

УДК 630.812:674.04

UDC 630.812:674.04

ПОВЫШЕНИЕ ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА ПОСЛЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**IMPROVING OF FORM STABILITY OF OAK WOOD AFTER THERMAL AND CHEMICAL PRETREATMENT**

Аралова Ольга Владимировна
аспирант
Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия

Aralova Olga Vladimirovna
postgraduate student
Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

Исследован характер развития внутренних напряжений и усушки после термохимической обработки и сушки различными режимами

The nature of the development of internal stresses and shrinkage after thermal and chemical treatment and drying by various modes is examined

Ключевые слова: УСУШКА, ВЛАЖНОСТЬ, ДРЕВЕСИНА ДУБА МОРЕНОГО, ДРЕВЕСИНА ДУБА НАТУРАЛЬНОГО, ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, РЕЖИМ СУШКИ, ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Keywords: SHRINKAGE, MOISTURE, FUMED OAK WOOD, NATURAL OAK WOOD, INTERNAL STRESSES, THERMAL AND CHEMICAL TREATMENT, DRYING MODE, ATMOSPHERIC MOISTURE CAPACITY

Древесина дуба натурального является очень ценным материалом, из-за своих высоких физико-механических показателей и декоративных свойств. Однако небольшие запасы и длительный срок ее воспроизводства требует рационального использования.

В настоящее время также существенно возрос спрос на древесину дуба мореного. Обладая уникальными декоративными свойствами, эта древесина используется для изготовления высокохудожественных изделий, элитной мебели, отделки дорогих интерьеров. Большой спрос на эту древесину в странах Европы, привел к существенному сокращению ее запасов. Однако, в России, в частности в Воронежской области, имеются промышленные запасы. Высокая стоимость изделий из натуральной древесины дуба и древесины дуба мореного во многом определяется энергозатратностью и сложностью ее обработки. Одним из путей решения данной задачи является повышение формоустойчивости изделий из древесины.

Использование традиционной конвективной сушки зачастую не обеспечивает высокого качества материала. Процесс сушки характеризует-

ся большим неравномерным распределением влажности по объему материала. Наличие неравномерного поля влажности, возникающего с самого начала процесса, приводит к созданию неоднородного деформированного состояния из-за неравномерной усушки и является первопричиной образования внутренних напряжений.

Полностью избежать образования внутренних напряжений в древесине в процессе ее сушки невозможно. Но при правильно построенном режиме сушки их величина не превышает допустимых значений. Так при использовании мягких режимов наблюдается более равномерное распределение влаги по сечению пиломатериалов, что в свою очередь ведет к снижению величины остаточных напряжений. Однако, использование мягких режимов приводит к существенному увеличению продолжительности процесса сушки.

Отсюда можно предположить, что ускорение процесса сушки следует вести в направлении поиска новых способов, которые позволят существенно сократить продолжительность процесса, за счет увеличения влагопроводности древесины и без ухудшения ее качественных характеристик.

Одним из возможных способов является сушка древесины с предварительной её термохимической обработкой растворами гигроскопических веществ. В результате этой обработки поверхностные слои древесины пропитываются гигроскопическим раствором на глубину около 0,5 мм. Этот слой пропитанной древесины оказывает существенное влияние на механизм перемещения влаги в древесине. Предварительная термохимическая обработка древесины позволяет повысить ее водо- и влагопроводность при одновременном уменьшении интенсивности испарения влаги с ее поверхности, что позволяет избежать пересыхания поверхностных слоев, уменьшает перепад влажности по толщине и существенно снижает величину остаточных напряжений в материале, повышая его формоустойчивость.

Предварительная термохимическая обработка также способствует более равномерному распределению влаги по сечению материала, что значительно уменьшает величину внутренних напряжений при сушке, а следовательно уменьшает растрескивание и коробление [1]. Однако в результате такой обработки на поверхности высушиваемой древесины появляются кристаллы хлорида натрия, которые изменяют способность древесины поглощать влагу. Одним из основных физических свойств древесины, влияющих на размерность изделий и зависящих от количества поглощенной влаги древесины, является усушка.

Вопросам усушки древесины, повышения формоустойчивости изделий из нее было посвящено большое число научных работ.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых по влиянию режимов обработки на величину усушки показал, что работы имеют различный методический подход к исследованиям. Например, они выполнялись на образцах различных размеров. А этот фактор имеет большое значение при определении величины усушки, так как в образцах больших размеров возникают внутренние напряжения, деформации, которые изменяют характер усушки древесины и влияют на ее величину.

Режимы сушки древесины колебались в широких температурных диапазонах и принимались различной жесткости. Одни исследователи проводили сушку форсированными режимами и не контролировали степень насыщенности агента обработки или проводили исследования по режимам с широким диапазоном температур, другие сушили древесину в среде перегретого пара. Такое разнообразие применяемых режимов дает несопоставимые результаты.

По литературным данным при камерной сушке древесины хвойных пород повышенными температурами величина усушки меньше, чем при сушке в атмосферных условиях. Чем интенсивнее высыхает древесина, тем больше возникают внутренние напряжения из-за неравномерности усушки

по сечению материала. Это приводит к значительным деформациям, а, следовательно, и к меньшей усадке древесины.

Исследования усушки на древесине лиственных пород, показали, что древесина этих пород усыхает тем больше, чем выше температура и степень насыщенности агента сушки. Это происходит по причине коллапса (сближение клеточных стенок при испарении свободной влаги из полостей клеток), что является причиной возникновения деформации сжатия большей величины, чем при атмосферной сушке или температурами не выше 60 °С [2]. Это приводит и к большей усушке древесины в целом.

Результаты ряда исследований противоречивы. Это можно объяснить тем, что исследования проводились при различных режимах сушки, на различных древесных породах, произрастающих в несопоставимых климатических и почвенных условиях, с различным строением и физико-механическими свойствами.

Целью данной работы явилось исследование формоустойчивости древесины высушенной с предварительной термохимической обработкой. Формоустойчивость это комплексный показатель и зависит от многих факторов. Одним из основных является величина внутренних напряжений во многом определяющая величину усадки древесины.

Для установления влияния предварительной термохимической обработки на динамику процесса сушки во многом определяющей характер развития внутренних напряжений были проведены экспериментальные исследования на древесине дуба черешчатого Воронежской области и древесины дуба мореного из р. Воронеж. Отбор древесины был проведен согласно ГОСТ 16483.21–72. Из свежесрубленной древесины дуба натурального и древесины дуба мореного были выпилены заготовки сечением 32 x 90 мм, 40 × 90 мм для последующих исследований.

Заготовки, при влажности 60 % были подвергнуты предварительной термохимической обработке в гигроскопическом растворе в течение 3 ча-

сов. Затем образцы были помещены в сушильный шкаф, и высушены до нормализованной влажности по режиму 6Б.

Количественная характеристика остаточных напряжений была установлена по методике ГОСТ 11603-73 «Метод определения остаточных напряжений» [3].

Линейные размеры образцов были измерены при помощи штангенциркуля, с погрешностью измерения 0,02 мм. Масса определялась с помощью весов, с точностью до 0,001 кг.

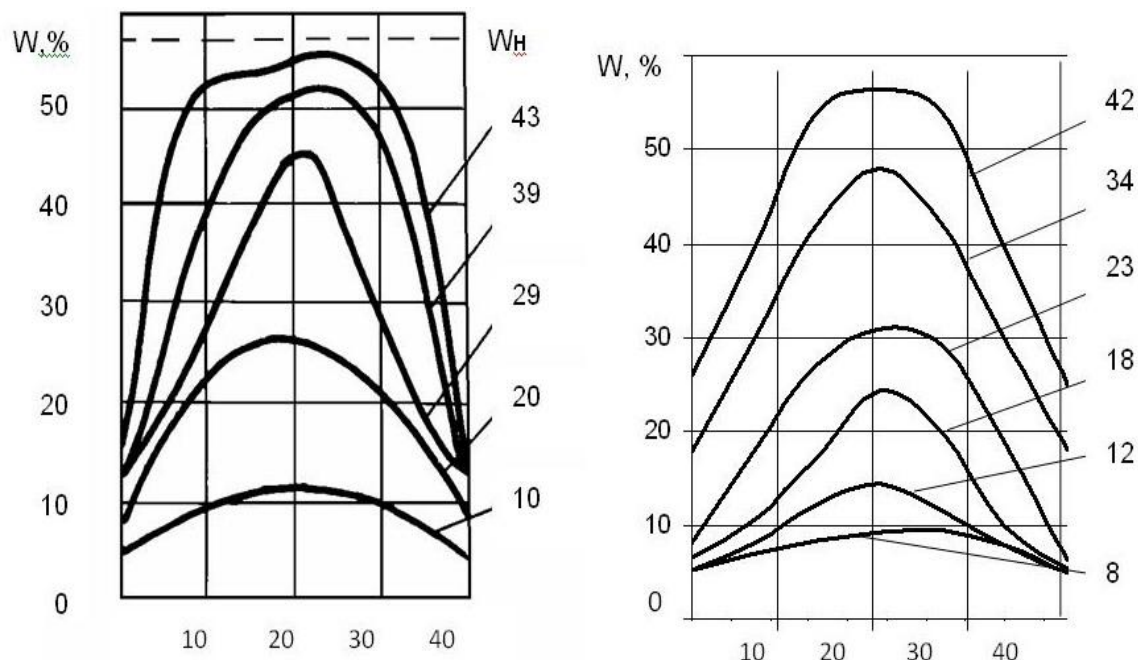


Рис. 1 Распределение влажности по толщине дубовых заготовок толщиной 40 мм средняя влажность: 1 – 39 %; 2 – 31,6 %; 3 – 26 %; 4 – 13 %; 5 – 11 %; 6 – 8,5 %

На рис. 1 представлены кривые распределения влаги в процессе сушки для заготовок из древесины дуба натурального толщиной 40 мм и древесины дуба мореного толщиной 32 мм [4]. Характер распределения влаги по толщине заготовок показывает, что влажность поверхности древесины

после предварительной обработки выше, чем у необработанной древесины при тех же параметрах агента сушки. К концу сушки перепад влажности по сечению для заготовок из древесины дуба толщиной 40 мм составил 2.41...2.96 % для пиломатериалов толщиной 32 мм 2.39...2.97 %.

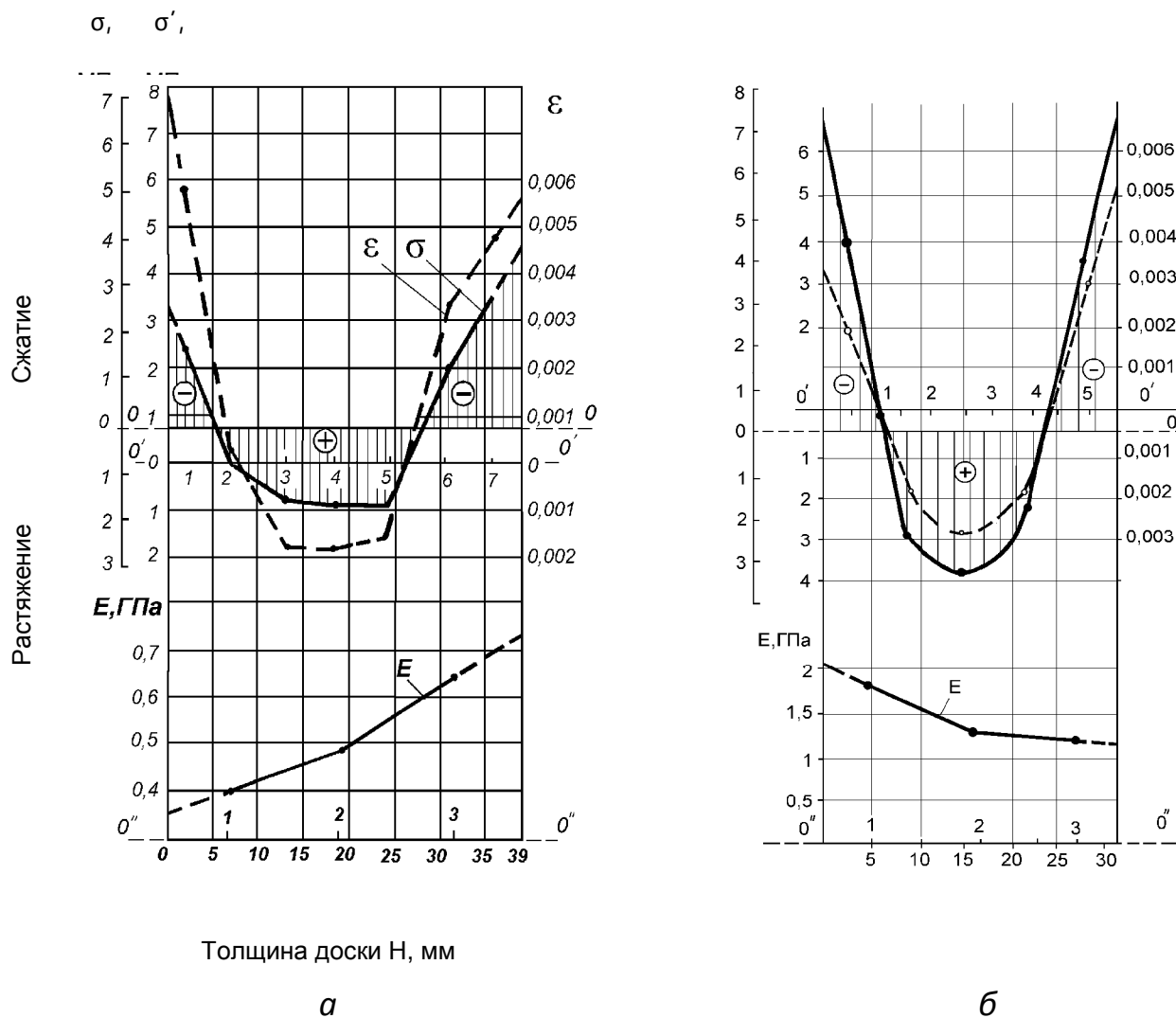


Рис. 2 Эпюры остаточных напряжений в древесине дуба: а – после камерной сушки с предварительной термохимической обработкой; б – после камерной сушки без предварительной термохимической обработки

Распределение влаги в материале во многом определяет развитие остаточных внутренних напряжений. Величина этих напряжений во многом влияет на усушку, формоустойчивость материала и его поведение при дальнейшей механической обработке. Все высушенные образцы сохранили форму, не коробились, хотя и высушались свободно, ни у одного из образцов не образовались трещины. Кроме того, даже наличие сердцевины не вызвало растрескивание древесины.

На рис. 2 представлены эпюры остаточных напряжений древесины дуба высушенного по традиционной технологии и с предварительной термохимической обработкой. Конечная влажность высушенных заготовок 7 – 8 %.

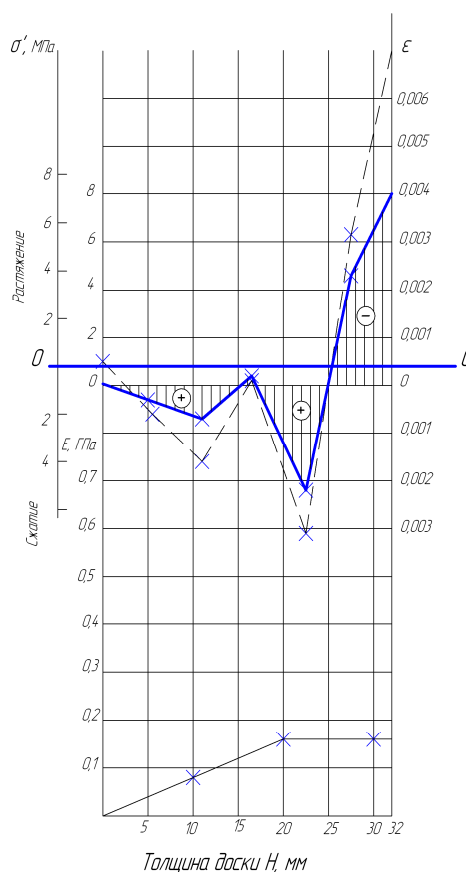


Рис 3 Эпюра остаточных напряжений в древесине дуба мореного после камерной сушки с предварительной термохимической обработкой

Величина остаточных напряжений для древесины дуба толщиной 32мм составила 1,8...1,9 МПа, для толщины 40 мм – 2...2,3 МПа. Допустимые напряжения для древесины дуба составляют $\sigma_{доп}=5,6$ МПа ($\sigma_{доп} = 0,7 \cdot \sigma$, где σ – предел прочности на разрыв поперек волокон; для дуба $\sigma=8$ МПа).

На рис. 3 представлена эпюра остаточных напряжений. Характер распределения участков, испытывающих напряжения сжатия и растяжения по толщине заготовок, имеет существенное отличие от полученных при сушке древесины дуба натурального. После предварительной обработки характер распределения влажности по толщине заготовок на всем протяжении процесса сушки отличается меньшим перепадом, а с учетом небольшой продолжительности процесса сушки позволили получить незначительные растягивающие напряжения в материале, не превышающие величину допустимых. Следует отметить, что из технологии камерной сушки были исключены технологические операции начального прогрева и влаготеплообработки древесины.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный способ предварительной термохимической обработки древесины дуба натурального и дуба мореного позволяет высушивать древесину с внутренними напряжениями не превышающими величину допустимых. Даже при исключении из технологического процесса технологических операций начального прогрева и влаготеплообработки древесины. Высушенная древесина имеет меньшую усадку и отличается повышенной формоустойчивостью, по сравнению с древесиной высушиваемой традиционными способами. Это и было отражено на моделях.

Внутренние напряжения во многом определяют величину усушки и усадки древесины, а следовательно и формоустойчивость изделий из нее. Поэтому экспериментальные исследования по определению усушки были

проведены на древесине дуба мореного, изъятого из р. Воронеж и древесине дуба натурального Воронежской области.

Отбор древесины был проведен согласно ГОСТ 16483.21–72. Из круглых лесоматериалов дуба мореного и дуба натурального были выпилены центральные доски толщиной 60 мм с радиальным расположением годичных слоев. Затем из этих досок были выпилены заготовки сечением 20х20 мм для последующих исследований.

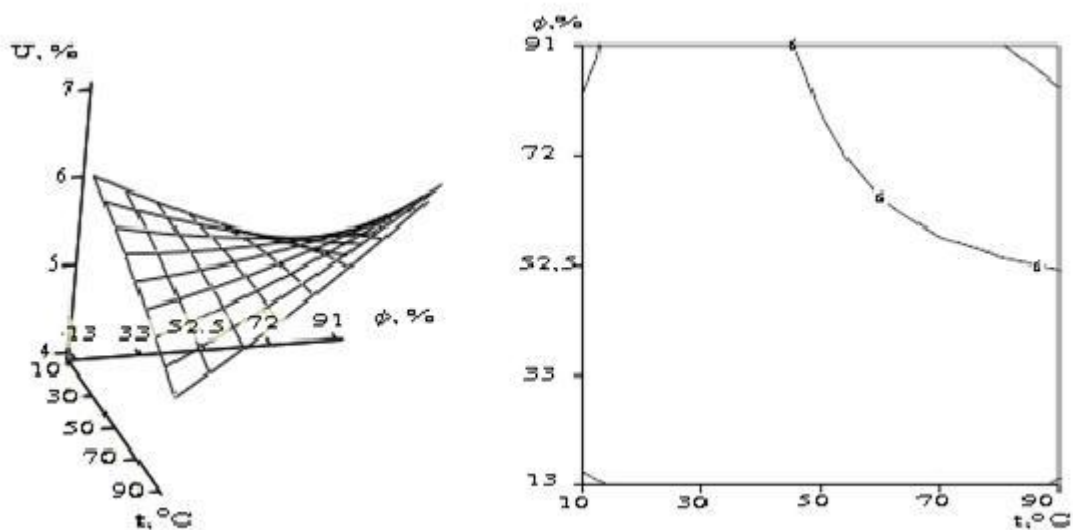
Одна часть образцов, размером 20×20×60 мм последний вдоль волокон, при влажности 60 % была подвергнута предварительной термохимической обработке в растворе хлорида натрия в течение 3 часов. Затем все обработанные заготовки были распилены на образцы размером 20х20х30 мм последний вдоль волокон. Вторая часть заготовок не обработанных, была разрезана на образцы того же размера и использовалась для контроля. У всех образцов были измерены их геометрические размеры по трем направлениям и определена масса. Образцы двух видов были помещены над раствором серной кислоты различной плотности, что обеспечивало необходимую относительную влажность воздуха, в эксикаторах.

Эксикаторы с раствором кислоты и образцами над ней были помещены в шкаф, в котором поддерживалась постоянная температура для одной партии образцов 50 °С, для второй – 80 °С. Еще один эксикатор был оставлен в помещении, при температуре 20 °С. Относительная влажность воздуха в эксикаторах поддерживалась 20 %, 52,5 %, 80 %.

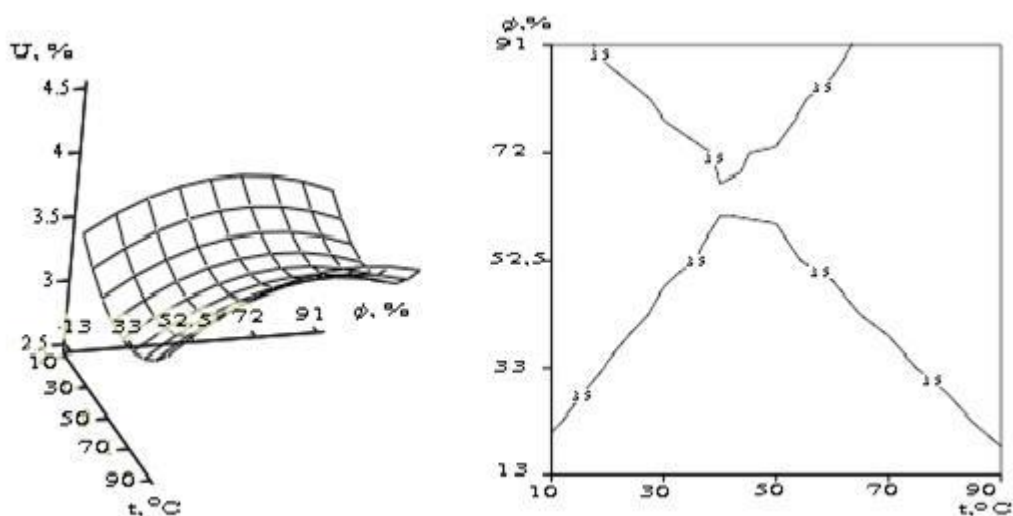
Линейные размеры образцов были измерены при помощи штангенциркуля, с погрешностью измерения 0,02 мм. Масса определялась с помощью весов, с точностью до 0,01 г.

В результате обработки на ЭВМ с использованием пакета прикладных программ были получены уравнения регрессии, по которым были получены поверхности отклика выходных функций, представленные на рисунке 1.

Результаты экспериментов показали, что у необработанной древесины дуба (рисунок 4а), минимальное значение усушки 5 % отмечено при температуре 12 – 15 °С и относительной влажности воздуха около 15 % и 80 – 90 %, а также при температуре 80 – 90 °С и относительной влажности воздуха 13 – 15 % и 80 – 90 %. Максимальное значение усушки, около 6 %, у древесины дуба натурального отмечено при температуре более 50 °С и относительной влажности воздуха более 52 %.



а)

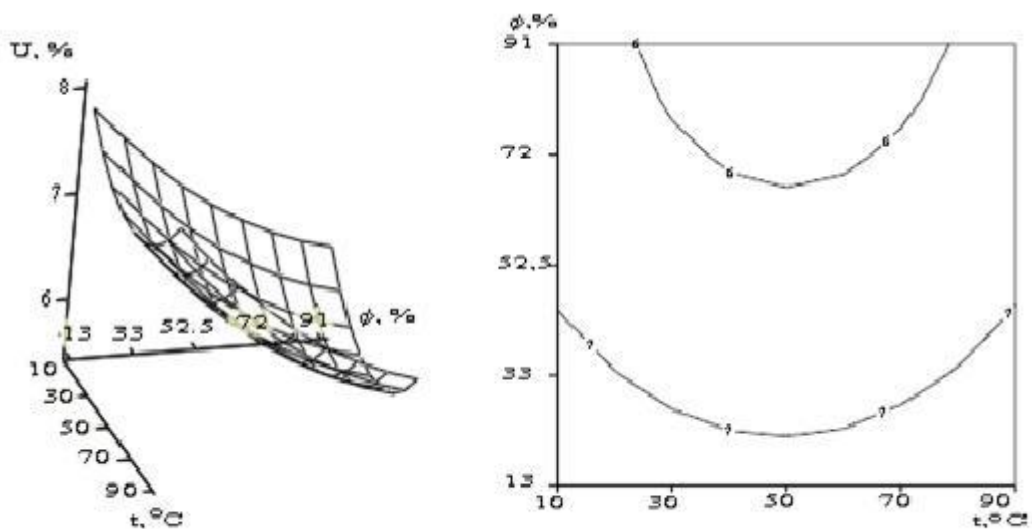


б)

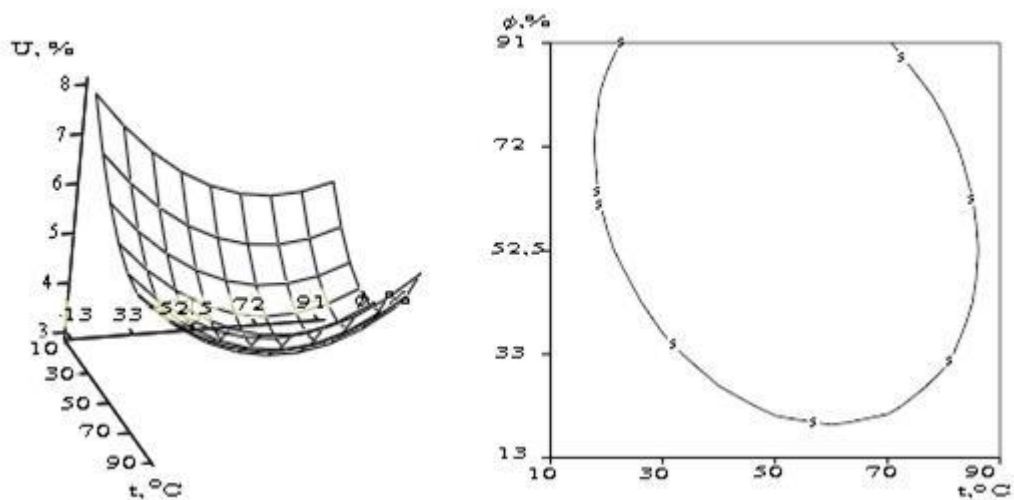
Рис. 4 Математические модели: а - для древесины дуба натурального без предварительной термохимической обработки; б - для древесины дуба натурального с предварительной термохимической обработкой

Термохимическая обработка оказывает существенное влияние на характер усушки древесины (рисунок 4б). Минимальных значений 3,5 % усушка достигает в интервале температур от 30 – 60 °С и относительной влажности воздуха не более 15 % и не менее 85 %. Максимальная – 4 % при температуре не более 20 °С и свыше 80 °С при относительной влажности воздуха 0,45 – 0,7.

Поверхность отклика исследования усушки древесины дуба мореного представлена на рисунке 5а. Анализ результатов исследований выявил отличие в характере усушки по сравнению с древесиной дуба натурального. Наибольшая усушка 7 % отмечается при относительной влажности воздуха не более 40 % на всем рассматриваемом интервале температур. При относительной влажности воздуха свыше 70 % величина усушки снижается в том же температурном интервале, а минимальное значение 6 % отмечено при температуре 50 °С и относительной влажности воздуха 60 – 65 %.



а)



б)

Рис.5 Математические модели: а – для древесины дуба мореного без предварительной термохимической обработки; б - для древесины дуба мореного с предварительной термохимической обработкой.

У древесины дуба мореного после термохимической обработки, рисунок 5б, отмечена сложная закономерность изменения величины усушки от температуры и относительной влажности обрабатывающей среды. Так минимальное значение достигается при температуре 60°C и относительной влажности воздуха 0,6, оно составило менее 5 %. При понижении или повышении температуры при одновременном увеличении относительной влажности воздуха, отмечено резкое увеличение усушки древесины. Максимальной величины усушка достигает при атмосферной сушке.

Таким образом, анализируя результаты исследований можно сделать вывод о том, что характер развития внутренних напряжений и величина усушки у обработанной и необработанной древесины зависит от температурно-влажностных параметров агента обработки и адекватно описывается

уравнениями регрессии второго порядка. Полученные данные могут быть использованы в промышленном производстве при обработке древесины дуба мореного и натурального.

Список использованной литературы.

1 **Курьянова, Т. К., Платонов, А. Д., Аралова, О. В., Смирнов, П. А.** Формоустойчивость и некоторые механические свойства термохимически обработанной древесины дуба [Текст] / Т. К. Курьянова, А. Д. Платонов, О. В. Аралова, П. А. Смирнов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2010. – № 3. – С. 14 – 16.

2. **Курьянова, Т. К.** Исследование усадки древесины дуба в зависимости от режима сушки [Текст] : автореф. ... канд. техн. наук : 05.21.05 / Т. К. Курьянова. М., 1981. 24 с.

3 **ГОСТ 11603-73.** Древесина. Метод определения остаточных напряжений. – Введ. 1975-01-01. [Текст]. – Госстандарт СССР, 1973. – 9 с.

4. **Патент №2096702 РФ С1 РФ, 6 FВ ³/₄.** Способ сушки дубовых заготовок [Текст] / Т. К. Курьянова, А. Д. Платонов и др. заявитель и патентообладатель авторы. - № 95112874/06, Заявл.20.07.1995 ; Опубл.20.11.1997, Бюл. № 32. - 6 с.