

**УДК 691.11****Сулейманов Альфред Мидхатович**

доктор технических наук, профессор

Email: [sulejmanov@kgasu.ru](mailto:sulejmanov@kgasu.ru)**Смирнов Денис Сергеевич**

доцент, кандидат технических наук

Email: [denis27111974@yandex.ru](mailto:denis27111974@yandex.ru)**Белаева Камиля Равилевна**

лаборант

Email: [belaeva.kam@gmail.com](mailto:belaeva.kam@gmail.com)**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Способ оценки долговечности деревянных опор****Аннотация**

*Постановка задачи.* Целью настоящей работы является разработка методики ускоренных климатических испытаний деревянных опор, обработанных антисептиком, с проведением испытаний и установлением сроков службы с учетом реальных климатических условий эксплуатации. Основная задача данной работы обусловлена необходимостью уточнения метода прогнозирования долговечности и длительной прочности древесины в нагруженных строительных изделиях и физического обоснования способа их повышения пропиткой специальными жидкостями. Актуальность затрагиваемой проблемы вызвана отсутствием в отечественной нормативной базе методов, позволяющих прогнозировать срок службы деревянных конструкций. При этом имеющиеся зарубежные методические аналоги не учитывают особенностей влияния силовых воздействий и реальных климатических условий их эксплуатации.

*Результаты.* Определены режимы ускоренных климатических испытаний древесины, обработанной антисептиком. Установлена кинетика снижения концентрации антисептика в составе древесины для различных режимов ее термостатирования в воде. Определена устойчивость древесины к биоповреждениям после расконсервации в ходе проведения ускоренных климатических испытаний. Изучено совместное влияние УФ-излучения, циклического замораживания и оттаивания на скорость развития деструктивных процессов поверхностных слоев деревянных конструкций.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что предложенную методику можно использовать для прогнозирования сроков службы любых видов деревянных конструкций. Что в свою очередь, позволит отрабатывать технологические режимы при их производстве связанные с антисептированием, термомодификацией и другими способами защиты для повышения долговечности, с учетом возможных условий эксплуатации. В результате исследований сделаны выводы, что циклическое замораживание и оттаивание, с последующим облучением УФ, как фактор агрессивного воздействия на древесину, при проведении ускоренных климатических испытаний существенного влияния на прочностные свойства и, как следствие на долговечность, не оказало.

Ухудшение свойств деревянных конструкций главным образом происходит под воздействием биологического повреждения. Главными факторами, влияющими на процесс вымывания антисептика, являются влажность и положительная температура среды. Наиболее сильное вымывание наблюдается при службе деревянных конструкций в воде и почве. При этом следует отметить, что климатические условия, в которых будут находиться конкретные деревянные сооружения или конструкции, играют решающую роль в определении условий испытаний и влияния их на долговечность древесины.

**Ключевые слова:** деревянные конструкции, температурно-влажностное воздействие, антисептик, долговечность древесины, биоразрушение.

**Для цитирования:** Сулейманов А. М., Смирнов Д. С., Белаева К. Р. Способ оценки долговечности деревянных опор // Известия КГАСУ. 2021. 4 (58). С. 48-58. DOI: 10.52409/20731523\_2021\_4\_48.

## 1. Введение

Древесина – это возможно один из первых материалов, который использовал человек в строительстве. Но и сегодня древесина находит широкое применение в самых разных отраслях строительного производства [1].

К примеру, этот материал отлично подходит для использования в качестве опор, пролетных строений, ограждающих стеновых конструкций и т.д. Сухая древесина является хорошим диэлектриком, обладает относительно высокими прочностными характеристиками [2,3]. Помимо этого, деревянные конструкции дешевле, чем железобетонные аналоги, более транспортабельны, так как обладают меньшей массой, менее чувствительны к ударам. Монтаж, обслуживание и утилизация железобетонных и металлических конструкций значительно дороже, чем деревянных [4].

Однако без активных мер защиты срок эксплуатации древесины крайне мал. Для ее защиты от негативных факторов применяют широкий спектр мер. Одним из самых популярных является антисептическая обработка древесины [5]. Этот метод активно используют во многих странах, но все же вопрос прогнозирования долговечности древесины, обработанной антисептиком, остается слабо изученным, а количество научных работ по этой теме крайне мало. Все это делает данный вопрос актуальным.

В связи с вышеизложенным целью исследования является разработка надежной методики ускоренных климатических испытаний и способа повышения долговечности и длительной прочности древесины, обработанной антисептиком, в широком интервале температур и воздействии климатических факторов. В задачи исследования входит следующее:

1. Определить наиболее значимые параметры, по которым будет определяться предельное состояние деревянной конструкции, с учетом воздействия на нее силовых и атмосферных факторов.
2. Определить главные факторы, влияющие на процесс вымывания антисептика.
3. Определение режима климатических испытаний.
4. Определить характер вымывания антисептика из образцов путем их термостатирования.
5. Определение остаточной концентрации антисептика в образцах после испытаний.
6. Оценка биостойкости, путем проращивания на образцах грибов.
7. Проведение сравнения показателей образцов после ускоренных и натуральных испытаний.

## 2. Материалы и методы исследований

Для исследований были использованы образцы из сосны обыкновенной (ГОСТ 9463-2016). Антисептик группы ССА (Cu, Cr, As) [6]. Предпропиточная влажность 28%, пропитка осуществляется методом Вакуум-Давление-Вакуум, поглощение антисептика не менее 10кг/м<sup>3</sup>, пропитка заболони 100%.

Для проведения климатических испытаний были отобраны образцы древесины с разной степенью содержания антисептика. Образцы изготовлены в виде брусков размерами 2х2х30 см.

При определении режимов климатических испытаний, изучались условия, в которых эксплуатируются деревянные конструкции, пропитанные антисептиком, с учетом климатических воздействий характерных для конкретного региона. В качестве факторов, влияющих на процесс разрушения и расконсервирования древесины выбраны: ультрафиолетовое воздействие солнечного света; воздействие температуры; воздействие воды.

При этом следует отметить, что на разные части конструкции воздействуют различные факторы. Отдельные части конструкции находится под землей, на них оказывает влияние температура и повышенная влажность, в результате чего создаются благоприятные условия для биоразрушения. Наиболее опасным следует считать

биологическое повреждение древесины [7]. На верхнюю часть опоры, кроме периодического увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания, существенное влияние оказывает солнечная радиация, которая в свою очередь отрицательно воздействует на биологические формы и сокращает риск биоразрушения древесины. Активная жизнедеятельность дереворазрушающих грибов возможна лишь при положительных температурах (обычно от + 5°C) [8-10].

Исследования проводились в два этапа. На первом оценивалась скорость расконсервирования, а в качестве ключевых факторов, влияющих на вымывание антисептика и возможность возникновения биоповреждений, приняты температура и влажность, соответствующие условиям эксплуатации подземной части конструкции [11].

Испытания проводили непрерывно в течение всей продолжительности старения. В продолжительность старения не входит продолжительность вынужденных перерывов, которая не должна превышать 10 суток.

Продолжительность старения вычисляли по формуле:

$$\ln \frac{\tau_n}{\tau_0} = \frac{E_i}{R} \left( \frac{1}{T_n} - \frac{1}{T_0} \right), \quad (1)$$

где  $\tau_n$  – продолжительность условного года в лабораторном масштабе времени, час;

$\tau_0$  – время воздействия  $T_0$  за один год эксплуатации деревянных столбов, час;

$T_n$  – температура в лабораторных испытаниях древесины, принята равной 333 К;

$R$  – универсальная газовая постоянная, равная  $1,987 \times 10^{-3}$  ккал/моль.

$T_0$  – температура эксплуатации древесины (°К), вычисляют по формуле:

$$T_0 = -\frac{E}{R} \left\{ \ln \left[ \frac{1}{\tau_0} \sum_{j=1}^n \Delta t_j * \exp \left( -\frac{E}{RT_j} \right) \right] \right\}^{-1}, \quad (2)$$

где  $\tau_0$  – среднестатистическое количество часов заданной продолжительности хранения;

$\Delta t_j$  – продолжительность существования интервала температуры со средней температурой  $T_j$ , ч;

$E_j$  – коэффициент, характеризующий зависимость скорости изменения показателей свойств материалов от температуры при старении. Если  $E_j$  принять равным минимальному значению, (10 ккал/моль),  $T_0$  будет равен 279,52 °К

Тогда, время условного года лабораторных испытаний, согласно (1), составит:

$$\tau_n = 8760 \exp \frac{10}{1,987 \times 10^{-3}} \left( \frac{1}{333} - \frac{1}{279,52} \right) = 486 \text{ часов}$$

$$\tau_n = 8760 \exp \frac{10}{1,987 \times 10^{-3}} \left( \frac{1}{343} - \frac{1}{279,52} \right) = 313 \text{ часов}$$

$$\tau_n = 8760 \exp \frac{10}{1,987 \times 10^{-3}} \left( \frac{1}{353} - \frac{1}{279,52} \right) = 206 \text{ часов}$$

Согласно правилам проведения ускоренных испытаний по ГОСТ 9.707 указанные режимы применяют, только в том случае, когда испытания при температуре 353 °К (80°C) в течение 30 суток или при 333 °К (60°C) в течение 90 суток не привели к существенным изменениям показателя старения.

Для этого, образцы испытали в указанном интервале температур и, поскольку в дальнейшем были установлены значительные изменения показателя старения, значение  $E_j$  было принято из литературных источников [12-14], равное 26,5 ккал/моль, в таком случае значения  $T_0$  составит 297,641 °К.

Время условного года лабораторных испытаний, согласно (1), составит:

При температуре 333 °К (60°C)  $\tau_n = 85$  часов

При температуре 343 °К (70°C)  $\tau_n = 24$  часа

При температуре 353 °К (80°С)  $\tau_n = 7,5$  часов

На первом этапе образцы в необходимом количестве, помещали в сушильный шкаф с температурой 378 °К (105°С) до полного высушивания. Затем образцы перенесли в эксикатор и заливали дистиллированной водой. Отношение объема образцов к свободному объему контейнера после его заполнения образцами составляло не менее 2,0.

Эксикатор с образцами помещали в сушильный шкаф и термостатировали по выбранным режимам. Термическое старение проводили при температурах  $T_{min} > T_{cp} > T_{max}$ . Минимальная температура испытаний принимается равной или выше абсолютного максимума температуры хранения или эксплуатации материала. Максимальная температура испытаний  $T_{max}$  должна быть на 10 °К ниже температуры, при которой в материале образца начинаются физические и (или) химические процессы не имеющие место при температуре хранения и (или) эксплуатации. В процессе термостатирования дважды проводили смену воды в эксикаторе. Продолжительность испытаний при каждой температуре не должна быть меньше, чем требуется для получения существенных изменений показателей старения.

Через установленные временные интервалы отбирали не менее 5 образцов из партии, для каждого режима, высушивали в течение 3 суток при температуре 378°К (105°С), до постоянной массы.

Сначала оценивалось изменение массы образцов с различной степенью насыщения антисептиком после термостатирования.

Термостатирование образцов при температуре 363 °К (80°С) проводилось в воде с целью интенсификации процессов расконсервирования древесины в течение 15 суток, с последующей сушкой при температуре 105°С в течение 3-х дней и определением физико-механических характеристик через 5, 10 и 15 суток.

Термостатирование при 343 °К (70°С) проводилось в течение 48 суток и определением физико-механических характеристик через 12, 24, 36 и 48 суток и при 333 °К (60°С) – в течение 175 суток, и определением физико-механических характеристик через 35, 70, 105, 140 и 175 суток.

Для количественного определения содержания элементов в составе образцов использовался квадрупольный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой NexION 300D, производства фирмы PerkinElmer США. Масс-анализатор NexION 300D служит для разделения ионов по их соотношению массы к заряду, которое, в свою очередь, определяется траекториями движения ионов, задаваемыми переменным электрическим полем. Измерение массовой концентрации элементов проводилось при нормальных климатических условиях, в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации прибора.

Биостойкость образцов оценивалось в лаборатории микробиологического анализа отдела химико-биологических исследований НИИ Химии ННГУ по ГОСТ 30028.4-2006 Средства защитные для древесины, экспресс-метод оценки эффективности против древоокрашивающих и плесневых грибов. Испытания проводили на 27 видах грибов, составляющих три группы по девять видов каждая.

На втором этапе исследований изучалось влияние УФ излучения, а также замораживания и оттаивания на деструктивные процессы поверхностных слоев деревянных конструкций, снижающих их несущую способность. При этом возможное изменение концентрации антисептика в древесине не учитывается.

Механизм старения и разрушения деревянных конструкций ускоряется при воздействии УФ – радиации солнца. Данные по суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность при безоблачном небе, количество переходов температуры через ноль, для определения количества циклов попеременного замораживания и оттаивания, взяты из свода правил по строительной климатологии.

Поскольку на сегодняшний день отсутствуют нормативные документы регламентирующие методы испытания древесины на морозостойкость, сначала требовалось определить температуры и время изотермической выдержки при замораживании и оттаивании древесины. Минимальную и максимальную температуры выдержки принимали исходя из условий эксплуатации конструкций для конкретной

климатической зоны, с учетом средних температур самого холодного и самого теплого месяцев. Для Республики Татарстан эти температуры составляют  $-13^{\circ}\text{C}$  и  $+18^{\circ}\text{C}$  соответственно. Количество циклов замораживания и оттаивания соответствовало количеству циклов перехода через ноль в течение года в наиболее неблагоприятных областях климатической зоны Республики Татарстан, т.е. 100 циклов. Так как деструктивные процессы в древесине от воздействия УФ происходят только в поверхностных слоях, предложено оценивать время выдержки по показателю изменения твердости поверхностного слоя древесины. В ходе исследований были определены временные рамки, необходимые для установления режимов циклических воздействий на образцы. Величина твердости замороженного образца снижалась по мере оттаивания до значений соответствующей твердости насыщенной водой древесины при  $+18^{\circ}\text{C}$  за 15-17 минут, в результате чего время оттаивания образцов было принято равным 20 минутам для устранения погрешностей.

На данном этапе испытаний образцы насыщались водой с последующим замораживанием в морозильной камере при температуре  $-13^{\circ}\text{C}$  в течение 25 минут и оттаиванием замороженных образцов в воде при температуре  $+18^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут. После чего образцы подвергали воздействию УФ излучения. Средняя годовая сумма УФ-радиации на вертикальную поверхность с учётом облачности для Республики Татарстан будет составлять  $Q_s = 214 \text{ МДж/м}^2$  ( $59,5 \text{ кВт}\cdot\text{час/м}^2$ ).

Проведение механических испытаний заключалось в определении прочности испытанных образцов на растяжение при изгибе, через 1, 3 и 5 лет ускоренных испытаний. Данная статическая схема нагружения выбрана исходя из условий работы деревянных опор [15].

### 3. Результаты

На рисунке 1 показана кинетика изменения массы образцов в зависимости от времени термического старения в пересчете на время условного года для ускоренных лабораторных испытаний, выраженное в часах. На рисунке 2 изменения этого же показателя в реальном времени.

Из представленных результатов видно закономерное снижение массы, которое может быть вызвано как вымыванием смол и других составляющих древесины, так и вымыванием антисептика [16].

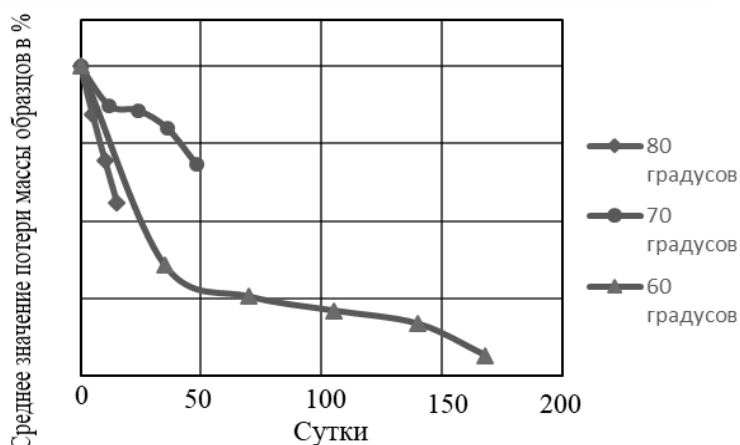


Рис. 1. Изменение массы образцов в процессе испытаний.

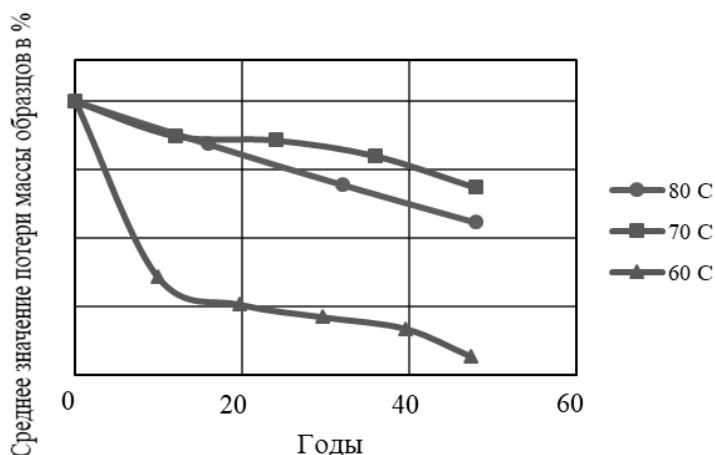


Рис. 2. Изменение массы образцов в процессе испытаний.

Параллельно проводилось измерение концентрации элементов антисептика в составе древесины с помощью масс-спектрометра. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание антисептика в образцах.

Концентрация антисептика (кг/м <sup>3</sup> ) и температура испытания (°C)	Время, сут.	Cu, мг/кг	Cr, мг/кг	As, мг/кг
C=22-24 кг/м <sup>3</sup> t=80°C	0	7340	14700	15180
	15	909	1035	244
C=22-24 кг/м <sup>3</sup> t=70°C	0	7340	14700	15180
	12	6964	14330	15040
	24	5577	9855	9364
	36	4674	7262	6395
	48	3156	6235	6097
C=16-18 кг/м <sup>3</sup> t=70°C	0	4391	9828	8675
	12	3413	6259	5621
	24	3672	5647	4743
	36	3342	4827	3775
	48	2797	4213	2800
C=10-12 кг/м <sup>3</sup> t=70°C	0	3428	7281	7031
	12	3099	6811	5723
	24	3329	6072	5819
	36	2723	4456	4637
	48	2263	3048	2629
C=22-24 кг/м <sup>3</sup> t=60°C	0	7340	14700	15180
	35	5877	11680	11890
	70	4458	8443	7513
	105	4023	8663	7331
	140	2782	4770	2929

На рисунках 3 и 4 представлены результаты механических испытаний образцов после циклического замораживания и оттаивания с последующим облучением. После статистической обработки данных, была рассчитана интенсивность разрушения поверхностных слоев древесины.

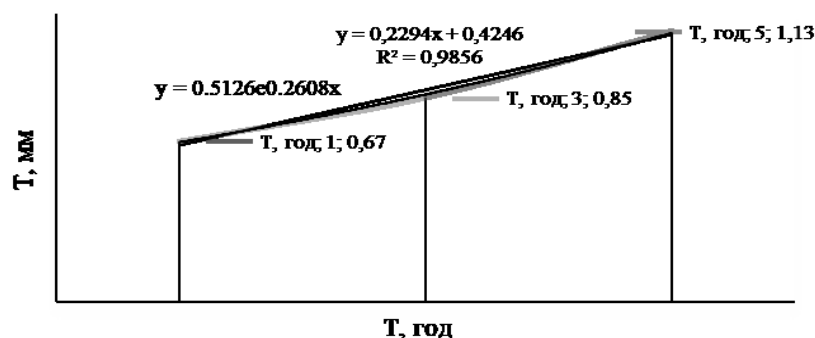


Рис. 3. Зависимость увеличения пораженного слоя в годах. Экспоненциальная линия тренда.

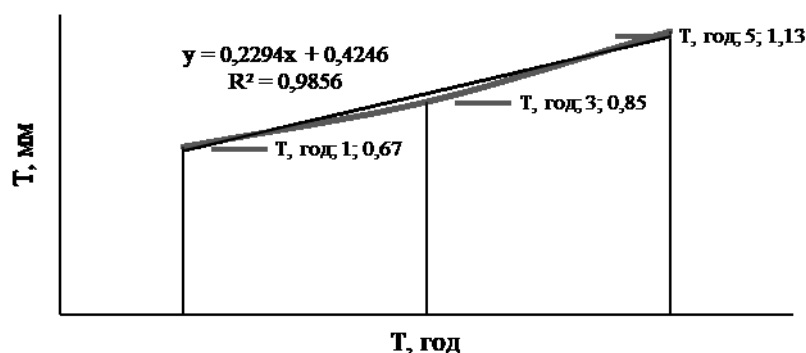


Рис. 4. Зависимость увеличения пораженного слоя в годах. Линейная линия тренда.

По данным расчетов видно, что экспоненциальная и линейная зависимости приводят к похожим результатам, правда в более поздние сроки экспоненциальная зависимость показывает не реалистичный прогноз интенсивности нарастания деструктивных процессов поверхностного слоя древесины. Поэтому, очевидна необходимость продолжения испытаний для более точного построения прогностической кривой скорости увеличения толщины пораженного слоя под воздействием циклического замораживания и оттаивания с последующим облучением УФ. Закономерность отражающая интенсивность разрушения поверхностного слоя деревянных конструкций, в свою очередь позволяет вычислить прогнозируемое снижение их несущей способности.

#### 4. Обсуждение

Характер кривых представленных на рис. 1 и 2 показывает, что при температурах 353 °K (80°C) и 343 °K (70°C) в образцах, очевидно происходят деструктивные процессы, что не соответствует процессам ее расконсервации в реальных условиях эксплуатации. В связи с этим не рекомендовано проведение ускоренных климатических испытаний при температурах выше 333 °K (60°C).

Как видно из полученных результатов, наименьшее содержание антисептика имеет 3 партия, затем 4 и 5. Из результатов количественного определения содержания элементов в составе образцов видно, что при средней плотности древесины 460 кг/м<sup>3</sup> концентрация антисептика в 5 партии составляет 5,1 %, 4 партии – 3,13 % и 3 партии 2,44 %. В процессе термостатирования, у всех образцов наблюдается снижение массы и постепенное вымывание антисептика из древесины [9]. Повышение температуры термостатирования ускоряет вымывание антисептика из образцов.

Результаты исследований на первом этапе испытаний показали, что контрольные (не подверженные термостатированию) образцы 5 и 3 партии с концентрацией 22-24 кг/м<sup>3</sup> и 10-12 кг/м<sup>3</sup> обеспечивают ей защиту по отношению к древоокрашивающим и плесневым грибам;

Термостатирование при 60°C и при 70°C снижает, но сохраняет биозащитный эффект антисептика на экспозиции образцов. Результаты исследований образцов, термостатированных при температуре 60 и 70°C, показали незначительное (допустимое) проявление биологической активности на поверхности.

Наиболее сильное вымывание наблюдается при эксплуатации деревянных конструкций в воде и почве. Следует отметить, что климатические условия, в которых будут находиться деревянные конструкции или сооружения, а также силовые воздействия играют решающую роль в определении условий испытаний и влияния их на долговечность древесины.

Второй этап исследований, заключающейся в изучении влияния циклического замораживания и оттаивания и последующим УФ облучением поверхности древесины показал, что наблюдается снижение прочностных характеристик образцов. Однако, как фактор агрессивного воздействия на древесину, применительно к климатическим условиям Республики Татарстан оказывает значительно меньше деструктивного влияния по сравнению с процессом вымывания антисептика. При этом очевидна необходимость продолжения испытаний для более точного построения прогностической кривой скорости увеличения толщины пораженного слоя, протекающей под воздействием указанных факторов.

## 5. Заключение

1. Разработана методика ускоренных климатических испытаний деревянных опор, с учетом климатических условий эксплуатации характерных для Республики Татарстан. Полученные результаты доказали состоятельность предложенной функциональной модели лабораторных испытаний.

2. Результаты испытаний деревянных образцов, пропитанных методом Вакуум-Давление-Вакуум антисептиком группы ССА показали, что срок службы конструкций зависит от интенсивности вымывания антисептика.

3. Предложенную методику можно использовать для прогнозирования сроков службы любых видов деревянных конструкций с учетом особенностей их изготовления, влияния силовых факторов, а также климатических условий их эксплуатации.

## Список библиографических ссылок

1. Davor Kržišnik, Boštjan Lesar, Nejc Thaler, Miha Humar Micro and material climate monitoring in wooden buildings in sub-Alpine environments. // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 166. P. 188-195. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2018.01.118
2. Миронов В. А., Забелина С. А., Шутенко В. В. Деревянные конструкции. – М.: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский информационно-технологический университет – Московский архитектурно-строительный институт», 2020. 178 с.
3. Tao Li, Da-li Cheng, Stavros Avramidis, Magnus E. P. Wålinder, Ding-guo Zhou Response of hygroscopicity to heat treatment and its relation to durability of thermally modified wood // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol.144. P. 671-676. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.218
4. Качалин Н. В. Изменение прочности древесины при нагревании в автоклавах // *Деревообрабатывающая промышленность*. Вып. 6. С. 4. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012103
5. Фролова Т. И., Селькур С и Оутокумпу Эффективность защиты древесины антисептиками УЛТАН // *Лесной журнал*. 2005. Вып.3.2. С. 102-106
6. Matthias Noll, Christian Buettner, Sandra Lasota Copper containing wood preservatives shifted bacterial and fungal community compositions in pine sapwood in two field sites. // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2019/ Vol. 142. P. 26-35. DOI:10.1016/j.ibiod.2019.04.007



7. Ada Bersosa Hernández, Christine Angelini Wood traits and tidal exposure mediate shipworm infestation and biofouling in southeastern U.S. estuaries. // Ecological Engineering. 2019. Vol.132. Iss. 12. P. 1-12. DOI:10.1016/j.ecoleng.2019.03.008
8. Nicola Macchioni, Benedetto Pizzo, Chiara Capretti An investigation into preservation of wood from Venice foundations. // Construction and Building Materials. 2016. Vol.111. Iss.4. P. 652-661. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2016.02.144
9. Solrun Karlsen Lie, Thomas K.Thiis, Geir I. Vestøl, Olav Høibø, Lone Ross Gobakken Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting? // Building and Environment. 2019. Vol. 152. P. 192-203. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.056
10. Johanna Elam, Charlotte Björdal A review and case studies of factors affecting the stability of wooden foundation piles in urban environments exposed to construction work // International Biodeterioration & Biodegradation. 2020. Vol. 148. P. 1-9. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.056
11. Urve Kallavus, Hele Järv, Targo Kalamees, Lembit Kurik Assessment of durability of environmentally friendly wood-based panels // Energy Procedia. 2017. Vol. 132. P. 207-212
12. Марьяндышев П. А., Чернов А. А., Попова Е. И., Любов В. К. Кинетическое исследование древесного топлива, углей и гидролизного лигнина. // Современные наукоемкие технологии. 2015. Т. 12. Вып. 2. С. 251 .
13. Ермоченков М. Г., Семенов Ю. П. Математическое моделирование процессов, протекающих в древесине при термическом модифицировании // Вестник московского государственного университета леса - лесной вестник. 2015. Вып. 4. С. 92-96.
14. Гончарова Н. В., Сячинова Н. В. изучение свойств экстрактов сосны, полученных растворителями различной природы методом дифференциально-сканирующей калориметрии // Успехи современного естествознания. 2017. Т.193. Вып.1. С. 7-12
15. Беленков, Дмитрий Андреевич Вероятностный метод исследования антисептиков для древесины. - Свердловск: Урал. ун-та, 1991. - 176 с.
16. Кузнецов И. Л., Гимранов Л. Р. Новый узел соединения деревянных элементов // Вестник ПГТУ. 2020. Т. 14. Вып. 2. С. 62-69. DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2020.2.62>

**Suleymanov Alfred Midkhatovich**

doctor of technical sciences, professor

Email: [sulejmanov@kgasu.ru](mailto:sulejmanov@kgasu.ru)

**Smirnov Denis Sergeevich**

candidate of technical sciences, associate professor

Email: [Denis27111974@yandex.ru](mailto:Denis27111974@yandex.ru)

**Belaeva Kamilya Ravilevna**

laboratory assistant

Email: [belaeva.kam@gmail.com](mailto:belaeva.kam@gmail.com)

**Kazan State University of Architecture and Civil Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Durability of wooden structures****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of this work is to develop a methodology for accelerated climatic testing of wooden structures treated with antiseptic, by means of testing and setting service life taking into account the actual climatic conditions of operation. The main task of this work is due to the need to clarify the method of forecasting the durability and long-term strength of wood in loaded building products and the physical justification of the method for increasing them by impregnation with special liquids.

**Results.** The results of testing the wood samples impregnated by the Vacuum-Pressure-Vacuum method with an antiseptic of the CSA group showed that the service life of structures depends on the intensity of leaching with an antiseptic and does not exceed 60 years. When exposed to wooden structures with ultraviolet radiation and alternating freezing and thawing, without considering biological damage, the service life of a wooden beam with dimensions of 100x200x5000 mm can reach 580 years.

**Conclusions.** As a result of the conducted studies, it was concluded that cyclic freezing and thawing with subsequent ultraviolet irradiation, as a factor of aggressive impact on wood, during accelerated climatic tests, did not significantly affect the strength properties and, as a result, durability.

Deterioration of the properties of wooden structures mainly occurs under the influence of biological damage. The main factors affecting the process of washing out the antiseptic are humidity and positive ambient temperature. The most severe leaching is observed during the operation of wooden structures in water and soil. It should be noted that the climatic conditions in which specific wooden buildings or structures are located play a crucial role in determining the test conditions and their impact on the durability of wood.

**Keywords:** wooden structures, temperature and humidity, durability of wood, biodegradation.

**For citation:** Suleymanov A. M., Smirnov D. S., Belaeva K. R. Durability of wooden structures // Izvestija KGASU. 2021. 4 (58). C. 48-58. DOI: 10.52409/20731523\_2021\_4\_48.

## References

1. Davor Kržišnik, Boštjan Lesar, Nejc Thaler, Miha Humar Micro and material climate monitoring in wooden buildings in sub-Alpine environments. // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 166. pp. 188-195. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2018.01.118
2. Mironov V. A., Zabelina S. A., Shutenko V. V. Wooden structures. - M.: Autonomous non-profit organization of Higher education "Moscow Information Technology University - Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering", 2020. 178 p.
3. Tao Li, Da-li Cheng, Stavros Avramidis, Magnus E. P. Wålinder, Ding-guo Zhou Response of hygroscopicity to heat treatment and its relation to durability of thermally modified wood // Construction and Building Materials. 2017. Vol.144. P. 671-676. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2017.03.218
4. Kachalin N. V. Changing the strength of wood when heated in autoclaves // Woodworking industry. Vol. 6. p. 4. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012103
5. Frolova T. I., Selkur S. and Outokumpu The effectiveness of wood protection with antiseptics ULTAN // Lesnoy zhurnal. 2005. Issue.3.2. pp. 102-106
6. Matthias Noll, Christian Buettner, Sandra Lasota Copper containing wood preservatives shifted bacterial and fungal community compositions in pine sapwood in two field sites. // International Biodeterioration & Biodegradation. 2019/ Vol. 142. P. 26-35. DOI:10.1016/j.ibiod.2019.04.007
7. Ada Bersoja Hernández, Christine Angelini Wood traits and tidal exposure mediate shipworm infestation and biofouling in southeastern U.S. estuaries. // Ecological Engineering. 2019. Vol.132. Iss. 12. P. 1-12. DOI:10.1016/j.ecoleng.2019.03.008
8. Nicola Macchioni, Benedetto Pizzo, Chiara Capretti An investigation into preservation of wood from Venice foundations. // Construction and Building Materials. 2016. Vol.111. Iss.4. P. 652-661. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2016.02.144
9. Solrun Karlsen Lie, Thomas K.Thiis, Geir I. Vestøl, Olav Høibø, Lone Ross Gobakken Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting? // Building and Environment. 2019. Vol. 152. P. 192-203. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.056
10. Johanna Elam, Charlotte Björdal A review and case studies of factors affecting the stability of wooden foundation piles in urban environments exposed to construction work

- // International Biodeterioration & Biodegradation. 2020. Vol. 148. P. 1-9. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.056
11. Urve Kallavus, Hele Järv, Targo Kalamees, Lembit Kurik Assessment of durability of environmentally friendly wood-based panels // Energy Procedia. 2017. Vol. 132. P. 207-212
  12. Maryandyshv P. A., Chernov A. A., Popova E. I., Lyubov V. K. Kinetic study of wood fuel, coals and hydrolysis lignin. // Modern high-tech technologies. 2015. Vol. 12. Issue. 2. P. 251.
  13. Ermochenkov M. G., Semenov Yu. P. Mathematical modeling of processes occurring in wood during thermal modification // Bulletin of the Moscow State University of Forests - lesnoy vestnik. 2015. Issue 4. pp. 92-96.
  14. Goncharova N. V., Syachinova N. V. The study of the properties of pine extracts obtained by solvents of various nature by differential scanning calorimetry // Successes of modern natural science. 2017. Vol.193. Issue 1. pp. 7-12
  15. Belenkov, Dmitry Andreevich Probabilistic method of research of antiseptics for wood. - Sverdlovsk: Ural. un-ta, 1991. - 176 p.
  16. Kuznetsov I.L., Gimranov L.R. New node for joining wooden elements // Bulletin of PSTU. 2020. Vol. 14. Issue. 2. S. 62-69. DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2020.2.62>