

DOI:10.58168/TSMST2025_34-45

УДК 699.81

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Сазонова С.А.^{1,2}, канд. техн. наук, доцент

Кочегаров А.В.³, д-р техн. наук, профессор

Дружинина Е.В.¹, преподаватель

Веневитин А.А.¹, канд. техн. наук, доцент

¹*Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова*

²*Воронежский государственный педагогический университет*

³*Воронежский государственный технический университет*

Аннотация. Рассмотрены технологические способы обработки конструкций обработки древесины антипиренами. Приведены основные технологические способы метода глубокой пропитки древесины. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: методы повышения огнезащитных свойств, древесина, метод глубокой пропитки, конструкции, пропитка антипиренами, эксперименты.

APPLICATION OF THE DEEP IMPREGNATION METHOD TO ENHANCE THE FLAME-RETARDANT PROPERTIES OF WOODEN STRUCTURES

Sazonova S.A.^{1,2}, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kochegarov A.V.³, Doctor of Technical Sciences, Professor

Druzhinina E.V.¹, Lecturer

Venevitin A.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov*

²*Voronezh State Pedagogical University*

³*Voronezh State Technical University*

Abstract. Technological methods of processing wood treatment structures with flame retardants are considered. The main technological methods of the method of deep impregnation of wood are given. The results of experimental studies are considered.

Keywords: methods of increasing flame-retardant properties, wood, deep impregnation method, constructions, flame retardants impregnation, experiments.

Так как одним из наиболее широко используемых методов и средств огнезащиты древесных конструктивных элементов является пропитка антипиренами, в ходе выполнения работы были подробно рассмотрены

основные технологические способы обработки конструкций данными составами (рисунок 1).

Пропитка без применения давления представляет собой диффузионный способ, то есть проникновение состав в поры материала происходит только за счет диффузии в нормальных условиях. Процесс занимает достаточно длительный период. Кроме того, процесс диффузии состава в массу материала зависит от множества факторов. Например, от влажности древесины.

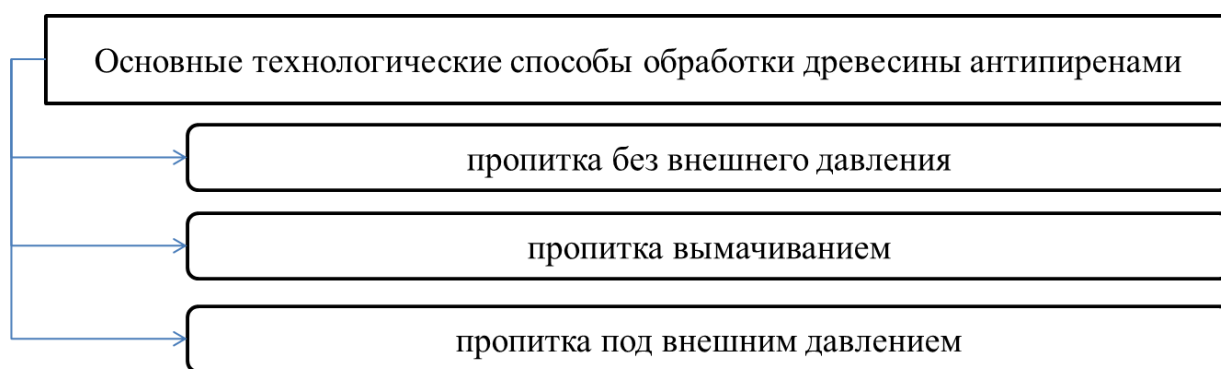


Рис. 1. Основные технологические способы обработки древесины антипиренами

Другой метод заключается в пропитке древесины путем замачивания материала методом горячехолодных ванн.

Отнесение исследуемых образцов к группе горючести осуществлялось в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 12.1.044-89, П. 4.3. В результате испытаний по методике определения группы горючести твердых строительных материалов был сделан вывод, что имеющиеся образцы относятся к горючей группе горючести.

На рисунке 2 приведена зависимость привеса сухих солей состава от времени глубокой пропитки древесины в автоклаве.

На рисунке 3 представлена зависимость количества, стекающего с 1 м³ древесины состава КСД-А от времени выдержки древесины над сборником автоклава после глубокой пропитки.

На основании приведенных цифр можно предположить, что максимальная потеря температуры происходит между 1 часом инкубации и 5 часом. Это время зависит от того, в каком направлении расположен ребенок: высоко или низко. Между тем, чтобы уменьшить потерю огнезащитных свойств, необходимо консервировать древесину после автоклавирования в течение одного часа для сбора антипиренов.

При использовании метода горячехолодных ванн скорость диффузии раствора в массу материала намного ниже, чем в автоклаве, и на стекание невпитавшегося раствора требуется больше времени, так как самого излишнего раствора больше, чем при использовании автоклава.

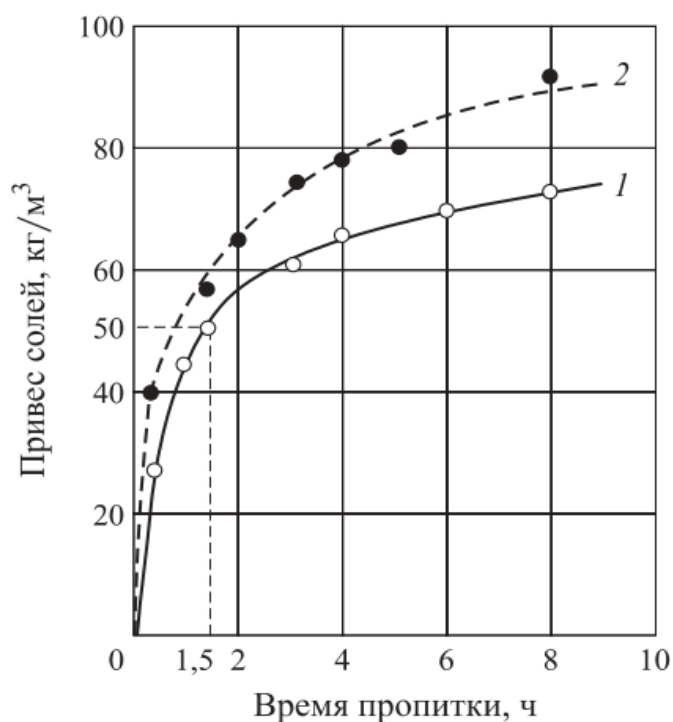


Рис. 2. Зависимость привеса сухих солей испытываемого состава КСД-А от времени глубокой пропитки древесины в автоклаве

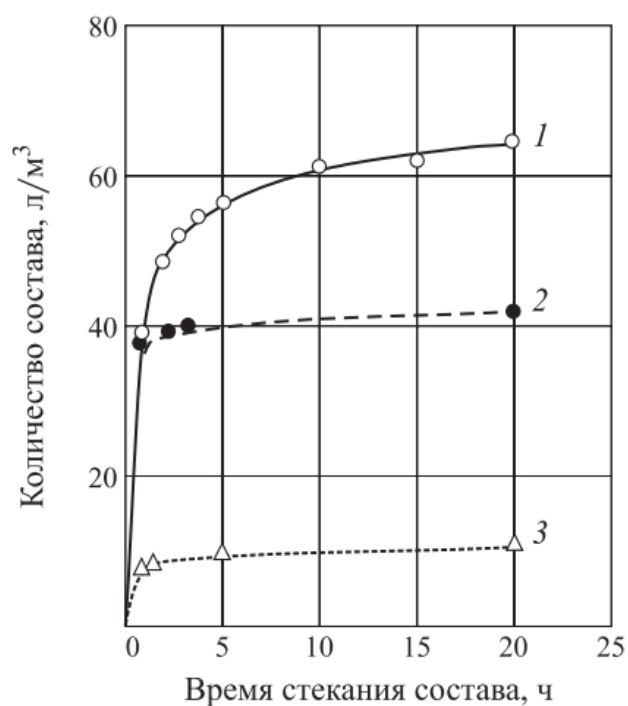


Рис. 3. Зависимость количества стекающего состава КСД-А от времени выдержки древесины над сборником автоклава

При этом, отобранный раствор, невпитавшийся в древесину сохранил свой качественные и количественные характеристики в автоклаве. То есть можно сделать вывод, что он полностью пригоден для повторного использования, что также повышает эффективность использования автоклава.

Результаты огневых испытаний по оценке эффективности

огнебиозащитного состава КСД-А для глубокой пропитки древесины представлены на рисунке 4.

При увеличении привеса сухих солей от 60 до 100 кг/м³ убыль массы изменяется соответственно от 5,5 до 4,0% (рисунок 5).

В табл. 1 сведены результаты исследования эффективности огнезащиты древесины при глубокой пропитке составом КСД-А методом горячехолодных ванн.

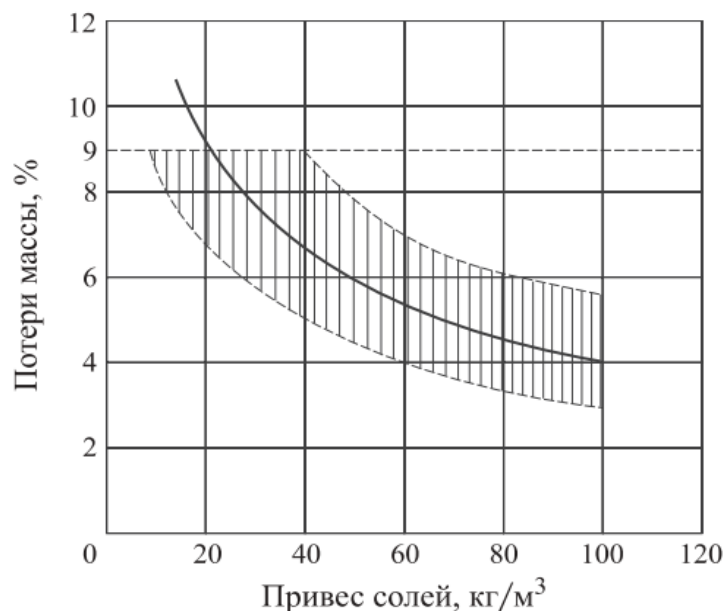


Рис. 4. Зависимость потерь массы древесины, обработанной огнебиозащитным составом КСД-А

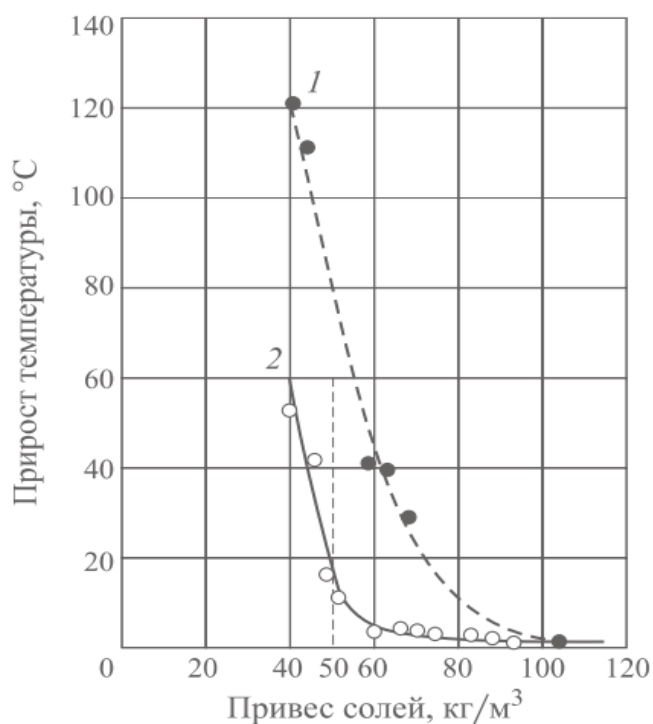


Рис. 5. Зависимость прироста температуры при испытаниях древесины, обработанной огнебиозащитным составом КСД-А

Увеличение процентного содержания огнезащитного сухого порошка было получено за счет повышения температуры раствора горячей воды при сохранении постоянного времени погружения.

Можно сделать вывод, что один из них более точен, но более трудоемок, а второй легче в смысле технологического процесса, но дает приближенные результаты.

Результаты огневых испытаний представлены в таблице 2. Результаты термических повреждений исследуемых образцов показан на рисунке 6.

Таблица 1

Результаты исследования эффективности огнезащиты древесины

Условия пропитки	Сухой привес*, кг/м ³	Метод испытаний (стандарт)	Потери массы*, %	Прирост температуры, °C	Вывод
Горячая ванна: $t_{\text{раств}} = 80\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 8\text{ ч}$	60	ГОСТ Р 53292–2009 [4]	6,3	–	I группа огнезащиты
Холодная ванна: $t_{\text{раств}} = 20\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 16\text{ ч}$		ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.3 [5]	15,2	Не более 60 °C	Материал трудногорючий
Горячая ванна: $t_{\text{раств}} = 70\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 8\text{ ч}$	43	ГОСТ Р 53292–2009 [4]	7,2	–	I группа огнезащиты
Холодная ванна: $t_{\text{раств}} = 20\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 16\text{ ч}$		ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.3 [5]	22,6	Более 60 °C	Материал горючий трудновоспламеняемый
Горячая ванна: $t_{\text{раств}} = 60\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 8\text{ ч}$	32	ГОСТ Р 53292–2009 [4]	8,4	–	I группа огнезащиты
Холодная ванна: $t_{\text{раств}} = 20\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 16\text{ ч}$		ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.3 [5]	28,7	Более 60 °C	Материал горючий трудновоспламеняемый
Горячая ванна: $t_{\text{раств}} = 50\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 8\text{ ч}$	12	ГОСТ Р 53292–2009 [4]	13,1	–	II группа огнезащиты
Холодная ванна: $t_{\text{раств}} = 20\text{ °C}$; $\tau_{\text{проп}} = 16\text{ ч}$		ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.3 [5]	34,0	Более 60 °C	Материал горючий трудновоспламеняемый

Таблица 2

Результаты огневых испытаний по ГОСТ 30244-94

Номер испытания	Температура дымовых газов, °C	время самостоятельного горения	Степень повреждения	
			по массе	по длине
1	101	0	6	24
2	91	0	3,6	27
3	95	0	4,5	26
Среднее арифметическое	96	0	4,7	26

Тот факт, что горение установки снижается при использовании более высоких классов огнестойкости, подтверждается менее серьезным эффектом, который, по-видимому, возникает в результате присутствия радиационного потока тепла 35 кВт/м² (рисунок 7).

На рис. 8 представлено изменение температуры в огневой и тепловой камерах при температурном воздействии на испытуемый образец конструкции.



Рис. 6. Результаты огневых испытаний на горючесть образцов древесины с глубокой пропиткой составом КСД-А



Рис. 7. Результаты огневых испытаний на воспламеняемость образцов древесины с глубокой пропиткой составом КСД-А

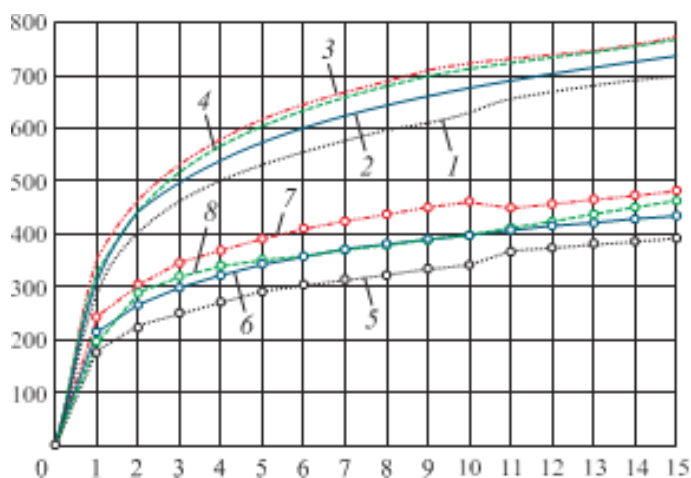


Рис. 8. Температура в огневой и тепловой камерах

Деревянные конструкции являются экологичным, долговечным и достаточно доступным материалом. В связи с этим, они получили широкое применение в 19 веке. Многие строения тех времен до сих пор остаются памятниками архитектуры или другим культурным наследием. При этом, в ходе реконструкции, невозможно их заменить на железобетон или кирпич. В таких случаях на помощь приходят средства и методы огнезащиты.

Так как жизнь и здоровье любого гражданина по конституционному праву охраняется государством в Российской Федерации, даже старинные здания и объекты культурного наследия должны соответствовать требованиям пожарной

безопасности, ведь большинство посетителей таких объектов – это дети.

Поэтому обеспечение безопасности зданий с деревянными конструкциями очень важно, а выбор наиболее эффективных, современных и технологичных способов огнезащиты легко решит поставленную задачу.

При выполнении работы использовались материалы научных исследований [1-24].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Samofalova A.S., Asminin V.F., Sazonova S.A. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts // *Noise Theory and Practice*. - 2024. - Т. 10. - № 1 (36). - С. 69-81.
2. Жидко Е.А., Леонов П.М., Попова Е.С. Разработка модели идентификации конфликтного компонента и метода ситуационного управления информационными ресурсами информационно-телекоммуникационной системы критически важного объекта в условиях информационного противоборства. Монография / Воронеж, 2019.
3. Сазонова С.А. Методы обоснования резервов проектируемых гидравлических систем при подключении устройств пожаротушения // *Вестник Воронежского института ГПС МЧС России*. - 2015. - № 4 (17). - С. 22-26.
4. Старцев В.Н., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона // *Моделирование систем и процессов*. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.
5. Рогов Н.Ю., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад // *Моделирование систем и процессов*. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 68-73.
6. Осмоловский Д.С., Асминин В.Ф. Экспериментальное исследование диссипативных свойств вибродемпфирующих прокладок с фрикционным трением для снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. - 2011. - № 5 (323). - С. 59-63.
7. Асминин В.Ф., Епифанов Е.Н., Антонов А.И., Кузнецов С.Н. Методика акустического проектирования одиночного пожарного речевого оповещателя // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. - 2013. - № 3 (31). - С. 121-127.
8. Сазонова С.А., Асминин В.Ф., Звягинцева А.В. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости // *Моделирование систем и процессов*. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.
9. Акамсина Н.В., Коновалов О.А., Лемешкин А.В. Метод и алгоритм оптимальной декомпозиции сложных систем // *Экономика и менеджмент систем управления*. - 2016. - № 1 (19). - С. 73-80.

10. Sazonova S., Asminin V., Zyazina T., Sysoev D., Sokolova O., Osipov A., Lemeshkin A. Load-bearing control of materials and structures of multi-storey frame buildings // В сборнике: AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville, 2024. - С. 020028.

11. Sysoev D., Sazonova S.A., Asminin V.F., Osipov A. Analysis of interactions in structural system representations // В сборнике: Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020). Сер. "Advances in Intelligent Systems Research" Editors: Nafisa Yusupova-Editor-in-Cheif, Gouzel Shakhmametova, Konstantin Mironov, Ludmila Galimova. - 2020. - С. 7-11.

12. Скрыпников А.В., Лемешкин А.В., Сафонова Ю.А. Разработка, управление и оценка качества интерактивных обучающих средств при подготовке специалистов лесозаготовки // Лесотехнический журнал. - 2018. - Т.8. - № 2 (30). - С. 270-283.

13. Величко С.В., Сербулов Ю.С., Лемешкин А.В. Информационные технологии выбора и распределения ресурсов технологических систем / Москва, 2007.

14. Коробова Л.А., Лемешкин А.В. Непрерывное образование в рамках "школа-ВГУИТ" // В сборнике: Современные технологии непрерывного обучения школа-вуз. Материалы II Всероссийской научно-методической конференции. - 2015. - С. 58-61.

15. Сазонова С.А., Щербакова И.В., Сметанкина Г.И. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе // Моделирование систем и процессов. - 2024. - Т. 17. - № 1. - С. 111-120.

16. Николенко С.Д., Козодаев С.П., Сазонова С.А. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала // Моделирование систем и процессов. - 2024. - Т. 17. - № 2. - С. 50-61.

17. Сазонова С.А., Кошель А.Н., Пантелеев И.Н., Акамсина Н.В., Казбанова И.М., Рылев С.С. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы // Моделирование систем и процессов. - 2024. - Т. 17. - № 2. - С. 71-82.

18. Епифанов Е.Н., Асминин В.Ф., Сазонова С.А. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей // Моделирование систем и процессов. - 2024. - Т. 17. - № 4. - С. 42-53.

19. Асминин В.Ф., Сазонова С.А., Самофалова А.С. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 3. - С. 525-529.

20. Асминин В.Ф., Сазонова С.А., Самофалова А.С. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков

дискретными вибродемпфирующими вставками // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2023. - № 12. - С. 161-169.

21. Asminin V.F., Druzhinina E.V., Sazonova S.A. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it // Noise Theory and Practice. - 2024. - Т. 10. - № 1 (36). - С. 82-96.

22. Перцев В.Т., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 3. - С. 480-484.

23. Николенко С.Д., Сазонова С.А., Асминин В.Ф. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 3. - С. 495-498.

24. Колотушкин В.В., Сазонова С.А., Асминин В.Ф., Кочегаров А.В., Барсуков А.И., Соколова О.А. Испытания фрагментов сварных конструкций на сопротивление усталостному разрушению // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 3. - С. 575-578.

REFERENCES

1. Samofalova A.S., Asminin V.F., Sazonova S.A. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts // Noise Theory and Practice. - 2024. - Vol. 10. - № 1 (36). - Pp. 69-81.

2. Zhidko E.A., Leonov P.M., Popova E.S. Development of a model for identifying the conflict component and a method for situational management of information resources of an information and telecommunications system of a critically important object in the context of information warfare. Monograph / Voronezh, 2019.

3. Sazonova S.A. Methods of substantiating the reserves of designed hydraulic systems when connecting fire extinguishing devices // Bulletin of the Voronezh Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - 2015. - № 4 (17). - Pp. 22-26.

4. Startsev V.N., Nikolenko S.D., Sazonova S.A. Modeling of the thermally stressed state of the foundation and development of measures to improve the operational properties of concrete // Modeling of systems and processes. - 2020. - Vol. 13. - No. 2. - pp. 64-71.

5. Rogov N.Yu., Nikolenko S.D., Sazonova S.A. Modeling of the inspection process of reinforced concrete supports of technological overpasses // Modeling of systems and processes. - 2021. - Vol. 14. - No. 1. - pp. 68-73.

6. Osmolovsky D.S., Asminin V.F. Experimental study of dissipative properties of vibration damping pads with frictional friction to reduce noise from circular sawing woodworking machines // News of higher educational institutions. Forest Magazine. - 2011. - № 5 (323). - Pp. 59-63.

7. Asminin V.F., Epifanov E.N., Antonov A.I., Kuznetsov S.N. Methods of acoustic design of a single fire alarm system // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. - 2013. - № 3 (31). - Pp. 121-127.

8. Sazonova S.A., Asminin V.F., Zvyagintseva A.V. Modeling of dangerous internal forces in the calculation by a mixed method of statically indeterminate frames with rods of a given stiffness. // Modeling of systems and processes. - 2021. - Vol. 14. - No. 2. - pp. 44-54.

9. Akamsina N.V., Konovalov O.A., Lemeshkin A.V. Method and algorithm of optimal decomposition of complex systems // Economics and management of management systems. - 2016. - № 1 (19). - Pp. 73-80.

10. Sazonova S., Asminin V., Zyazina T., Sysoev D., Sokolova O., Osipov A., Lemeshkin A. Load-bearing control of materials and structures of multi-storey frame buildings // In the collection: AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville, 2024. - p. 020028.

11. Sysoev D., Sazonova S.A., Asminin V.F., Osipov A. Analysis of interactions in structural system representations // In the Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020). Ser. "Advances in Intelligent Systems Research" Editors: Nafisa Yusupova-Editor-in-Cheif, Gouzel Shakhmametova, Konstantin Mironov, Ludmila Galimova. - 2020. - pp. 7-11.

12. Skrypnikov A.V., Lemeshkin A.V., Safonova Yu.A. Development, management and quality assessment of interactive training tools in the training of logging specialists // Forestry Engineering Journal. - 2018. - Vol.8. - № 2 (30). - Pp. 270-283.

13. Velichko S.V., Serbulov Yu.S., Lemeshkin A.V. Information technologies of selection and allocation of resources of technological systems / Moscow, 2007.

14. Korobova L.A., Lemeshkin A.V. Continuous education within the framework of "school-VGUIT" // In the collection: Modern technologies of continuous education school-university. Materials of the II All-Russian Scientific and Methodological Conference. 2015. pp. 58-61.

15. Sazonova S.A., Shcherbakova I.V., Smetankina G.I. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17. - No. 1. - pp. 111-120.

16. Nikolenko S.D., Kozodaev S.P., Sazonova S.A. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17. - No. 2. - pp. 50-61.

17. Sazonova S.A., Koshel A.N., Panteleev I.N., Akamsina N.V., Kazbanova I.M., Rylev S.S. An algorithm for diagnosing leaks of the target product in conditions of uncertainty for a hydraulic system // Modeling systems and processes. - 2024. - Vol. 17. - No. 2. - pp. 71-82.

18. Epifanov E.N., Asminin V.F., Sazonova S.A. System analysis of acoustic properties of speech announcers // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17. - No. 4. - pp. 42-53.

19. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Izvestiya Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 3. - pp. 525-529.

20. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Noise protection of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Izvestiya Tulkogo gosudarstvennogo universiteta. Technical sciences. - 2023. - No. 12. - pp. 161-169.

21. Asminin V.F., Druzhinina E.V., Sazonova S.A. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it // Noise Theory and Practice. - 2024. - Vol. 10. - № 1 (36). - Pp. 82-96.

22. Pertsev V.T., Nikolenko S.D., Sazonova S.A. Improving the quality of concrete by using metal fibers // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 3. - pp. 480-484.

23. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Asminin V.F. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 3. - pp. 495-498.

24. Kolotushkin V.V., Sazonova S.A., Asminin V.F., Kochegarov A.V., Barsukov A.I., Sokolova O.A. Testing fragments of welded structures for fatigue fracture resistance // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 3. - pp. 575-578.