

УДК 674.817-41

В.Е. Чибирев, Н.В. Липцев,  
Н.Я. Солечник  
(Ленинградская лесотехничес-  
кая академия им. С.М.Кирова)

## К ВОПРОСУ О ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННОЙ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИЖИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Для получения древесноволокнистой массы первичного размола в производстве ДВП наибольшее распространение получил метод гидротермической обработки щепы (пропаривание) с последующим ее размолом в камерах дискового типа. В этом случае в качестве основного оборудования применяется дефибратор, сочетающий в себе пропарочную и размольную камеры [1].

В отличие от гидротермической обработки щепы, применяемой в целлюлозно-бумажной промышленности (температура пропаривания до  $135^{\circ}\text{C}$  [2]), в производстве плит применяется высокотемпературная гидротермическая обработка ( $160-190^{\circ}\text{C}$ ) продолжительностью 1-8 мин. По данным Горинга и других исследователей [3,4] лигнин и вещества срединной пластинки в условиях пластифицирующего влияния насыщенного пара при температуре выше  $135^{\circ}\text{C}$  находятся в размягченном состоянии, что способствует лучшему отделению при размоле целых волокон. Исследования структуры поверхности волокон древесноволокнистой массы первичного размола с применением оптического и электронного микроскопов действительно показали малую степень повреждения поверхности волокон при размоле [5]. Поверхность большинства волокон равномерно покрыта слоем инкрустирующих веществ срединной пластинки.

При размоле пропаренной щепы в аппаратах дискового типа ее разрушение характеризуется как сдвиг поперек волокон [6], сопровождающийся сжатием и смятием клеточных стенок волокна.

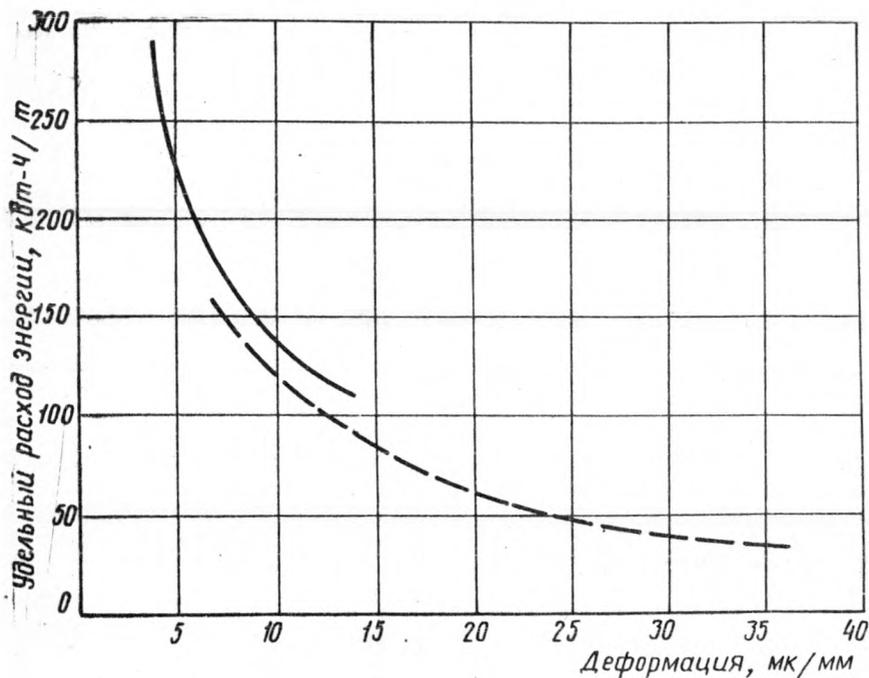


Рис. 1. Зависимость изменения расхода энергии на размол от полной деформации древесины при сжатии поперек волокон:

— ель, - - - береза.

До сих пор не имеется конкретных сведений о распределении температурных и временных эффектов при пропаривании древесины. Только при совместном глубоком исследовании обоих факторов можно говорить об их корреляции.

Казалось бы, что расход энергии на разлом такой щепы должен линейно снижаться с ростом температуры пропаривания, соответствуя увеличению пластических свойств веществ срединной пластинки, которые находятся за пределами температуры текучести, и упругими свойствами уже не обладают. Однако, как показали исследования, изменение расхода энергии на разлом щепы не соответствует линейной зависимости от температуры пропаривания [7], а находится в четкой гиперболической зависимости от деформации древесины (рис. 1) [8], которая в данных исследованиях определялась по скорости восстановления высоты образца древесины после сжатия поперек волокон. Основным параметром здесь является степень пластификации древесины. В этом виде испытаний древесины значительную роль играют также упругие и западающие упругие деформации вещества клеточной стенки волокна. Изменение степени полимеризации углеводного комплекса древесного волокна имеет ступенчатое снижение с ростом температуры пропаривания [9]. Ему соответствует изменение модуля упругости, замеренного методом вынужденных колебаний у образцов древесины с продольным направлением волокон [10], показывающее релаксационные переходы в тех же точках (рис. 2).

Однако общая деформация пропаренной древесины, замеряемая при сжатии поперек волокон непрерывно растет по экспоненциальной зависимости. По-видимому, это вызывается непрерывным ростом западающих упругих и пластических деформаций древесины. При ступенчатой деструкции углеводного комплекса клеточной оболочки древесного волокна такой рост западающих упругих деформаций может объясняться непрерывно растущим ослаблением связи между фибриллами клеточной стенки.

Принцип температурно-временной эквивалентности, сформулирован Уордом [11]. Большинство имеющихся литературных данных относится к изучению влияния температуры пропаривания на свойства древесины, и значительно меньше опубликовано результатов исследований влияния продолжительности пропаривания при данных условиях гидротермической обработки.

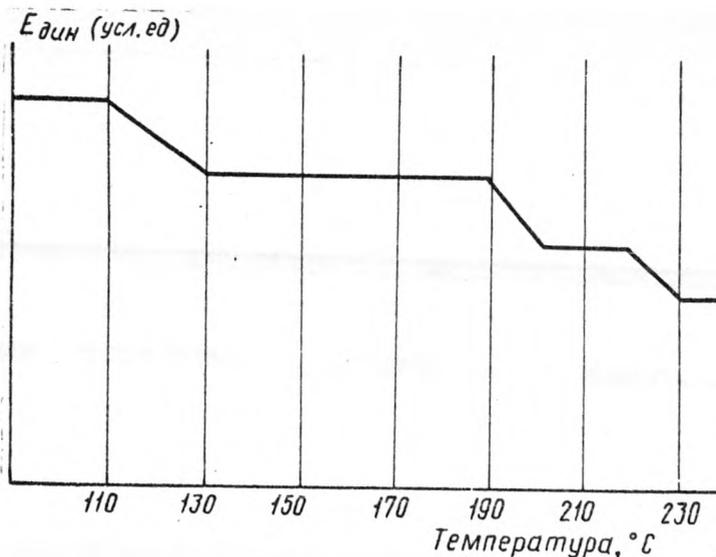


Рис. 2. Зависимость изменения динамического модуля упругости от температуры гидротермической обработки при испытаниях образцов древесины с продольным направлением волокон.

С этой целью были рассмотрены изменения модуля упругости образцов сосновой древесины с поперечным направлением волокон. Модуль упругости определяется методом вынужденных колебаний [12]. Размер образцов 200х20х5 мм. В установке использовался генератор типа ГЗ-49А.

Исследовались температуры пропаривания древесины от 90 до 200°C через каждые 10°C при постоянной продолжительности — 16 мин и продолжительностях пропаривания от 8 до 128 мин при 120, 140, 160, 180 и 200°C. Пропаривание образцов древесины проводилось в лабораторном 5-литровом автоклаве, после чего определялись необратимые изменения свойств древесины. Для этого пропаренные образцы погружались на 2 часа в холодную воду, чтобы сохранить максимальную влажность и прекратить протекающие в веществе древесины химические процессы.

Испытание одних и тех же образцов производилось дважды: до и после пропаривания, затем рассчитывался модуль. Результаты обобщались методом вариационной статистики [13]. Показатель точности составлял 5%. Полученные результаты представлены в табл. 1 и на рис. 3,4,5.

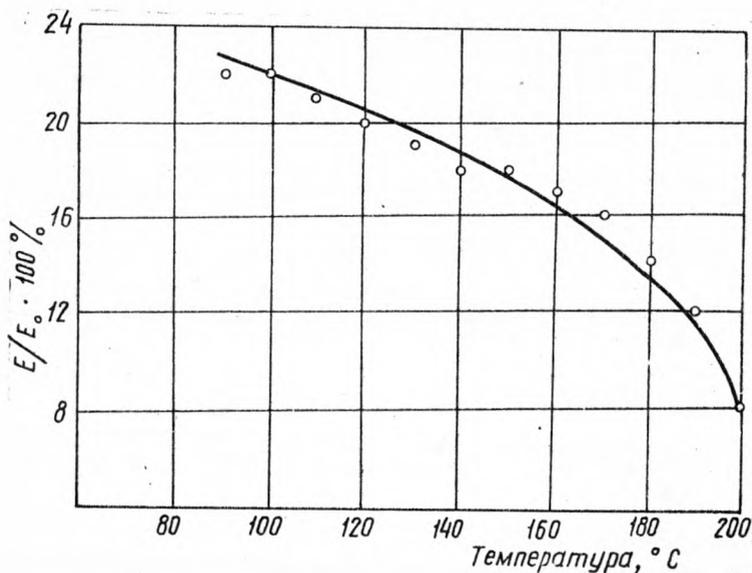


Рис. 3. Зависимость изменения динамического модуля упругости образцов сосновой древесины с поперечным направлением волокон от температуры.

Согласно рис. 3, происходит непрерывное уменьшение модуля упругости с ростом температуры пропаривания от 90 до 200°C. Получаемая зависимость близка к экспоненциальной. Релаксационных переходов на рассматриваемой кривой не наблюдается. Согласно теоретическим представлениям модуль упругости изменяется обратно пропорционально изменению

Т а б л и ц а 1

Показатели динамического модуля упругости сосновых образцов древесин с различным направлением волокон в зависимости от температуры

Наименование показателей	Температура пропаривания, °С *												τ = 16 мин	
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200		
E <sub>0</sub> до пропаривания, Н/мм <sup>2</sup>	199	102	99	267	250	228	250	225	211	210	216	214	Поперечное направление волокон	
	44	22	21	54	49	42	45	38	34	30	25	17		
E <sub>0</sub> после пропаривания, Н/мм <sup>2</sup>	22	22	21	20	19	18	18	17	16	14	12	8	Продольное направление волокон	
	-	-	-	-	-	2440	2350	2260	2190	2020	1940	-		

\* ) Резонансная частота для пропаренных образцов с поперечным направлением волокон колеблется в пределах 4-8Гц, а для образцов с продольным направлением волокон в пределах 25-35Гц

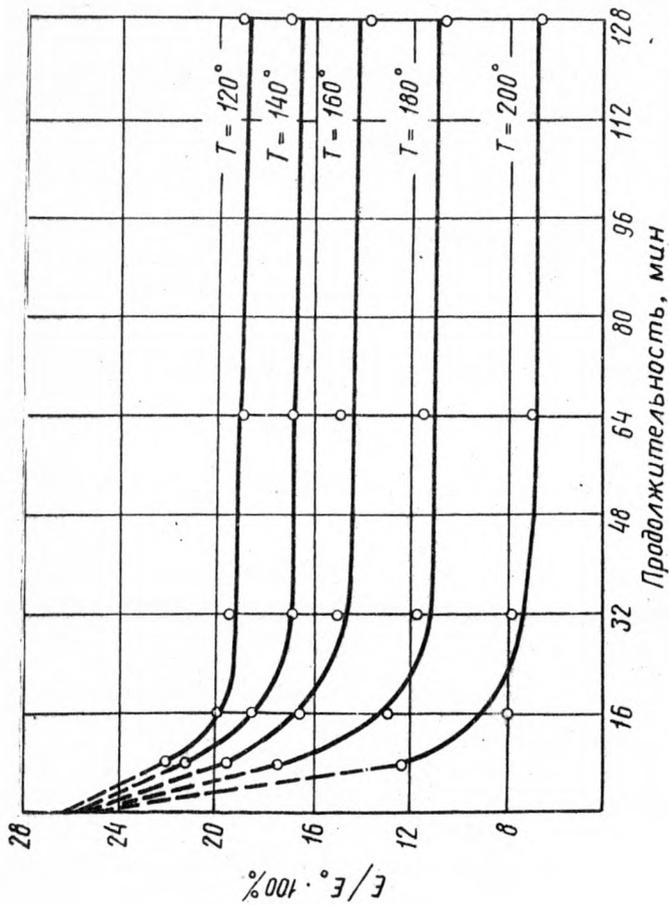


Рис. 4. Зависимость изменения динамического модуля упругости образцов сосновой древесины с поперечным направлением волокон от продолжительности обработки.

деформативности древесины, характеризуемой кривыми поллаучести. Из сказанного можно судить о росте деформационных свойств древесины по экспоненциальной зависимости с повышением температуры пропаривания.

Если сравнить полученные показатели модуля упругости образцов древесины с поперечным направлением волокон и показатели, полученные у образцов с продольным направлением волокон (табл. 1, 2), то можно заметить, что в первом случае модуль упругости значительно ниже по абсолютным значениям и составляет примерно 2-3% от второго.

На рис. 4, представлены зависимости изменения модуля упругости образцов сосновой древесины от продолжительности пропаривания при разных температурах. На оси ординат кривые сходятся в точке, соответствующей показателям увлажненной до максимальной влажности непропаренной древесины (выдержка в холодной воде в течение суток). С увеличением продолжительности пропаривания до 16-32 минут значения модуля упругости для всех температур значительно снижаются и тем больше, чем больше температура пропаривания. Дальнейшее увеличение продолжительности пропаривания до 128 мин. практически не оказывает влияния на изменение модуля упругости, который имеет лишь слабо выраженную тенденцию к снижению с ростом продолжительности пропаривания. Изменение динамического модуля упругости у образцов с продольным направлением волокон [10] в зависимости от продолжительности пропаривания, как и при изменении температуры пропаривания, показало ступенчатое снижение его показателей с увеличением продолжительности пропаривания. Получаемая резонансная частота у образцов с поперечным направлением волокон значительно ниже. Снижение резонансных частот указывает на смещение измеряемых свойств древесины в сторону западающих упругих и пластических деформаций. При этом виде испытаний превалирующее значение на показатели модуля упругости оказывает состояние межволоконных и мезофибриллярных связей в древесине. Кривые одинаковых модулей (рис. 5), построенные по результатам испытания образцов древесины с поперечным направлением волокон при суммарном влиянии температуры и продолжительности про-

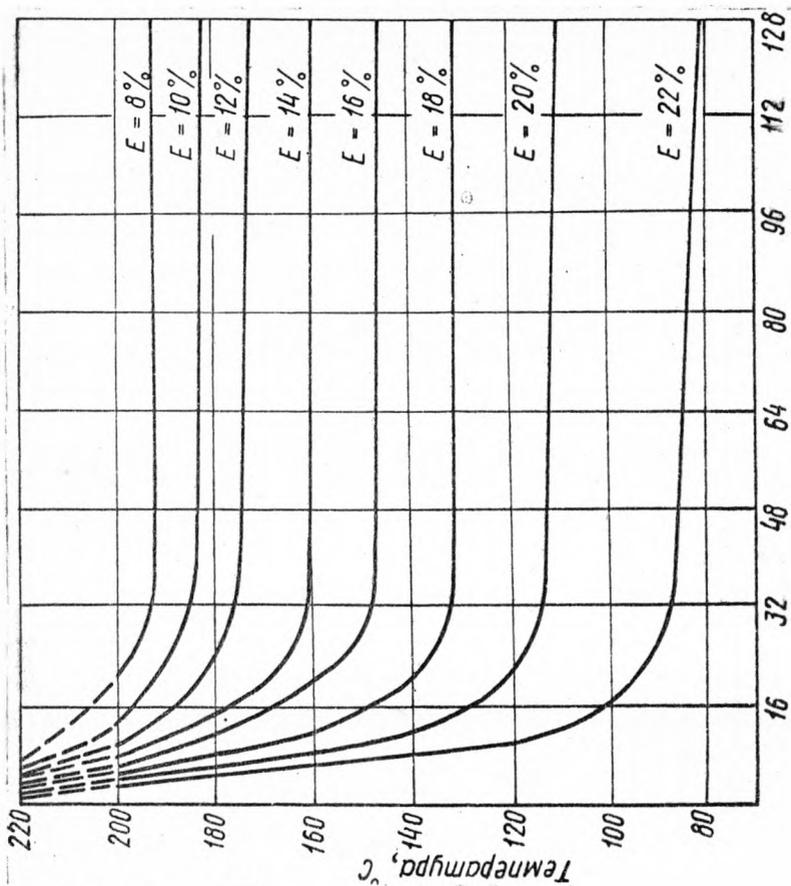


Рис. 5. Кривые одинаковых модулей для образцов сосновой древесины с поперечным направлением волокон для различных условий гидротермической обработки.

паривания, представляют собой экспоненты, стремящиеся слиться при бесконечно высоких температурах и идущие почти параллельно оси ординат. Расходятся экспоненты в интервале до 32-х минутного пропаривания. При увеличении продолжительности пропаривания свыше 32 мин одновременных пересечений температурных линий не наблюдается. Здесь уже завершаются химические процессы, протекающие при данной температуре, и для дальнейшего углубления химических процессов в древесине требуется новый подъем температуры. Как было показано выше, показатели динамического модуля упругости образцов древесины с продольным направлением волокон характеризуют состояние основного углеводного компонента древесного волокна-целлюлозы, несущей ответственность за прочность обработанного волокна. Показатели же его значений у образцов древесины с поперечным направлением волокон больше характеризуют состояние межволоконных связей в древесине и представляют практический интерес с точки зрения разделения щепы на волокна при размоле в аппаратах дискового типа.

Т а б л и ц а 2

Показатели динамического модуля упругости сосновых образцов древесины с различным направлением волокон в зависимости от продолжительности гидротермической обработки

Наименование показателей	Температура, °С	Продолжительность пропаривания, мин			
		16	32	64	128
$\frac{E}{E_0} \cdot 100 \%$	140	86,1	85,4	87,7	78,7
	160	90,8	89,2	82,2	75,2
	180	79,4	81,3	81,7	65,2

\*)  $E_0$  - значения показателей вымоченных в течение суток образцов непропаренной древесины

## В ы в о д ы

1. Динамический модуль упругости у образцов древесины с поперечным направлением волокон значительно ниже, чем с продольным направлением и более интенсивно снижается с усилением гидротермической обработки.
2. Резонансная частота колебаний у образцов с поперечным направлением волокон значительно ниже, чем с продольным направлением. Из measurable деформационных свойств древесины в этом виде испытаний наблюдают западающие упругие и пластические деформации.
3. Увеличение температуры пропаривания ведет к непрерывному снижению модуля упругости образцов древесины с поперечным направлением волокон. Снижение его значений происходит вначале медленно до температуры пропаривания  $160^{\circ}\text{C}$ , затем более быстро с увеличением температуры до  $200^{\circ}\text{C}$ . Релаксационные переходы в этом интервале температур пропаривания отсутствуют.
4. Увеличение продолжительности пропаривания при разных температурах ведет к снижению модуля упругости для образцов древесины с поперечным направлением волокон по экспоненциальным зависимостям с максимальным расхождением после 16-32-х минутного пропаривания. При дальнейшем увеличении продолжительности пропаривания значения модуля упругости почти не меняются.
5. Кривые одинаковых модулей, характеризующие температурно-временную эквивалентность гидротермической обработки образцов сосновой древесины с поперечным направлением волокон, имеют вид экспонент.

## Л и т е р а т у р а

1. Р е б р и н С.П., М е р с о в Е.Д., Е в д о к и м о в В.Г. Технология древесноволокнистых плит. М., "Лесная промышленность", 1971.
2. С е м и г и н П.С. Термомеханический способ производства древесной массы. "Бумажная промышленность", 1974, № 4.

3. Goring I. D'A. *Thermal softening of lignin, hemicellulose and cellulose. "Pulp, paper mag. of Canada" 1963, т.64, №12, 517-527.*

4. Bistedt I. *Stone groundwood refiner mechanical. "Pulp and paper ind", 1973, 15, №6, 39-43.*

5. Чиркова В. С., Липцев Н. В., Ласкеев П. X. Влияние фракций дефибраторной массы на качество древесноволокнистых плит - "Целлюлоза, бумага, картон", изд. ВНИИПИЭИлеспром, 1975, №5.

6. May W.D. *Attach D. A laboratory study of a new mechanical pulping process. "Pulp, paper mag. of Canada", 1965, №8, 422-435.*

7. Ласкеев П. X., Липцев Н. В. Расход энергии на размол щепы разных пород в дефибраторе. - "Химическая переработка древесины", изд. ЦНИИТЭИлеспром, 1967, №11.

8. Гаврилов М. П., Липцев Н. В., Ласкеев П. X. Энергозатраты при размол щепы из отходов лесозаготовок. - "Фанера и плиты", изд. ВНИИПИЭИлеспром, 1975, №3.

9. Липцев Н. В. Размол щепы в дефибраторах при производстве твердых древесноволокнистых плит сухим способом. Тезисы докладов. М., изд. ВНИИДМАШ, 1969.

10. Уханова Г. В., Ласкеев П. X., Липцев Н. В. Изменение реологических свойств древесины в процессе гидротермической обработки при производстве древесноволокнистых плит. - В сб.: "Технология и оборудование для производства древесных плит, малоэтажных стандартных деревянных домов и столярно-строительных изделий". Балабаново, изд. ВНИИДРЕВ, 1976, вып.6.

11. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров. М., "Химия", 1975.

12. Солечник Н. Я. Производство древесноволокнистых плит. М., "Лесная промышленность", 1963.

13. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. М., Изд-во АН СССР, 1967