

УДК 630*81:674.001

СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ – 2004: Труды IV международного симпозиума. 13-16 сент. 2004. – Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2004. 569 с., 2 тома

ОРГАНИЗАТОРЫ СИМПОЗИУМА

Министерство образования и науки РФ
Региональный координационный совет
по современным проблемам древесиноведения
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
Московский государственный университет леса

Под редакцией **Б.Н. Уголева**
Proceeding Editor: Prof. **V. Ugolev**

Отв. секретарь **М.А. Чубинский**

Оргкомитет не несет ответственности за содержание докладов в публикуемых трудах симпозиума.

The organizing committee is not responsible for statements and opinions advanced in this publication.

Заказы на дополнительные экземпляры сборника трудов направлять по адресу:
194291, СПб, Институтский пер., д. 5, кафедра общей экологии, анатомии и физиологии растений.

Чубинскому М.А.

Факс: (812) 550-08-15

E-mail: wood2004@mail.ru

maxim_chubinsky@mail.ru

Additional copies may be obtained at
St. Petersburg Forest Technical Academy, Instjtutsky per., 5
194021, St Petersburg, RUSSIA

Dr. Maxim Chubinsky

Факс: (7-812) 550-08-15

E-mail: wood2004@mail.ru

maxim_chubinsky@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ

Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, В.П. Галкин, П.А. Аксенов

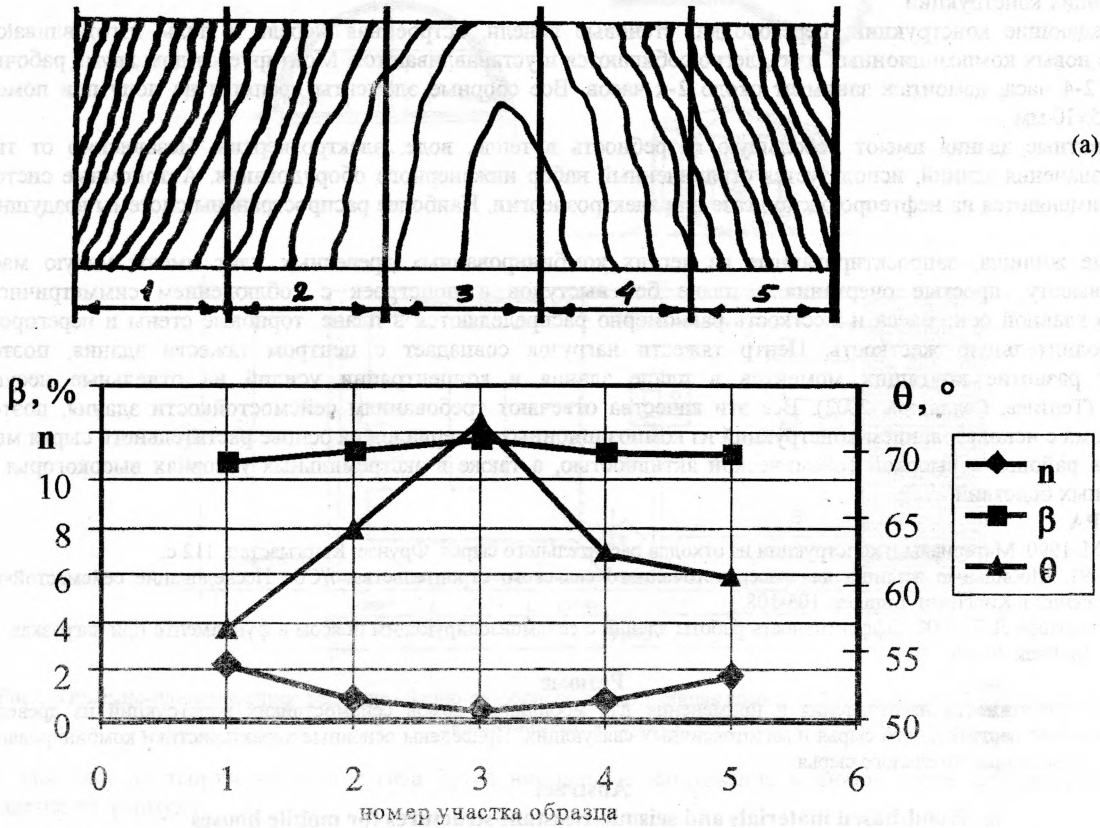
Московский государственный университет леса, Мытищи, Россия

Деформационные превращения, происходящие при изменении нагрузки, температуры и влажности древесины, лежат в основе многих технологических процессов ее обработки: гнущя, прессования, сушки и других. Поведение деревянных изделий и конструкций при эксплуатации также объясняется деформационными превращениями, вызванными действием указанных факторов.

Представления о том, что в древесине, кроме известных обратимых упругих и эластических деформаций и необратимых деформаций ползучести, образуются квази-необратимые замороженные деформации (Ugolev, 1986), учитывались при разработке методов расчета напряженно-деформированного состояния при сушке и влаготеплообработке древесины (Ugolev, 1992, Ugolev, Skuratov, 1992, Ugolev, Skuratov, 1994). Разработанная с учетом этого явления модель гигро(термо)-механических деформаций (Уголев, 1997) позволяет прогнозировать поведение древесины при различных предысториях деформирования и обосновать ранее обнаруженное явление «памяти» древесины. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования деформационных превращений и эффекта «памяти» древесины касались массивной древесины (Ugolev, Skuratov, Gorbacheva, 2002).

Указанная модель может быть использована для объяснения причин возникновения, а также разработки способов предотвращения и устранения гофрированности листа шпона. Этот распространенный дефект сушки лущеного шпона в ленточных сушильных камерах характеризуется чередующимися выпуклостями и впадинами, высота и протяженность которых неодинакова по ширине и длине листа. В процессе сушки шпон находится между двумя

непрерывно движущимися металлическими сетками, которые не препятствуют свободной усушке листа. Это предотвращает растрескивание шпона, но не обеспечивает сохранения плоскостности листа. Гофрированность шпона в производстве листовой фанеры и клееных деталей вызывает трудности из-за неравномерного нанесения клея и возможного появления трещин под вальцами. Растрескивание наблюдается и в процессе последующего прессования. Предотвращение гофрированности листа шпона является актуальной проблемой, о чем свидетельствуют и последние зарубежные исследования (Gu, Li, 2001).



6

Рис. 1. Влияние структурного направления на изменение усушки по ширине образца шпона: а) схема распределения годовичных слоев; б) изменение числа годовичных слоев n , усушки по ширине листа β и угла наклона годовичных слоев θ .

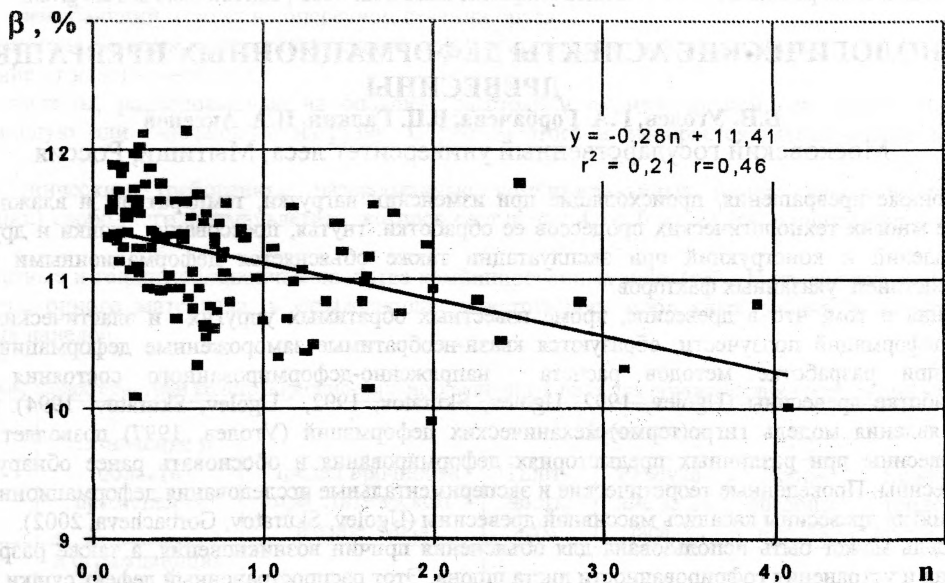


Рис. 2. Зависимость максимальной усушки от числа годовичных слоев в 1 см ширины листа (образца) шпона.

В роликовых сушилках для сохранения плоской формы листа шпон прижимается роликами. Это стесняет свободную усушку по ширине листа, т.е. в тангенциальном направлении. Появляются растягивающие напряжения, которые при достижении предела прочности, вызывают растрескивание.

Результаты исследований напряжений от недопущенной усушки при высыхании шпона в закрепленном состоянии, и допустимого, не вызывающего растрескивания, падения влажности, были использованы для обоснования режимов сушки шпона (Уголев, 1966). Был также предложен способ сушки шпона в напряженном состоянии при изгибе вдоль волокон (Шубин, 1964). Сушка такого изогнутого шпона, как теперь стало ясно, сопровождается образованием замороженных деформаций.

Таким образом, существующая практика сохранения плоскостности листа шпона в процессе сушки, основана на стеснении свободной усушки и возникновении квази-остаточных замороженных деформаций.

Одной из причин возникновения неровностей шпона является структурная неоднородность древесины. По ширине годичного слоя, особенно у хвойных, а также лиственных кольцесосудистых пород наблюдаются различия в плотности древесины. У рассеяннососудистых пород, в частности, у березы, также наблюдается разноплотность по ширине годичного слоя. В шпоне имеются участки как ранней, так и поздней древесины с разной плотностью и, следовательно, различной усушкой. Кроме того, из-за особенностей технологии лущения, а также пороков формы ствола, проявляется анизотропия усушки. На разных участках ширины листа образуются зоны, более или менее отклоняющиеся от строго тангенциального направления. Следует иметь в виду, что усушка шпона в тангенциальном направлении (по ширине листа) существенно больше, чем в радиальном, и при сушке до конечной влажности 5-10 % составляет 7-9 %, а в радиальном (по толщине листа) – 5-6 % (Куликов, 1976).

Экспериментальные исследования зависимости усушки от структурного направления были проведены на образцах березового шпона толщиной 1,5 мм, предоставленных фирмой «ЛАТХИ».

Типичная картина изменения степени тангенциальности на листе шпона представлена на рис. 1а. Мерой этого показателя может служить число годичных слоев n , размещающихся на 1 см ширины листа шпона. Можно видеть, что на участке шпона шириной 150 мм встречаются более радиальные (1 и 5) и более тангенциальные (3) зоны.

На рис. 2 показано, что с уменьшением числа годичных слоев n максимальная усушка β увеличивается, что свидетельствует о большей степени тангенциальности данного участка листа. Рис. 1б отражает распределение числа годичных слоев n , величины максимальной усушки β и угла наклона годичных слоев θ по ширине образца шпона.

Таким образом, наблюдается весьма существенная неоднородность усушки по ширине листа шпона.

Следует также учесть, что в процессе сушки лист шпона находится в объемном напряженном состоянии. При высокой температуре агента сушки наружные зоны снижают влажность за предел насыщения клеточных стенок $W_{\text{гн}}$ довольно быстро, и появляется значительный перепад влажности по толщине шпона. Поэтому средняя влажность начала усушки шпона соответствует 50 % и более, заметно отличаясь от общепринятых значений $W_{\text{гн}}$ (Уголев, 1966, Стерлин, 1977).

Наблюдается перепад влажности и по длине листа шпона. Концевые зоны листа снижают влажность ниже $W_{\text{гн}}$ раньше, чем основная зона листа. Аналогично образованию сушильных напряжений в досках, в конце второго периода сушки в концевых участках листа шпона возникают сжимающие напряжения. Из-за недостаточной жесткости этих участков появляются волнообразные неровности. Доказательством справедливости этой гипотезы является наблюдаемое в практике увеличение ширины приконцевых участков при их отрезании от основной части листа. На рис. 3 показано изменение профиля и ширины концевых участков (длиной вдоль волокон 50 мм) после их отрезания.

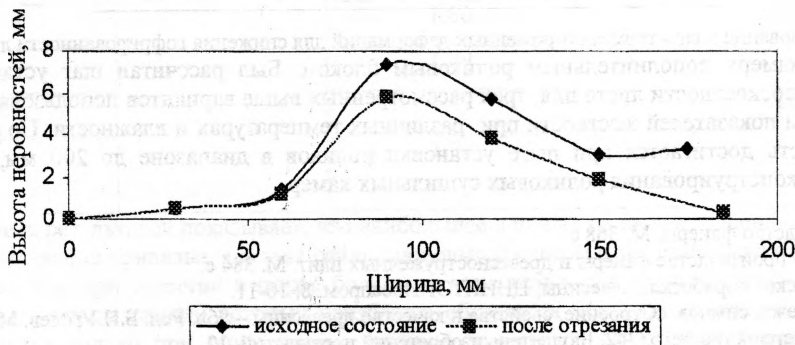


Рис. 3. Профиль и ширина концевых частей листа шпона до и после отрезания.

Таким образом, гофрированность листа шпона – результат влияния ряда причин, из которых основными являются неоднородная усушка листа шпона по ширине и сушильные напряжения по длине.

Экспериментальные исследования были проведены на березовом шпоне толщиной 1,5 мм, высушенном в ленточных сушилках. На образцах размером 240x240 мм было установлено, что высота неровностей изменялась от 0,7 до 17,3 мм и в среднем составляла 6,54 мм, а протяженность впадин и выпуклостей находилась в пределах от 60 до 300 мм, среднее значение равнялось 112,7 мм.

Были исследованы три варианта использования замороженных деформаций для предотвращения и устранения названного дефекта в ленточных сушильных камерах путем изменения влажности (1), температуры (2) и совместном изменении влажности и температуры (3).

Первый вариант предполагает наложение на имеющиеся остаточные деформации влагозамороженных деформаций обратного знака. Это возможно в случае, если процесс сушки проводить в два этапа. На первом этапе шпон следует высушить до промежуточной влажности в свободном состоянии, а затем, на втором этапе процесса, стесняя усушку, довести влажность до конечного значения. Тогда влагозамороженные деформации будут компенсировать остаточные деформации, полученные на первом этапе сушки. Проведенные эксперименты подтвердили такую возможность снижения гофрированности.

Второй вариант предусматривает наложение на имеющиеся остаточные деформации термозамороженных деформаций обратного знака. Это можно осуществить на стадии кондиционирования шпона после сушки. Охлаждение высушенного шпона под нагрузкой, приведет к образованию термозамороженных деформаций, которые будут компенсировать остаточные деформации, возникшие при сушке. Изменяя температурный интервал, величину прилагаемого усилия и скорость охлаждения, можно получить различную величину термозамороженных деформаций, и таким образом достичь требуемой степени снижения гофрированности. Были проведены эксперименты в разных температурных интервалах (135–20 °С, 110–20 °С, 90–20°С), которые также показали возможность снижения гофрированности.

По третьему варианту на имеющиеся остаточные деформации следует наложить комплексные термо-влажгозамороженные деформации обратного знака. Известно, что одновременное снижение и температуры и влажности, приводит к более значительному повышению жесткости, чем в случае последовательного их изменения, т.н. синергетическому эффекту. Нагрузку следует прилагать на конечной стадии процесса сушки, совмещая его с охлаждением. На рис. 4 показаны результаты эксперимента на образцах из березового шпона, который после сушки имел довольно значительные неровности. Проведенное под нагрузкой охлаждение в интервале от 100 до 20 °С, сопровождающееся снижением влажности на 0,6 %, привело к уменьшению высоты неровностей в среднем в 2,8 раза.

Каждый из трех предложенных вариантов предполагает действие нагрузки. Для предприятий, оснащенных ленточными сушилками, одним из путей повышения качества шпона может стать модернизация имеющегося оборудования и создание комбинированных ленточно-роликовых сушильных камер. Целесообразно оборудовать

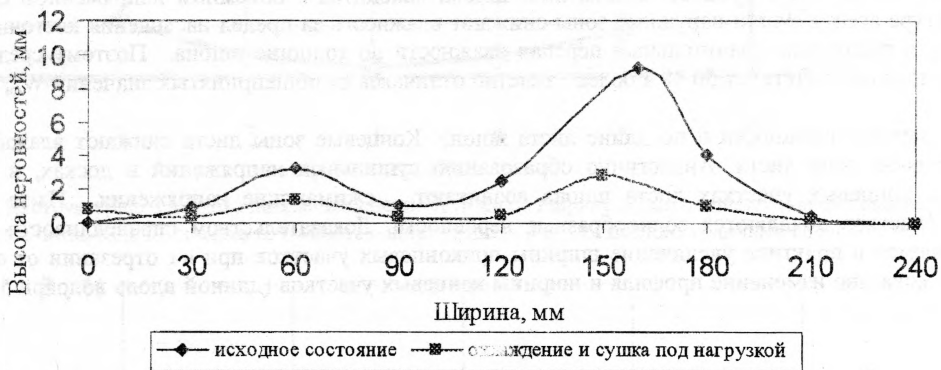


Рис. 4. Использование влаго-термозамороженных деформаций для снижения гофрированности листа шпона.

ленточную сушильную камеру дополнительным роликовым блоком. Был рассчитан шаг установки роликов для достижения требуемой плоскостности листа для трех рассмотренных выше вариантов использования замороженных деформаций по значениям показателей жесткости при различных температурах и влажности. По расчетным данным, наибольшая эффективность достигается при шаге установки роликов в диапазоне до 200 мм, что соответствует существующей практике конструирования роликовых сушильных камер.

ЛИТЕРАТУРА

- Куликов В.А. 1976. Производство фанеры. М. 368 с.
 Стерлин Д.М. 1977. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит. М. 384 с.
 Уголев Б.Н. 1966. Механическая обработка древесины, ЦНИИТЭИЛеспром. 8: 10-11.
 Уголев Б.Н. 1997. Тр. 2-го межд. симпоз. «Строение, свойства и качество древесины – 96». Ред. Б.Н.Уголев. М. 230-238.
 Шубин Г.С. 1964. Авт. свидетельство №163342. Бюллетень изобретений и открытий. 12.
 Gu L., Li D. 2001. Proc. of 7th Int. Wood Drying Conference. Eds. K. Hayashi, T. Hisada... Tsukuba, Japan. 154-157.
 Ugolev B.N. 1986. Proc. of the 2nd International Symposium on wood rheology. Rydzina, Poland. 5-14.
 Ugolev B.N. 1992. Proc. of 3rd IUFRO Wood Drying Conference. Ed. M. Vanek. Vienna, Austria. 11-17.
 Ugolev B.N., Skuratov N.V. 1992. Wood Science and Technology. 26, 3: 209-217.
 Ugolev B. N., Skuratov N.V. 1994. Proc. of 4th IUFRO Wood Drying Conference. Eds. A. Haslett, F. Laytner. Rotorua, New Zealand. 158-164.
 Ugolev B.N., Skuratov N.V., Gorbacheva G.A. 2002. Proc. of 4th IUFRO Symposium «Wood Structure and Properties '02». Eds. J. Kudela, S. Kurjatko. Zvolen, Slovakia. 145-149.

Резюме

Замороженные деформации, возникающие в нагруженной древесине при снижении ее влажности и температуры, наблюдаются при гнущей, сушке, прессовании древесины. Более подробно рассмотрены причины возникновения гофрированности шпона при сушке в ленточных сушильных камерах, главными из которых являются неоднородность усушки по ширине листа и сушильные напряжения по длине листа. Устранение возможно путем создания влаго- и(или) термозамороженных деформаций.

Abstract**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF WOOD DEFORMATIVE CONVERSIONS**

B.N. Ugolev, G.A. Gorbacheva, V.P. Galkin, P.A. Aksenov, Moscow State Forest University, Mytischy, Russia

Frozen strains arise under the control influence of load during decreasing moisture content and temperature of wood. They take place at wood bending, drying and compression. The causes of veneer waviness are considered more detailed. The main reasons are nonuniformity of shrinkage along the width of veneer and drying stresses along the sheet veneer length. It is possible to remove waviness by creating thermo- and (or) hygro-frozen strains.