графики в координатах $\lg \tau - \sigma$. Следующим шагом являлось стандартное перестроение семейства веерообразных прямых в координаты $\lg \tau - 1000/T$. 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 является значение, образуемое по оси ординат (U_0 , кДж/моль) точкой пересечения прямой, а γ – это угловой коэффициент прямой, взятый с обратным знаком.

Результаты испытаний пенетрацией при температурах 20, 40, 60 °С в координатах $\lg \tau - \sigma$ без внешних воздействий и после воздействия УФ-облучения приведены на рисунках 1 и 2.

Зависимости логарифма скорости от обратной температуры для древесных плит как до, так и после воздействия УФ-облучения линейны и сходятся в одной точке. Это подтверждает термофлуктуационную природу деформирования древесных плит при пенетрации. После УФ-облучения зависимости имеют вид обратных пучков. В результате графоаналитических перестроений этих графиков рассчитаны термофлуктуационные константы, которые приведены в таблице.

Данные константы характеризуют введение индентора в поверхность материала при пенетрации. Как видно, УФ-облучение вызывает значительные изменения данных констант.

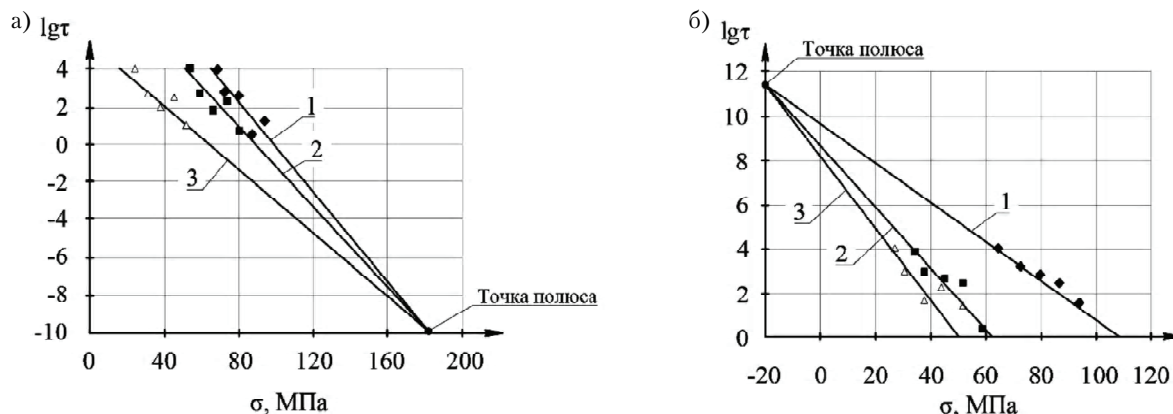


Рисунок 1 – Зависимость логарифма долговечности от напряжения и температуры для ДСП: а) без внешних воздействий; б) после УФ-облучения: 1 – при 20 °С; 2 – при 40 °С; 3 – при 60 °С.

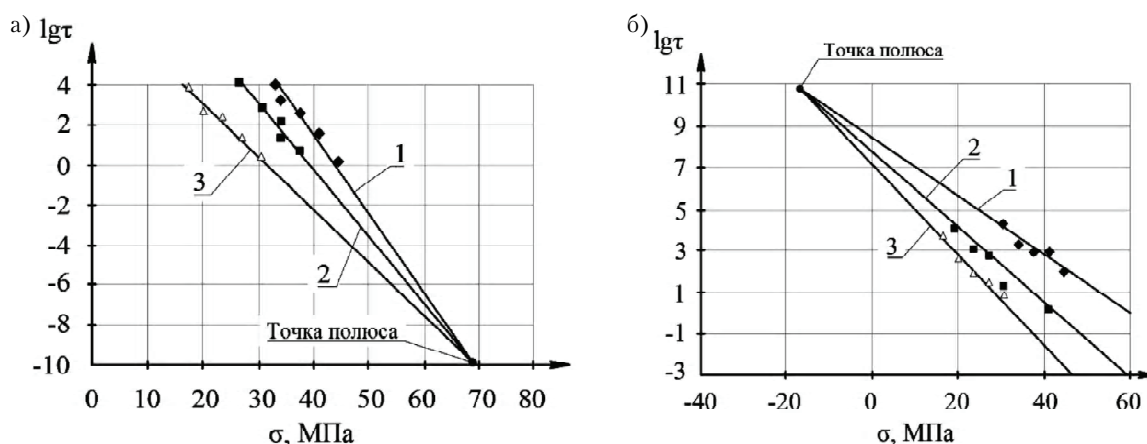


Рисунок 2 – Зависимость логарифма долговечности от напряжения и температуры для ДВП: а) без внешних воздействий; б) после УФ-облучения: 1 – при 20 °С; 2 – при 40 °С; 3 – при 60 °С.

Таблица – Значение термофлуктуационных констант древесных плит при пенетрации до и после воздействия УФ-облучения

Материал	Тип воздействия	Термофлуктуационные константы			
		τ_m, c	T_m, K	$U_o, кДж/моль$	$\gamma, кДж/(МПа \times моль)$
Древесностружечная плита	Без воздействий	10^{-10}	455	68	6,47
	УФ-облучение	10^7	260	12	-3,33
Древесноволокнистая плита	Без воздействий	10^{-10}	476	175	1,83
	УФ-облучение	$10^{11,5}$	253	-22	0,32

ВЫВОДЫ

При изучении влияния УФ-облучения на характер введения твердого индентора при пенетрации получены термофлуктуационные константы, которые позволяют судить о степени влияния такого вида старения на долговечность. Установлено, что после 50 часов фотостарения в древесных плитах происходит изменение термофлуктуационных констант, сопровождающееся преобразованием прямого пучка (зависимость логарифма долговечности от напряжения) в обратный. Установлено, что для всех материалов после действия УФ-облучения наблюдается значительная потеря долговечности и прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонович, А. А. Древесноплитные материалы специального назначения : учебное пособие / А. А. Леонович. – [Б. м.] : Издательство Лань, 2019. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-3537-1. – Текст : непосредственный.

2. Вахнина, Т. Н. Производство древесностружечных плит для строительства / Т. Н. Вахнина. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – № 21–2. – С. 83–84.
3. Рубинская, А. В. Возможность переработки твердых промышленных отходов в производстве древесноволокнистых плит / А. В. Рубинская, О. А. Баталова. – Текст : непосредственный // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2-1(13-1). – С. 427–429.
4. Ярцев, В. П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации / В. П. Ярцев, О. А. Киселёва. – Тамбов : Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2009. – 124 с. – Текст : непосредственный.
5. Плотникова, С. М. Влияние покоробленности древесностружечных плит на их прочность при изгибе / С. М. Плотникова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2007. – № 7. – С. 131–133.
6. Поиск оптимальных технологических режимов в производстве трудно воспламеняемых древесноволокнистых плит / А. В. Антонов, Н. А. Петрушева, Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова. Издательство // Химия растительного сырья. – 2016. – № 4. – С. 151–157.
7. Пасько, Ю. В. Технология низкотоксичных и водостойких древесностружечных плит на модифицированном фенольном связующем / Ю. В. Пасько, О. П. Мачнева, В. А. Войтюк. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 8. – С. 25–28.
8. Plywood and thermal insulation boards based on the modified phenol formaldehyde binder / T. N. Vakhina, A. A. Fedotov, I. V. Susoeva, V. E. Rumyantseva. – Текст : непосредственный // Lesnoy zhurnal (Russian forestry journal). – 2022. – № 1 (385). – С. 155–165.
9. Леонович, А. А. Получение огнезащитных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамид ФКМ / А. А. Леонович, А. В. Шелоумов. – Текст : непосредственный // Лесной журнал. – 2014. – № 2. – С. 101–108.
10. Чистова, Н. Г. Совершенствование процесса получения древесноволокнистых плит сухим способом / Н. Г. Чистова, В. А. Якимов, Ю. Д. Алашкевич. – Текст : непосредственный // Химия растительного сырья. – 2016. – № 3. – С. 119–124.
11. Suchsland, O. Fiberboard manufacturing practices in the United States / O. Suchsland, G. E. Woodson. – United States : Government printing office, 1987. – 270 p. – Текст : непосредственный.
12. Ramesh, P. Environmental Impact of Wood Based Biocomposite Using Life Cycle Assessment Methodology / P. Ramesh, H. Mohit, A. Mozhi Selvan. – Текст : непосредственный // Wood Polymer Composites. – 2021. – Editors: Sanjay Mavinkere Rangappa, Jyotishkumar Parameswaranpillai, Mohit Hemanth Kumar, Suchart Siengchin. – P. 255–268.
13. Hrazsky, J. A contribution to the properties of combined plywood materials / J. Hrazsky, P. Kral. – Текст : непосредственный // Journal of forest science. – 2007. – Volume 53(10). – P. 483–490.
14. Demir, A. The effect of some technological properties of plywood panels on seismic resistant performance of wooden shear wall / A. Demir, C. Demirkir, I. Aydin. – Текст : непосредственный // Sigma J Eng & Nat Sci. – 2019. – Volume 10(1). – P. 37–45.
15. Akgul, M. Manufacture of Medium Density Fiberboard (MDF) Panels from Rhododendron (*R. ponticum* L.) Biomass / M. Akgul, O. Camlibel. – Текст : непосредственный // Building and Environment. – 2008. – Vol. 43. – P. 438–443.
16. Investigation of 3D-Moldability of Flax Fiber Reinforced Beech Plywood / J. Jorda, G. Kain, M. Barbu [et al.]. – Текст : непосредственный // Polymers. – 2020. – Volume 12(12). – PP. 1–11.
17. Ashori, A. Properties of Medium Density Fiberboard Based on Bagasse Fibers / A. Ashori, A. Nourbakhsh, A. Karegarfard. – Текст : непосредственный // Journal of Composite Materials. – 2009. – Volume 43(18). – P. 1927–1934.
18. Properties of Medium Density Fiberboards Made from Renewable biomass / X. P. Ye, J. Julson, M. Kuo [et al.]. – Текст : непосредственный // Bioresource Technology. – 2007. – Volume 98(5). – P. 1077–1084.
19. Durability of fiber boards made of jabon and andong bamboo with additional activated carbon additives against dry wood termites and subterranean termites / D. R. Trisatya, E. R. Satiti, D. A. Indrawan, R. M. Tampubolon. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Volume 415. – DOI: 10.1088/1755-1315/415/1/012004.
20. Мамонтов, С. А. Оценка стойкости древесноволокнистых плит к старению / С. А. Мамонтов, А. А. Мамонтов. – Текст : непосредственный // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 416–419.
21. The Effect of Prestressing and Temperature on Tensile Strength of Basalt Fiber-Reinforced Plywood / R. Lohmus, H. Kallakas, E. Tuhkanen [et al.]. – Текст : непосредственный // Materials. – 2021. – Volume 14(4701). – P. 1–9.
22. Mechanical Properties of Cellulose and Flax Fiber Unidirectional Reinforced Plywood / J. Jorda, G. Kain, M. Barbu [et al.]. – Текст : непосредственный // Polymers. – 2022. – Volume 14(843). – P. 1–15.

Получена 15.03.2022

В. П. ЯРЦЕВ, В. М. ДАНИЛОВ
ВПЛИВ УФ-ОПРОМІНЕННЯ НА ТЕРМОФЛУКТУАЦІЙНІ КОНСТАНТИ
ДВП І ДСП ПРИ ПЕНЕТРАЦІЇ

Тамбовський державний технічний університет, м. Тамбов, Росія

Анотація. Представлені результати експериментальних досліджень експлуатаційних властивостей деревностружкової плити і деревноволокнистої плити, схильних до впливу УФ-опромінення. Актуальність роботи полягає в необхідності виявлення дії зовнішніх факторів на властивості деревних плит і урахування отриманих результатів при прогнозуванні тривалої міцності. Для отримання достовірних даних застосована термофлуктуаційна концепція міцності, що дозволяє враховувати одночасну дію температури, часу і навантаження, а також додаткові зовнішні впливи. Вивчені закономірності руйнування і деформування деревних плит при пенетрації в широкому діапазоні постійних напружень і температур як без додаткових впливів, так і при дії УФ-опромінення. Розраховані термофлуктуаційні константи, що вказують на характер руйнування і ступені небезпеки впливу. Встановлено, що для всіх матеріалів після дії УФ-опромінення спостерігається значна втрата довговічності і міцності.

Ключові слова: деревноволокниста плита, деревностружкова плита, матеріалознавство, термофлуктуація, УФ-опромінення.

VIKTOR YARTSEV, VLADISLAV DANILOV
THE EFFECT OF UV IRRADIATION ON THE THERMAL FLUCTUATION
CONSTANTS OF FIBERBOARD AND CHIPBOARD DURING PENETRATION
Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Abstract. The results of experimental studies of the operational properties of chipboard and fiberboard exposed to UV irradiation are presented. The relevance of the work lies in the need to identify the effect of external factors on the properties of wood slabs and consider the results obtained when predicting long-term strength. To obtain reliable data, the thermal fluctuation concept of strength is applied, which allows considering the simultaneous effect of temperature, time, and load, as well as additional external influences. The patterns of destruction and deformation of wood slabs during penetration in a wide range of constant stresses and temperatures, both without additional influences and under the action of UV irradiation, have been studied. Thermal fluctuation constants indicating the nature of destruction and the degree of danger of exposure are calculated. It is established that for all materials, after the action of UV irradiation, there is a significant loss of durability and strength.

Key words: fiberboard, chipboard, materials science, thermal fluctuation, UV irradiation.

Ярцев Виктор Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций зданий и сооружений Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия. Научные интересы: механика полимеров и древесных композитов; вопросы долговечности и работоспособности строительных материалов, изделий и конструкций на основе древесины; разработка способов повышения долговечности и работоспособности материалов, изделий и конструкций; разработка способов повышения долговечности строительных материалов; использование отходов предприятий для разработки строительных материалов и изделий.

Данилов Владислав Михайлович – аспирант кафедры конструкции зданий и сооружений Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия. Научные интересы: механика древесных композитов; вопросы долговечности и работоспособности строительных материалов, изделий и конструкций на основе древесины.

Ярцев Віктор Петрович – доктор технічних наук, професор кафедри конструкцій будівель і споруд Тамбовського державного технічного університету, м. Тамбов, Росія. Наукові інтереси: механіка полімерів і деревних композитів; питання довговічності і працездатності будівельних матеріалів, виробів і конструкцій на основі деревини; розробка способів підвищення довговічності і працездатності матеріалів, виробів і конструкцій; розробка способів підвищення довговічності будівельних матеріалів; використання відходів підприємств для розробки будівельних матеріалів і виробів.

Данилов Владислав Михайлович – аспірант кафедри конструкцій будівель і споруд Тамбовського державного технічного університету, м. Тамбов, Росія. Наукові інтереси: механіка деревних композитів; питання довговічності і працездатності будівельних матеріалів, виробів і конструкцій на основі деревини.

Yartsev Viktor – D. Sc. (Eng.), Professor; Structures of Buildings and Structures Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russia. Scientific interests: mechanics of polymers and wood composites; issues of durability and operability of building materials, products and structures based on wood; development of ways to increase the durability and operability of materials, products, and structures; development of ways to increase the durability of building materials; use of waste from enterprises for the development of building materials and products.

Danilov Vladislav – post-graduate student, Structures of Buildings and Structures Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russia. Scientific interests: mechanics of wood composites; issues of durability and operability of building materials, products and structures based on wood.