

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ НАЧАЛЬНОГО ПРОГРЕВА ДРЕВЕСИНЫ В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ

Начальный прогрев пиломатериалов является ключевым этапом в подготовке влагонепроводящей системы древесины к последующему испарению влаги. Прогрев древесины производят перед собственно сушкой для повышения температуры пиломатериалов до уровня температуры сушильного агента, для предупреждения образования в последующем внутренних напряжений, а также для сохранения целостности пиломатериалов в начальный период процесса [1].

Совершенствование существующих или разработка новых технологий прогрева древесины невозможно реализовать без проведения экспериментальных исследований и решения научно-практических задач.

Целью данного исследования является получение закономерностей изменения температуры и влажности древесины в период прогрева в ненасыщенной среде (или кинетики прогрева).

Экспериментальные исследования [2] проводились в два этапа:

1. Для начальной температуры образцов $t_0 > 0$ °С.
2. Для начальной температуры образцов $t_0 < 0$ °С.

В качестве постоянных факторов выступали: геометрические размеры сечения экспериментальных образцов из древесины сосны сечением 20 (40,60) × 250 мм, начальная влажность образцов $W_{\text{нач}}$, % и начальная температура древесины t_0 , °С. Переменными факторами являлись основные параметры режима прогрева – это температура $T_{\text{ср}}$, °С и степень насыщенности обрабатывающей среды ϕ .

Графические зависимости, построенные по результатам опытов, однозначно свидетельствуют о наличии перепада как температур (Δt), так и влажности (ΔW) по толщине образца. Также стоит отметить, что скорость изменения температуры поверхностных ($V_{\text{пов}}$) слоев древесины и внутренних ($V_{\text{вн}}$) – различна.

Начальная температура образцов $t_0 > 0$ °С. Особенности протекания процесса прогрева и нелинейный характер изменения температуры и влажности поверхностных и внутренних слоев древесины по объему (или толщине образца) и во времени идентичны для всех условий проведения эксперимента и в общем виде представляют собой следующий вид кинетических кривых (рис. 1).

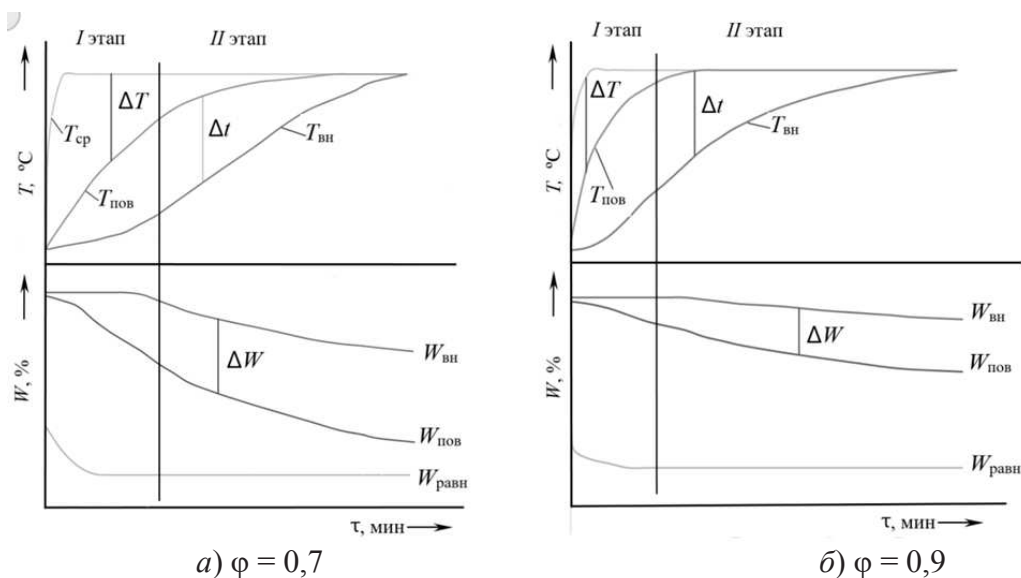


Рисунок 1 – Кинетика начального прогрева древесины при разных значениях степени насыщенности обрабатывающей среды

Анализируя характер изменения кинетических кривых, представленных на рис. 1а, следует отметить, что закономерности изменения температуры на поверхности и внутри образца разные. Изменение температуры внутренних слоев древесины при прогреве происходит по закону функции $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ (парабола или квадратичная функция). В то же время температурная кривая поверхностных слоев близка к закону логарифмической функции $y = a \ln(x) + b$. Также замечено, что при $\phi = 0,7$ и поверхностные слои и внутренние изменяют температуру по квадратичной функции.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что начальный прогрев древесины в ненасыщенной среде проходил в 2 этапа:

- на I-ом этапе наблюдается заметный перепад температур, как по сечению образца, так и между температурой обрабатывающей среды и поверхности древесины, а перепад влажности по толщине меньше, чем перепад температур; скорость изменения температуры и влажности внутренних слоев образца заметно меньше, чем поверхностных;

- на II-ом этапе перепад влажности по толщине образца значительнее, чем перепад температур; скорость изменения температуры внутренних слоев увеличивается, а поверхностных уменьшается; скорость изменения влажности поверхностных слоев образца выше, чем внутренних.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют утверждать, что процессы тепломассопереноса, протекающие в древесине в период прогрева в ненасыщенной среде достаточно сложные. Классические дифференциальные уравнения, описывающие процессы переноса тепла и влаги в данном случае требуют дополнений.

Начальная температура образцов $t_0 < 0^\circ\text{C}$. Закономерности изменения температуры и влажности древесины по толщине образца и во времени представлены на рис. 2. Исследование кинетики прогрева показало, что при нагреве замороженной древесины в ненасыщенной среде имеет место значительное отставание в росте температуры внутреннего слоя от повышения температуры поверхностных слоев, сохраняющееся в течение практически всего периода прогрева. Тем не менее, эксперимент не выявил стабилизации температуры внутреннего слоя на отметке 0°C , что соответствовало бы плавлению свободной замороженной влаги в полостях клеток древесины. Это подтверждает теорию о том, что содержание льда в древесине с температурой до $(-10)^\circ\text{C}$ крайне мало ввиду того, что свободная влага представляет собой раствор органических и минеральных веществ.

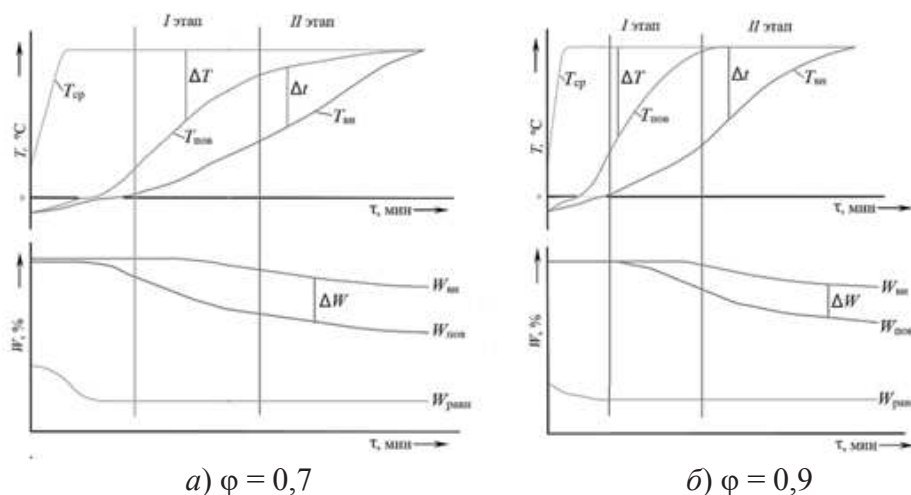


Рисунок 2 – Кинетика начального прогрева замороженной древесины при разных значениях степени насыщенности обрабатывающей среды

Как и в случае прогрева древесины с начальной температурой $t_0 > 0^\circ\text{C}$, закономерности изменения температуры и влажности образца носят нелинейный характер. Однако, отличительной особенностью кинетики прогрева замороженной древесины является наличие дополнительного этапа нагревания, продолжительность которого зависит от времени достижения внутренними слоями древесины температуры $T_{\text{вн}}$ выше 0°C .

Анализ результатов исследований показал, что нагревание поверхностных слоев образцов древесины начинается сразу, а внутренних – с некоторым опозданием. При дальнейшем нагревании различие температур поверхностных и внутренних слоев древесины постепенно убывает вплоть до момента достижения температуры поверхностных слоев температуры прогрева. Далее при постоянной температуре по-

верхностных слоев увеличивается только температура внутри образца, что приводит к их полному выравниванию.

Обращает на себя внимание тот факт, что в процессе нагревания древесины возникает и длительное время поддерживается значительная разность температур ΔT обрабатывающей среды и поверхности образца. Это однозначно свидетельствует о том, что прогрев сопровождается испарением влаги с поверхности древесины, т. е. об одновременном протекании тепло- и влагопереноса.

Оценивая влияние переменных факторов на характер изменения температуры и влажности образцов в период прогрева следует отметить, что именно величина степени насыщенности обрабатывающего агента ϕ оказывала наибольшее действие на них.

Характер изменения температуры поверхностных слоев древесины при прогреве с $\phi = 0,9$ близок к нагреванию в насыщенной среде ($\phi \approx 1$). Также интересен тот факт, что продолжительность прогрева при $\phi = 0,9$ меньше, чем при $\phi = 0,7$. Данное явление можно объяснить тем, воздух, насыщенный водяным паром не способен воспринимать дополнительное количество влаги, испарившейся из древесины. Соприкасаясь с образцом, он расходует свою тепловую энергию только на нагревание. По мере уменьшения степени насыщенности воздуха возникают два параллельно протекающих процесса: нагревание и сушка древесины.

Проведенные исследования кинетики начального прогрева пиломатериалов в ненасыщенной среде позволили получить общие закономерности изменения температуры и влажности древесины во времени и по объему образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серговский П. С., Рассев А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. Москва: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Рудак, О. Г. Исследование механизмов начального прогрева древесины сосны в ненасыщенной среде / О. Г. Рудак // Вестник Гомельского государственного университета имени П. О. Сухого. – 2021. – № 2. – С. 69-77.