



М. А. КАЛЬМОВА

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМИРОВАННОЙ ЛИСТВЕННОЙ

ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PHYSICO- MECHANICAL PROPERTIES OF THERMALIZED LARCH

В ходе проведенного исследования были выявлены изменения физико-механических свойств древесины лиственницы после термической обработки. Установлено, что термическая обработка улучшает устойчивость древесины к биологическим воздействиям и снижает её влагопоглощение. Изменение прочностных характеристик подтверждает эффективность использования термизированной лиственницы в строительстве и других отраслях. В работе использовались методы экспериментального анализа, включающие подготовку образцов древесины, проведение испытаний прочности, жесткости и устойчивости к внешним воздействиям. Также применялись аналитические подходы для обработки и интерпретации полученных данных, что позволило сделать выводы о влиянии термической обработки на свойства лиственницы.

Ключевые слова: термическая обработка, термодревесина, лиственница, экспериментальные исследования

The study revealed changes in the physico-mechanical properties of larch after heat treatment. It has been established that heat treatment improves the resistance of wood to biological influences and reduces its moisture absorption. The change in strength characteristics confirms the effectiveness of using thermalized larch in construction and other industries. Experimental analysis methods were used in the work, including the preparation of wood samples, testing of strength, rigidity and resistance to external influences. Analytical approaches were also used to process and interpret the data obtained, which allowed us to draw conclusions about the effect of heat treatment on the properties of larch.

Keywords: heat treatment, thermal wood, larch, experimental research

Введение

Термическая обработка древесины является одним из перспективных методов улучшения её эксплуатационных характеристик. Лиственница, благодаря своим природным свойствам, представляет собой ценный материал для многих областей применения. Однако её устойчивость к внешним воздействиям и механические характеристики могут быть значительно улучшены с использованием термической обработ-

ки. Исследование изменений свойств древесины лиственницы после термической обработки позволяет расширить знания о возможностях применения этого материала в строительстве и других отраслях [1].

Формулировка проблемы

Для понимания процессов, происходящих в древесине при термической обработке, и их влияния на её свойства представляет интерес

изучение воздействия термической обработки на физико-механические свойства древесины лиственницы. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: провести обзор существующих методов термической обработки древесины, выполнить экспериментальные исследования свойств термированной лиственницы и оценить возможности её применения на основе полученных данных. Практическая значимость исследования состоит в разработке рекомендаций по использованию древесины термированной лиственницы в различных областях, таких как строительство, мебельное производство, дизайн интерьеров.

Влияние термической обработки на свойства древесины

Термическая обработка древесины представляет собой технологический процесс, заключающийся в нагревании древесины до температуры 160–250 °С в условиях ограниченного доступа кислорода. Этот метод, известный с античных времен, используется для изменения свойств древесины, таких как увеличение долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Снижение содержания кислорода во время обработки предотвращает возгорание древесины, способствует химическим изменениям в ее структуре, включая разложение гемицеллюлозы, что приводит к снижению гигроскопичности и увеличению устойчивости к биологическим повреждениям.

Основной целью термической обработки древесины является улучшение ее эксплуатационных характеристик. Например, обработанная древесина становится на 50–60 % менее подверженной воздействию грибков и насекомых, что значительно повышает срок ее службы. Кроме того, термическая обработка сни-

жает гигроскопичность древесины, делая ее менее восприимчивой к изменениям влажности, а также улучшает эстетические свойства за счет изменения цвета и текстуры. Эти изменения позволяют использовать термически обработанную древесину в более широком диапазоне условий, таких как наружные конструкции и влажные помещения.

Механические характеристики древесины определяют её способность выдерживать нагрузки без разрушения [2]. Лиственница, как один из представителей хвойных пород, обладает высоким модулем упругости, который составляет около 12 ГПа. Это значение определяет её жесткость и способность сохранять форму под воздействием внешних сил. Прочность древесины на сжатие, изгиб и растяжение зависит от таких факторов, как плотность, структура и влажность. Вместе с тем термированная древесина демонстрирует улучшенные показатели стабильности прочностных характеристик, становясь менее подверженной деформации под воздействием внешних факторов, таких как влажность [3].

Таким образом, термическая обработка может улучшить прочность древесины, несмотря на её повышенную хрупкость.

Одним из ключевых преимуществ термической обработки древесины является снижение её гигроскопичности. Исследования показывают, что обработка при температуре 180–220 °С уменьшает способность древесины поглощать влагу на 40–50 %. Это достигается за счёт изменения структуры клеточных стенок и уменьшения количества гидрофильных групп, что делает древесину менее подверженной набуханию и усадке.

Термическая обработка также вызывает значительные изменения в структуре и внешнем виде древесины (рис. 1). Потемнение мате-



Рис. 1. Термически обработанная лиственница

Fig. 1. Heat treated larch

риала, наблюдаемое после обработки, является результатом химических реакций, таких как карамелизация сахаров и образование продуктов разложения органических соединений. Эти изменения не только придают древесине более эстетичный вид, но и делают её более однородной по цвету. Кроме того, обработка снижает вероятность растрескивания древесины при изменении влажности, что повышает её долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.

Температурные режимы являются одним из ключевых параметров термической обработки древесины. Продолжительность ее термической обработки варьируется в зависимости от метода и желаемого эффекта. Обычно процесс может занимать от нескольких часов до нескольких дней. Для лиственницы, обладающей высокой плотностью, оптимальная продолжительность обработки подбирается с учётом её природных характеристик. Длительное воздействие высоких температур способствует более глубокому изменению структуры древесины, что улучшает её устойчивость к внешним воздействиям. Однако чрезмерная продолжительность может привести к излишнему выгоранию летучих компонентов, что ухудшает прочностные характеристики материала.

Среда обработки древесины играет немалую роль в процессе термической обработки. Наиболее часто используются такие среды, как насыщенный пар, инертные газы и вакуум. Каждая из них оказывает своё влияние на свойства древесины. Например, обработка в среде насыщенного пара способствует равномерному прогреву древесины и предотвращает её растрескивание. Инертные газы позволяют минимизировать окислительные процессы, что

важно для сохранения прочности материала. Выбор среды обработки зависит от специфики задач, поставленных перед процессом термообработки. Эффективность различных методов термической обработки древесины варьируется в зависимости от их воздействия на структуру и свойства материала. Обработка в среде насыщенного пара, например, способствует улучшению биологической стойкости древесины, тогда как нагрев в масле значительно повышает её водоотталкивающие свойства. Горячий воздух также может использоваться для повышения твёрдости и прочности материала. Сравнение этих методов демонстрирует, что каждый из них обладает уникальными преимуществами и недостатками, которые следует учитывать при выборе технологии. Выявление оптимального метода термической обработки древесины требует комплексного анализа с учётом всех критериев. На основе проведённых исследований можно сделать вывод, что обработка при температурах от 150 до 200 °С является наиболее универсальной, так как обеспечивает значительное повышение устойчивости древесины к биологическим воздействиям, сохраняя при этом её механические свойства. Метод обработки в среде масла может быть рекомендован для применения в условиях высокой влажности, тогда как нагрев в среде насыщенного пара подходит для повышения долговечности материала.

Подготовка образцов для испытаний

Для проведения сравнительного анализа физико-механических свойств термизированной и нетермизированной лиственницы применялись стандартные методы лабораторных исследо-



Рис. 2. Образцы термизированной лиственницы после испытания на сжатие
Fig. 2. Samples of thermalized larch after compression testing

ваний. Измерения проводились с использованием специализированного оборудования, что позволяло оценить такие характеристики, как прочность на сжатие [1]. В исследовании использовались образцы лиственницы (50×50 мм), подвергнутые термической обработке при температуре 150–180 °С, и контрольные образцы без обработки. На рис. 2 представлены результаты испытания на сжатие образцов термированной лиственницы вдоль и поперек волокон.

Прочность древесины на сжатие вдоль волокон и на изгиб является важным аспектом при оценке её механических свойств. Для лиственницы прочность на сжатие может достигать 50–60 МПа, что делает этот материал подходящим для конструктивных применений. В ходе экспериментов были получены данные, свидетельствующие о значительных изменениях в свойствах лиственницы после термической обработки. Основными параметрами анализа стали плотность, прочность на сжатие вдоль волокон и устойчивость к биологическим повреждениям. Результаты показали, что плотность древесины уменьшилась на 3–7 %, что связано с удалением влаги и изменением химического состава материала. При этом прочность на сжатие вдоль волокон увеличилась до 27 %, что подтверждает улучшение механических свойств древесины. По результатам испытаний была сформирована диаграмма зависимости напряжений и деформаций. Значения на графике (рис. 3) представлены по абсолютной величине (деформация – сжатие).

Влагостойкость термированной лиственницы является одним из ключевых параметров, определяющих её пригодность для использования в условиях повышенной влажности. Для оценки влагостойкости применяются методы, основанные на измерении степени влагопоглощения древесины после термической обработки. Одним из таких методов является погружение образцов в воду с последующим

измерением их массы до и после эксперимента. Сравнение этих данных позволяет определить процентное изменение массы и, соответственно, влагопоглощение. Термическая обработка обычно снижает влагопоглощение на 30–50 %, что делает лиственницу более устойчивой к воздействию влаги.

Обнаруженные различия в свойствах термированной и нетермированной лиственницы подтверждают эффективность термической обработки. Снижение плотности и влагопоглощения делает термированную лиственницу более устойчивой к биологическим повреждениям и воздействию внешней среды, что особенно важно для её применения в строительстве и отделке. Увеличение прочности на сжатие вдоль волокон расширяет её возможности использования в конструктивных элементах. Тем не менее снижение массы древесины может ограничивать её применение в некоторых специфических областях, где важна высокая плотность материала.

Практическое применение термированной лиственницы

Термированная лиственница находит широкое применение в различных отраслях благодаря улучшенным эксплуатационным характеристикам. Одной из ключевых областей её использования является строительство, где она применяется для создания фасадных панелей, террасных досок и других наружных конструкций (рис. 4).

Биостойкость, достигнутая благодаря термической обработке, делает древесину лиственницы идеальным материалом для использования в условиях повышенной влажности и биологической активности. Кроме того, термированная лиственница используется в производстве мебели, особенно для наружного применения, а также в декоре интерьеров, где ценится её эстетичность и долговечность.

Термированная лиственница обладает рядом преимуществ, которые делают её особенно востребованной в строительной отрасли. Одно из главных её достоинств – уменьшенное влагопоглощение, что значительно увеличивает долговечность конструкций. По данным исследований, снижение влагопоглощения до 50 % по сравнению с необработанной древесиной позволяет использовать материал в условиях высокой влажности без риска деформации. Улучшенная биостойкость благодаря термообработке обеспечивает защиту от грибка и насекомых, что особенно важно для наружных конструкций. Кроме того, эстетические качества термированной лиственницы, такие как насыщенный цвет и текстура, делают её популярным выбором для дизайнерских решений.



Рис. 3. Сравнительная диаграмма образцов на сжатие
Fig. 3. Comparative diagram of compression samples



Рис. 4. Реальные объекты, выполненные из термированной лиственницы
Fig. 4. Real objects made of thermalized larch

Выводы

В результате проведенного исследования были выявлены изменения физико-механических свойств лиственницы после термической обработки. Установлено, что термическая обработка повышает устойчивость древесины к биологическим воздействиям и снижает её влагопоглощение. Также наблюдалось увеличение прочностных характеристик при определенных условиях обработки. Эти изменения подтверждают эффективность использования термированной лиственницы в строительстве и других отраслях.

Для дальнейшего изучения свойств термированной лиственницы рекомендуется расширить спектр исследуемых температурных режимов и сред обработки. Это позволит определить оптимальные параметры обработки для различных применений. Также целесообразно провести дополнительные исследования по долговечности термированной древесины в реальных условиях эксплуатации, что поможет оценить её потенциал в строительстве и дизайне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куницкая О.А., Бурмистрова С.С. Экспериментальные исследования пропитки древесины при помощи гидроудара // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4(28). С. 103–108.
2. Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.
3. Южина Т.Н. Высокоскоростное деформирование и разрушение некоторых пород древесины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2022. 19 с.

REFERENCES

1. Kunitskaya O.A., Burmistrova S.S. Experimental studies of wood impregnation using hydraulic shock. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2015, no. 4(28), pp. 103–108.
2. Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Changes in the Strength of Wood and Wooden Structures in Time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1
3. Yuzhina T.N. *Vysokoskorostnoe deformirovanie i razrushenie nekotorykh porod drevesiny: avtoreferat*. Cand. Diss. [High-speed deformation and destruction of some types of wood: abstract. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2022. 19 p.

Об авторах:

КАЛЬМОВА Мария Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры
строительной механики,
инженерной геологии, оснований и фундаментов
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: kalmova@inbox.ru

KALMOVA Maria Al.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor
of the Structural Mechanics,
Engineering Geology, Foundations and Foundations
Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: kalmova@inbox.ru

Для цитирования: Кальмова М.А. Аналитические и экспериментальные исследования физико-механических свойств термизированной лиственницы // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.01.

For citation: Kalmova M.A. Analytical and experimental studies of the physico-mechanical properties of thermalized larch. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.01.

Принята: 19.05.2025 г.