

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВЯННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

В. П. Ярцев¹, Е. М. Бучнева¹, М. В. Долженкова², А. В. Блюм³

Кафедры: «Конструкции зданий и сооружений» (1); «Архитектура и строительство зданий» (2); «Безопасность жизнедеятельности и военная подготовка» (3); ФГБОУ ВПО «ТГТУ», kzis@nnn.tstu.ru

Ключевые слова: водопоглощение; модифицирование древесины; статический изгиб; термообработка древесины.

Аннотация: Представлен механизм модифицирования и термообработки древесины, данные о водопоглощении древесины. Рассмотрен механизм поглощения древесиной пропитывающих составов. По приросту массы, механизму поглощения пропитки и влиянию пропиточных составов подобран оптимальный режим модификации древесины. Изучено влияние модификации различными веществами (Акратам AS 01М, Акратам AS 02.1, Акратам AS 03.1, Акратам AS 05.1) на физико-механические и гидрофизические свойства и структуру древесины. Установлено, что лучшие показатели имеет Акратам AS 05.1. Исследовано влияние УФ-облучения на прочность древесины после модификации. Установлено, что наибольшей стойкостью к действию данного фактора обладают следующие модификаторы: Акратам AS 01М, Акратам AS 05.1.

Широкому распространению дерева как строительного материала способствует легкость его заготовки и обработки, внесезонность применения, химическая стойкость, диэлектрические качества, а также высокие показатели физико-механических свойств при малой плотности [1].

Применение древесины является выгодным в сжатых и изгибаемых элементах конструкций. Конструкции из дерева по своей массе лишь немного тяжелее соответствующих стальных и значительно (в 5-6 раз) легче бетонных и железобетонных [2]. Различные сорта древесины находят самое широкое применение при постройке жилых, сельскохозяйственных, складских, промышленных, общественных и других зданий. Поэтому вопрос ее защиты от воздействий внешней среды актуален.

В качестве объектов исследований использована древесина хвойных пород – сосна второго сорта, получившая широкое распространение в строительстве. В качестве модификаторов взяты вещества различной консистенции: Акратам AS 01М, Акратам AS 02.1, Акратам AS 03.1 и Акратам AS 05.1 [3].

Поставлены следующие задачи:

- изучение механизма пропитки древесины;
- разработка оптимальных технологических режимов пропитки древесины;
- изучение влияния модификаторов на физико-механические и гидрофизические свойства древесины.

При разрушении поперечным изгибом испытания проводили в режимах заданной постоянной скорости нагружения (кратковременные). При проведении кратковременных испытаний образцы ступенчато нагружали до их полного разрушения.

Напряжения в образцах определяли по формуле

$$\sigma = \frac{3NL}{2b\delta^2}, \quad (1)$$

где σ – напряжение, МПа; N – нагрузка, Н; L – расстояние между опорами, м; b , δ – ширина и толщина образца соответственно, м.

Испытания образцов модифицированной древесины на сжатие проводили при помощи лабораторного гидравлического пресса МС-500 8905-82.

Напряжение, возникающее в образце, рассчитывали по формуле

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{N}{b^2}, \quad (2)$$

где S – площадь образца, м.

Для испытания на водопоглощение и разбухание использовали предварительно взвешенные на электронных технических весах ВЛКТ-500М (ГОСТ 24104–80) с точностью до 0,01 г образцы в форме прямоугольной призмы.

Водостойкость является одной из определяющих характеристик древесины при ее эксплуатации, так как она подвержена воздействию воды и других жидких сред. При этом наблюдается значительное увеличение ее размеров, приводящее к нарушению связей и снижению прочности. В связи с этим было рассмотрено влияние длительности замачивания на разбухание и водопоглощение модифицированной древесины [1].

Изучено влияние длительности пропитки модификатором на интенсивность его проникновения, то есть прирост массы (рис. 1). Из полученных результатов можно сделать вывод, что оптимальное время пропитки древесины модификатором должно составлять не более 4 ч, так как именно за это время образуется защитная пленка; прирост массы составляет для Акратема: AS 01M – 23,4 %; AS 02.1 – 25,2 %; AS 03.1 – 42,4 %; AS 05.1 – 30,1 %. Разница в показателях обусловлена химическими свойствами пропитывающих составов. Также это время пропитки целесообразно с точки зрения производства.

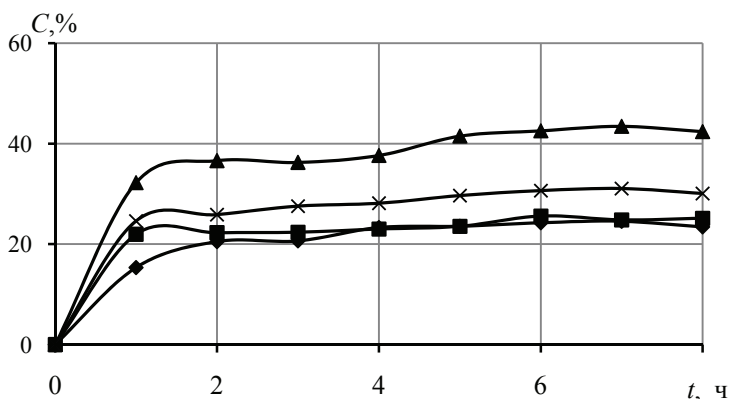


Рис. 1. Зависимость поглощения пропитывающего состава от длительности пропитки:
 —◆— AS 01M; —■— AS 02.1; —▲— AS 03.1; —×— AS 05.1

Для получения более точных данных о механизме пропитки и сравнения диффузии у одних образцов были замазаны торцы, а у других – боковые грани. Образцы помещались в пропитывающие составы, и каждый час по одному образцу извлекали, взвешивали, подвергали термообработке при 80 °С, затем снова взвешивали, чтобы определить количество Акратема, оставшегося в древесине. Полученные зависимости представлены на рис. 2.

Из графиков видно, что скорость поглощения пропитки через торцы выше по сравнению с поглощением через грани, для Акратема: AS 01M и AS 02.1 примерно в 4 раза; AS 03.1 примерно в 5,5 раз; AS 05.1 примерно в 5 раз. Это связано с тем, что водопоглощение в древесине происходит в основном вдоль волокон.

Для того чтобы создать на поверхности модифицированной древесины прочную защитную пленку, образцы подвергались термической обработке при температуре 80 °С, которая способствовала повышению механических свойств древесины.

Модификация и термообработка древесины положительно сказывается на ее прочностных свойствах. Для того чтобы выбрать оптимальное время термообработки модифицированной древесины, изучено влияние времени термообработки на прочность древесины при изгибе и сжатии [2].

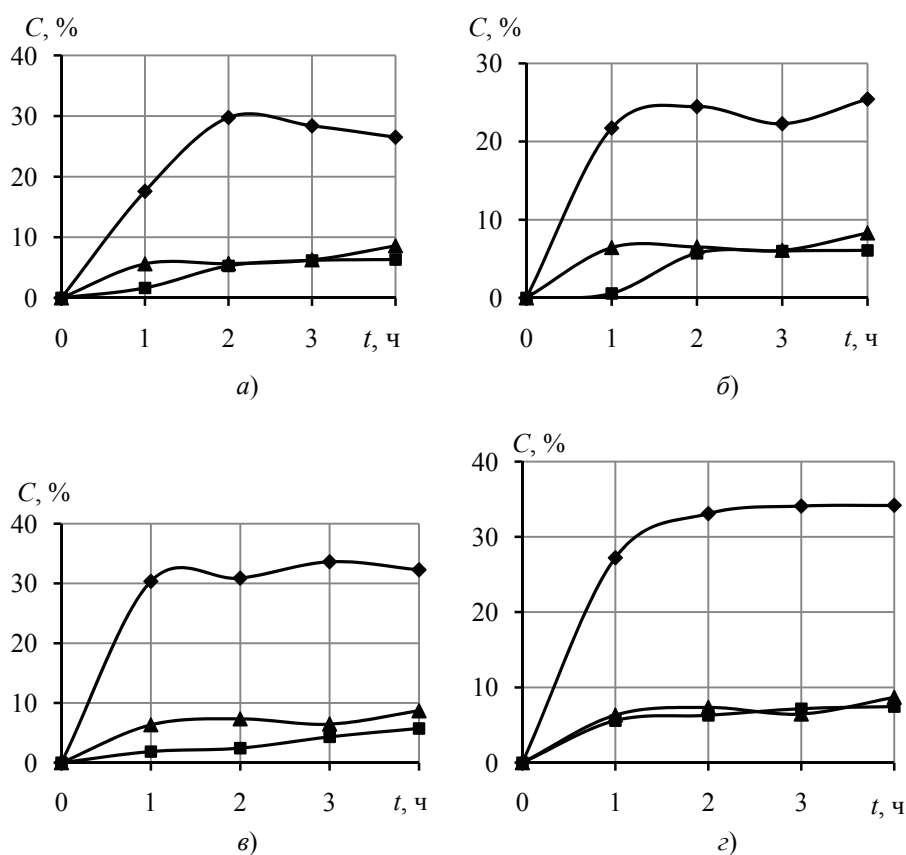


Рис. 2. Сравнение поглощения Акратема AS 01M (а), AS 02.1 (б), AS 03.1 (в), AS 05.1 (г) через боковые грани и торцы, и количества Акратема, оставшегося в древесине после термообработки:

◆ – замазаны грани; ■ – чистый образец; ▲ – замазаны торцы

Полученный в результате испытаний экспериментальный предел прочности при статическом изгибе $R_{изг}^{ЭК} = 107,3$ МПа, при сжатии вдоль волокон $R_{сж}^{ЭК} = 42,5$ МПа.

По полученным после испытаний на разрушение при статическом изгибе данным построены зависимости прочности древесины от длительности термообработки. Полученные зависимости представлены на рис. 3.

Из графиков видно, что после 2 ч. термообработки прочность древесины при статическом изгибе снижается в 1,3 – 1,94 раза. Это связано с тем, что предел прочности связан с влажностью. При дальнейшей термообработке из древесины выходит излишняя влага, полученная при модификации, и образуется прочная защитная пленка.

Таким образом, оптимальные показатели прочности при статическом изгибе получены после времени термообработки для Акратама: AS 01M – 8 ч; AS 02.1 – 8 ч; AS 03.1 – 6 ч; AS 05.1 – 10 ч. При дальнейшей термообработке происходит пересушивание древесины, и прочность при статическом изгибе снижается.

Модифицирование древесины повысило ее прочность при статическом изгибе: для Акратама: AS 01M на 22,8 %; AS 02.1 на 18,3 %; AS 03.1 на 3,8 %; AS 05.1 на 32,5 %.

Зависимости прочности древесины при сжатии вдоль волокон от длительности термообработки представлены на рис. 4. При тепловой обработке в течение первых 2 ч для Акратама AS 01M, Акратама AS 02.1 и Акратама AS 05.1 наблюдается повышение прочности, а для Акратама AS 03.1 наблюдается снижение прочности

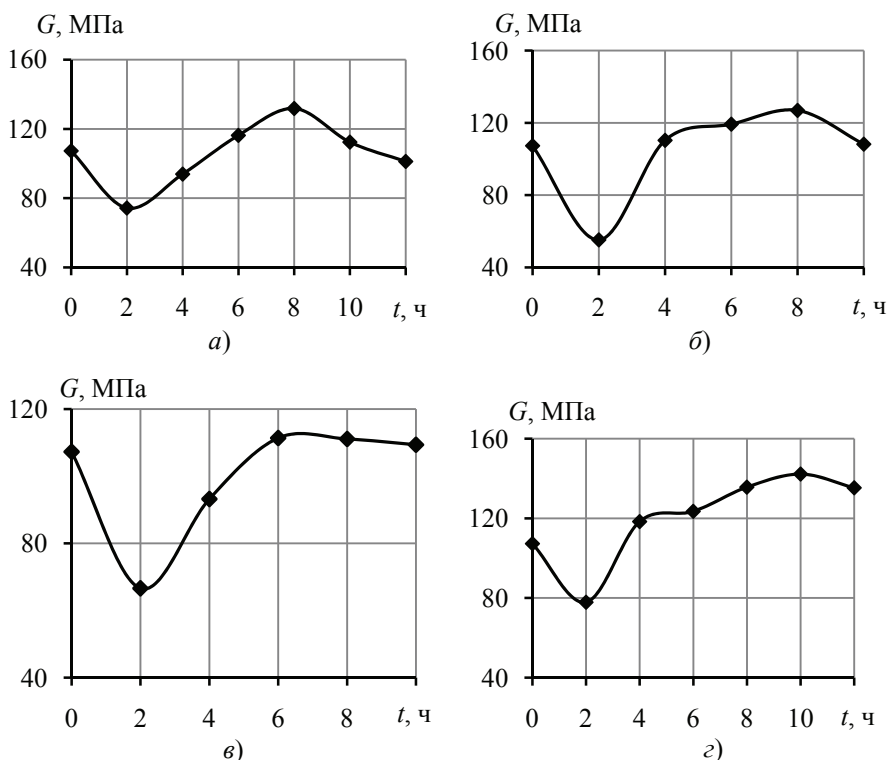


Рис. 3. Зависимости прочности модифицированной древесины при статическом изгибе от длительности термообработки:
 а – AS 01M; б – AS 02.1; в – AS 03.1; з – AS 05.1

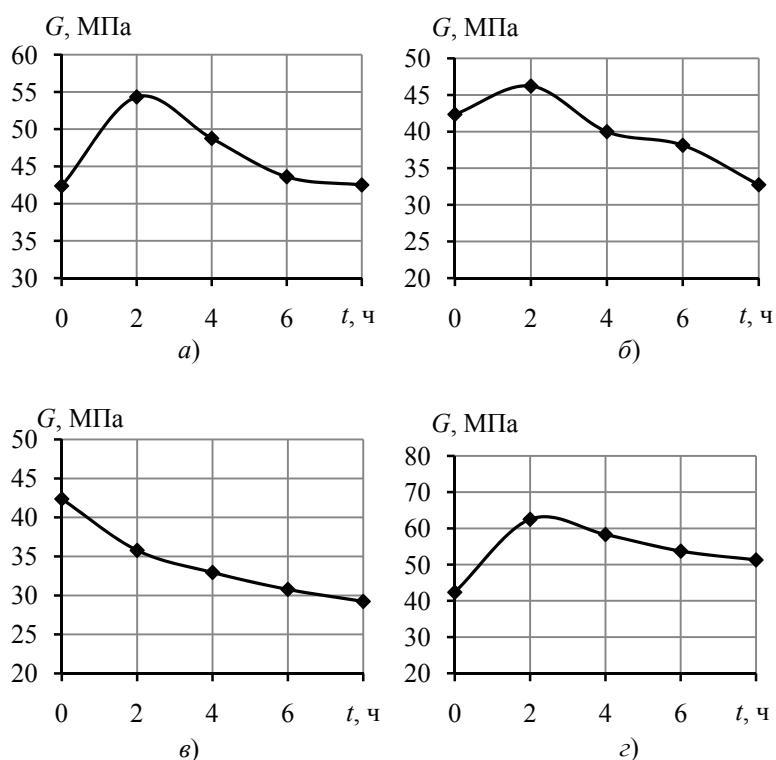


Рис. 4. Зависимости прочности модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон от длительности термообработки
a – AS 01M; *б* – AS 02.1; *в* – AS 03.1; *г* – AS 05.1

в течение всего периода термообработки. Из полученных графиков видно, что модификация древесины повышает ее прочность при сжатии вдоль волокон для Акратама: AS 01M на 26,3 %; AS 02.1 на 9,1 %; AS 05.1 на 47,5 %. При пропитке AS 03.1 прочность древесины снизилась по сравнению с первоначальной.

По полученным результатам установлен оптимальный режим модификации. Длительность пропитки древесины составляет для Акратама: AS 01M – 2 ч; AS 02.1 – 2 ч; AS 03.1 – 3 ч; AS 05.1 – 3 ч при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для улучшения свойств древесины и создания прочного, износостойкого защитного покрытия, образцы подвергались термической обработке при температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая способствовала полимеризации дисперсии и пленкообразованию. Из полученных данных следует вывод: образцы, пропитанные Акратамом необходимо подвергнуть тепловой обработке при температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 4 ч – это время является оптимальным.

Гидрофизические свойства модифицированной древесины. В течение длительного периода времени водопоглощение модифицированной древесины ниже, чем у натуральной для Акратама: AS 01M примерно в 1,6 раза; AS 02.1 – в 1,4 раза; для AS 03.1 – в 1,1 раза; AS 05.1 – в 1,6 раза.

В работе изучено влияние вида модификатора на прочность при сжатии вдоль волокон и статическом изгибе. Полученные результаты сведены в табл. 1, где показано, что модификация способствует повышению прочности при статическом изгибе. Самые лучшие показатели дает модификация Акратамом AS 05.1 (на 32,5 % выше, чем у натуральной).

Таблица 1

Влияние модификации на механические свойства древесины

Вид модификатора	Прочность, МПа	
	сжатие вдоль волокон	статический изгиб
Акратам AS 01M	54,32	131,8
AS 02.1	46,23	126,9
AS 03.1	35,79	111,4
AS 05.1	62,5	142,2
Без модификатора	42,37	107,3

Таблица 2

Влияние модификации на гидрофизические свойства древесины

Вид модификатора	Водопоглощение, %			Разбухание, %	
	2 ч	24 ч	1 месяц	24 ч	1 месяц
Акратам AS 01M	10,74	21,86	88,13	3,25	5,90
AS 02.1	9,51	32,16	92,39	4,50	8,90
AS 03.1	12,50	24,07	105,03	3,75	7,95
AS 05.1	16,65	22,29	71,75	3,75	8,70
Без модификатора	24,17	40,12	114,81	3,75	9,70

При сжатии вдоль волокон прочность модифицированной древесины выше, чем у натуральной, за исключением пропитки Акратамом AS 03.1 (прочность снизилась по сравнению с первоначальной) [3]. Наилучшие результаты получены при пропитке Акратамом AS 05.1 – на 47,5 % выше первоначальной.

Влияние различных пропитывающих составов на гидрофизические свойства представлено в табл. 2, где показано, что модификация Акратамом положительно сказывается на гидрофизических свойствах древесины. При эксплуатации немаловажное значение имеет водостойкость материала. Из перечисленных модификаторов наилучшую водостойкость древесине придал Акратам AS 05.1 (48 – 50 % выше, чем у натуральной).

На рисунке 5 показан срез модифицированной древесины.

Вывод. По приросту массы, механизму поглощения пропитки и влиянию пропиточных составов подобран оптимальный режим модификации древесины. Изучено влияние модификации различными веществами (Акратам: AS 01M; AS 02.1; AS 03.1; AS 05.1) на физико-механические и гидрофизические свойства и структуру древесины. Установлено, что лучшие показатели имеет Акратам AS 05.1.

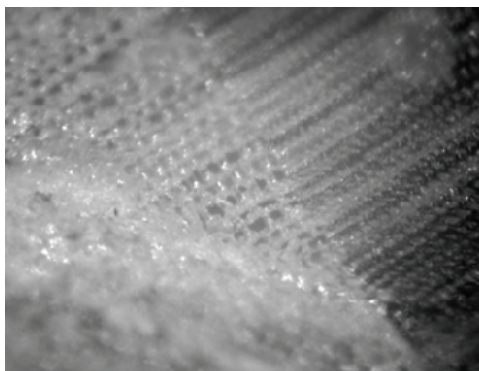


Рис. 5. Срез модифицированной древесины

Список литературы

1. Бучнева, Е. М. Влияние модификации древесины Акратамом AS 03.1 и Акратамом AS 02.1 на прочность при статическом изгибе / Е. М. Бучнева // The Second International Conference on Eurasian scientific development. East West Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, 26th May. – Vienna, 2014. – P. 208 – 210.

2. Ярцев, В. П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений : учеб. пособие / В. П. Ярцев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2001. – 149 с.

3. Бучнева, Е. М. Влияние термообработки на прочность модифицированной древесины / Е. М. Бучнева // Магистратура ТГТУ. Сборник научных статей. Вып. 35. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2014. – С. 28 – 30.

The Influence of Impregnation on Operational Characteristics of Timber Products and Structures

V. P. Yartsev¹, E. M. Buchneva¹, M. V. Dolzhenkova², A. V. Blyum³

*Departments: «Construction of Buildings and Structures» (1), «Architecture and Building Construction» (2), «Life Safety and Military Training» (3);
TSTU, kzis@nnn.tstu.ru*

Keywords: bending; heat treatment of timber; static; timbermodification; water absorption.

Abstract: The paper describes the mechanism of modification and heat treatment of timber; data on wood water absorbing capacity are given. The mechanism of absorption of the impregnating compositions in timber is examined. The optimum mode of timber modification was selected using the data on mass gain, the mechanism of impregnating and the influence of impregnating compositions. We stud the influence of various substances (Akratam AS 01.m, Akratam AS 02.1, Akratam AS 03.1, Akratam AS 05.1) on physical-mechanical and hydro-physical properties and the structure of timber. It was found that Akratam AS 05.1 has the best indicators. The influence of UV irradiation on the strength of wood after modification was investigated. It was found that the following modifiers: Akratam AS 01.m, Akratam AS 05.1 are most resistant to UV irradiation.

References

1. Buchneva E.M. *The Second International Conference on Eurasian scientific development. East West Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH*, 26th May, Vienna, 2014, pp. 208-210. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Yartsev V.P. *Prognozirovanie rabotosposobnosti polimernykh materialov v detalyakh i konstruksiyakh zdanii i sooruzhenii* [Forecasting performance polymer materials in the details, and buildings and structures], Tambov: Izd-vo TGTU, 2001, 149 p. (In Russ.)

3. Buchneva E.M. [Effect of heat treatment on the strength of the modified wood], *Magistratura TGTU. Sbornik nauchnykh statei. Vypusk 35* [Master TSTU. Collected articles. Vol. 35], Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2014, pp. 28-30. (In Russ.)

Einfluss der Imprägnierung auf die Betriebscharakteristiken der hölzernen Erzeugnisse und der Konstruktionen

Zusammenfassung: Es ist der Mechanismus der Modifizierung und der Wärmebehandlung des Holzes, die Angaben über die Wasseraufnahme des Holzes angeführt. Es ist der Mechanismus der Absorption vom Holz der imprägnierenden Lösungen betrachtet. Nach der Zunahme der Masse, dem Mechanismus der Absorption der Imprägnierung und dem Einfluss der Imprägnierung ist das optimale Regime der Modifikation des Holzes ausgewählt. Es ist der Einfluss der Modifikation von den verschiedenen Stoffen (Akratam AS 01M, Akratam AS 02.1, Akratam AS 03.1, Akratam AS 05.1) auf die physikalisch-mechanischen und hydrophysischen Eigenschaften und auch die Struktur des Holzes erlernt. Es ist festgestellt, dass die besten Kennziffern Akratam AS 05.1 hat. Es ist der Einfluss der UV-Bestrahlung auf die Haltbarkeit des Holzes nach der Modifikation untersucht. Es ist festgestellt, dass über die meiste Standhaftigkeit zur Handlung des gegebenen Faktors die folgenden Modifikatoren verfügen: Akratam AS 01M, Akratam AS 05.1.

Influence de l'imprégnation sur la performance des produits en bois et de constructions

Résumé: Est présenté le mécanisme de la modification et du traitement thermique du bois ainsi que les données sur l'absorption d'eau par le bois. Est examiné le mécanisme d'absorption par le bois des compositions imprégnantes. Par la croissance de la masse, le mécanisme d'absorption de l'imprégnation et l'influence de l'imprégnation des compositions est choisi le meilleur mode de modification du bois. Est étudiée l'influence de la modification par divers substances (Akratam AS 01M, Akratam AS 02.1, Akratam AS 03.1, Akratam AS 05.1) sur les propriétés physico-mécaniques et hydrophysiques de la structure du bois. Est constaté que les meilleures performances possède Akratam AS 05.1. Est étudiée l'influence de l'irradiation UV sur la résistance du bois après la modification. Est constaté que la plus grande résistance à l'action de ce facteur ont les modificateurs suivants: Akratam AS 01M, Akratam AS 05.1.

Авторы: *Ярцев Виктор Петрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструкции зданий и сооружений»; *Бучнева Екатерина Михайловна* – магистрант; *Долженкова Марина Валентиновна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектура и строительство зданий»; *Блюм Алеся Викторовна* – магистрант, ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;

Рецензент: *Леднев Виктор Васильевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».