

Разница в водо- и влагопоглощении между центральной и периферийной частью бруска объясняется тем, что в периферийной части находится большее количество гидрофобных продуктов термораспада мочевины, образующихся после термообработки. Эти продукты придают гидрофобные свойства модифицированной древесине.

В табл. 4 приведены значения максимального разбухания образцов дестама в различных направлениях.

Экспериментальные исследования показали, что прессованная древесина, как и натуральная, обладает стабильностью поглощения влаги из окружающей среды, стремлением достигнуть соответствующую данной среде равновесную влажность. Поглощение влаги вызывает разбухание и распрессовку материалов.

Как видно из табл. 4, разбухание образцов из центральной части бруска почти не отличается от разбухания образцов из торцевой части. Разбухание образцов в направлении, перпендикулярном прессованию, незначительно и составляет 3—4 %.

Следует отметить, что значения разбухания при водопоглощении близки, т. е. по сорбционным свойствам дестам ближе к натуральной древесине, чем к прессованной.

Таким образом, дестам, полученный совмещенным способом, имеет приведенную прочность в пределах 100...106 МПа при сжатии вдоль волокон при плотности 1000 кг/м³ и влажности 5 %; прочность в центральной части бруска на 6 % выше, чем в периферийной. Водо- и влагопоглощение дестама вдвое ниже, чем натуральной древесины, что характеризует дестам как материал повышенной гидрофобности. Разбухание дестама при водо- и влагопоглощении приближается к разбуханию натуральной древесины, но имеет большую анизотропию вследствие направленности уплотнения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. СТЗ 61821 СССР. Дестам / Бюл. № 11 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 11. [2]. Шамаев В. А., Гребенчиков А. В. Получение дестама совмещенным способом // Современные проблемы древесиноведения.— Воронеж.— 1981.— С. 280—282. [3]. Шамаев В. А., Сметанина Л. Н., Гаврилов Г. К. Прочностные и деформативные показатели древесины, модифицированной мочевиной // Лесн. журн.— 1977.— № 6.— С. 97—101. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 февраля 1984 г.

УДК 536.242

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ СВОЙСТВ И ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ КОРЫ ЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОКОМБИНАТОВ

В. Г. ГРОМОВ, Р. В. ЛУЦЫК, В. Л. ЛОМАЗОВ

Институт технической теплофизики АН УССР

Кора, получаемая в виде отходов на лесопильных, деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных комбинатах, — ценное технологическое многотоннажное сырье [1].

Сушка коры — одна из стадий технологии производства древесно-корьевых плит и других материалов и изделий [1]. Это сложный тепло-массообменный процесс, характер и интенсивность которого во многом зависят от поровой структуры коры и форм связи с корой и ее составляющими: коркой и лубом.

В 1981—1982 гг. в отделе теплообмена Института технической теплофизики (ИТТФ) АН УССР и на кафедре физики Киевского тех-

нологического института легкой промышленности (КТИЛП) изучали водоудерживающие свойства и поровую структуру коры ели, отобранной на участках корообдирки трех комбинатов: Калининградского целлюлозно-бумажного комбината (ЦБЗ-2), Берегометского и Выгодского лесокOMBинатов (ЛК).

Для исследований применяли два независимых метода: термографический [3] и сорбционный [5]. Термографические исследования проводили при температуре 100°C в условиях естественной конвекции на образцах, представляющих собой пластины $40 \times 40 \times 2$ мм или кусочки размером $2 \dots 3$ мм. Образцы массой около 2 г засыпали в кювету и максимально увлажняли. На ленте потенциометра регистрировали кривые убыли массы образцов, изменения их температуры в процессе сушки и контрольную кривую температуры среды. Измерения и регистрацию температуры и убыли массы проводили с высокой точностью — $0,09^{\circ}\text{C}/\text{мм}$ ленты и $2,5 \text{ мг}/\text{мм}$ ленты.

Результаты опытов по сушке представлены в таблице и на рис. 1 и 2. Начальное влагосодержание $W_{\text{нач}}$ образцов коры Выгодского ЛК почти в 2 раза выше, чем Берегометского ЛК, что объясняется более высоким влагосодержанием корки, так как значения $W_{\text{нач}}$ образцов

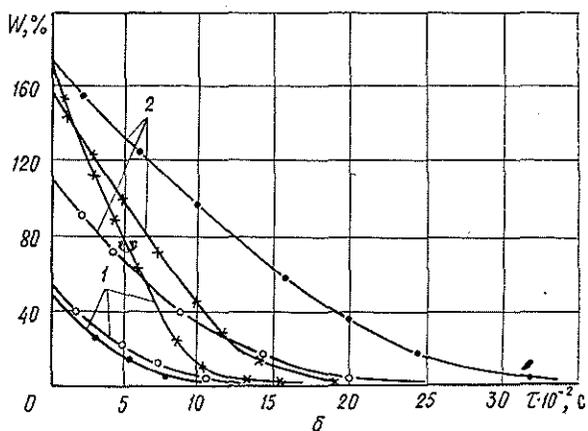
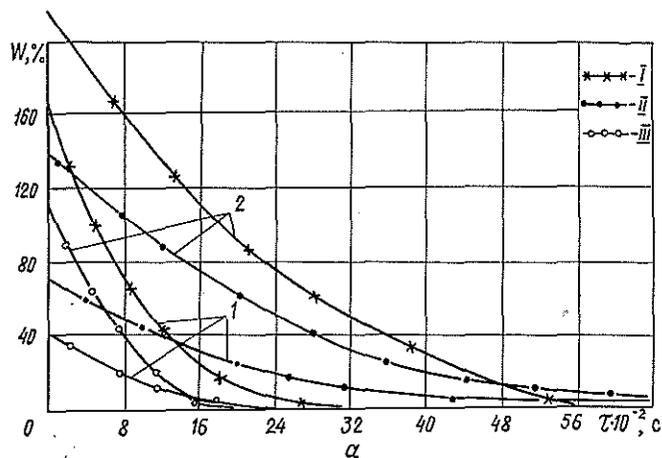


Рис. 1. Зависимость влагосодержания W образцов от продолжительности сушки τ ; а — пластины $40 \times 40 \times 2$ мм: 1 — Берегометский ЛК; 2 — Выгодский ЛК; б — фракция $2 \dots 3$ мм: 1 — Берегометский ЛК; 2 — Выгодский ЛК; I — луб; II — кора; III — корка

Водоудерживающие свойства образцов (в числителе — данные для пластины; в знаменателе — для кусочков размером 2...3 мм)

Лесокомбинат	Образец	Дифференциальное влагосодержание, %								Влага, %		Удельная поверхность, м ² /г	
		Полная влагосодержимость	Гигроскопическая влага (максимальное количество)			Адсорбированная влага				макропор	микропор	по термограммам	по изотермам
			в эксикаторе	по термограммам	по изотермам	Полислой		Монослой					
						по термограммам	по изотермам	по термограммам	по изотермам				
Берегомеский	Кора	276	—	71,7	—	17,7	—	2,9	—	204,3	54,0	101	—
		283	76,4	78,3	45	15,3	16,5	2,7	3,0	204,7	63,0	95	105
	Корка	123	—	61,3	—	12,4	—	2,2	—	61,7	48,9	77	—
		192	54,8	59,0	—	13,9	—	2,4	—	133,0	45,1	84	—
	Луб	295	—	76,0	—	16,2	—	4,5	—	219,0	59,8	157	—
		325	78,0	85,2	—	20,2	—	3,2	—	239,8	65,0	112	—
Выгодский	Кора	218	—	80,2	46	16,6	—	3,7	—	137,8	63,4	130	—
		262	85,8	84,1	—	14,5	—	4,5	3,2	157,9	69,6	157	—
	Корка	201	—	71,0	—	12,6	15,0	4,4	—	130,0	58,4	154	—
		203	74,3	69,3	—	11,5	—	4,1	—	132,3	57,8	144	—
	Луб	318	—	89,1	—	20,2	—	4,6	—	228,9	68,9	161	—
		363	98,5	91,5	—	16,5	—	3,5	—	271,5	75,0	123	—
Калининградский 1982 г.	Кора	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		219	55,4	56,6	56	14,3	15,0	2,2	3,0	162,4	42,3	77	105
	Корка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		235	—	53,4	—	14,5	—	2,0	—	181,6	38,9	70	—
	Луб	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		256	—	56,3	—	18,5	—	2,0	—	199,7	37,9	70	—

Луба отличаются мало. Оформление технологических линий этих комбинатов различно: на Выгодском ЛК баганы подаются на корободлирку из бассейна, на Берегомеском — после сухой сортировки.

Анализ кривых рис. 1 показал, что длительность сушки образцов корки значительно меньше, чем луба и коры. Измельчение образцов до кусочков 2...3 мм ускоряет процесс сушки в 2...3 раза. В начале процесса сушки на кривых наблюдается незначительный прямолинейный

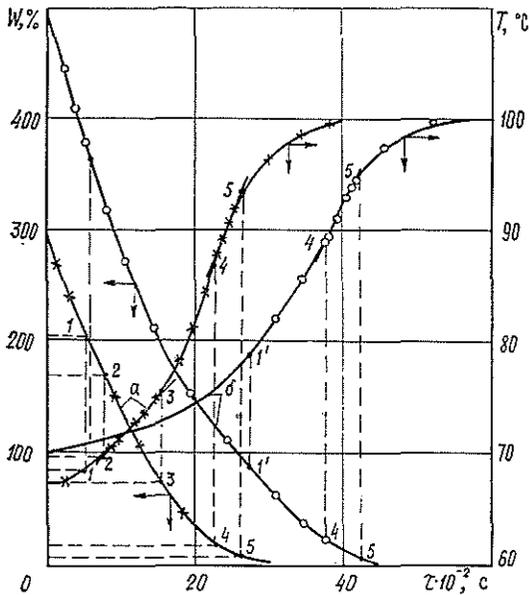


Рис. 2. Термограммы и кривые сушки образцов: а — корка; б — луб

Форма термограмм только качественно характеризует состояние влаги в образцах и их пористую структуру. Количественная характеристика дифференциального влагосодержания и пористой структуры исследуемых материалов приведены в таблице. Здесь представлены значения влагосодержания образцов, соответствующие определенному состоянию влаги в теле и полученные путем обработки термограммной кривой и кривой сушки.

Влагосодержание в критической точке $W_n, \%$, определяли по формуле

$$W_n = \frac{P_w - P_{сух}}{P_{сух}} 100, \quad (1)$$

где P_w — масса влажного образца в момент времени, соответствующий критической точке на термограмме, г;

$P_{сух}$ — масса сухого образца, г.

По количеству влаги адсорбированного монослоя определяли удельную поверхность образцов (см. табл.).

В таблице приведены также относительные объемы воды в макро- и микропорах образцов и значения удельной поверхности образцов $\frac{dS}{dM}$, м²/кг, вычисленные по формуле:

$$\frac{dS}{dM} = \frac{N_A S_{эф}}{\mu} W_5. \quad (2)$$

Здесь N_A — число Авогадро;

$S_{эф}$ — эффективная площадь молекулы жидкости (для воды $S_{эф} = 11 \cdot 10^{-20}$ м²);

μ — молярная масса жидкости, кг/моль;

W_5 — влагосодержание образца, соответствующее монослою, кг/кг.

В дополнение к термограммным и сорбционным исследованиям образцов их максимальную гигроскопичность определяли весовым мето-

дом после длительного хранения (более 2 недель) в эксикаторе над водой, т. е. при относительной влажности воздуха $\varphi \rightarrow 1$.

Сорбционные исследования проводили по известной методике [5] на основе тензометрического метода Мак-Бэна [2] при температуре 20 °С. Перед опытом образцы в количестве 300...400 мг предварительно высушивали в термостате при температуре 105 °С в течение 4...5 ч.

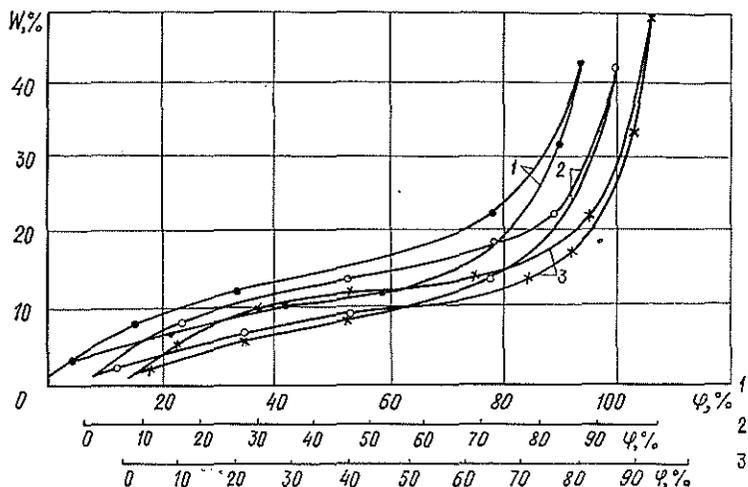


Рис. 3. Изотермы сорбции—десорбции образцов коры ели: 1—Калининградский ЦБК; 2—Берегометский ЛК; 3—Выгодский ЛК

Анализ кривых рис. 3 показал, что сорбционные свойства коры ели, взятой с разных лесокombинатов, сходны. Форма изотерм и их гистерезис подтверждают, что исследуемые материалы относятся к группе коллоидных капиллярно-пористых тел, для которых характерны эластичные и неравномерные по диаметру макропоры.

Более детальное представление о распределении объемов (или поверхности) пор по размерам было получено в результате вычислений по теории капиллярной конденсации, исходя из сорбционных ветвей изотерм адсорбции.

Согласно уравнению Кельвина, зависимость эффективного радиуса пор r от φ определяется формулой [2]:

$$r = \frac{2V\sigma}{RT \ln 1/\varphi}, \quad (3)$$

где V — молярный объем воды, м³/моль;

σ — поверхностное натяжение воды, Н/м;

R — универсальная газовая постоянная, Дж · моль⁻¹ · К⁻¹;

T — температура, К.

Зная зависимость $W = f(\varphi)$, по формуле (3) определяем r и строим интегральную кривую распределения пор по размерам $W = f(r)$, а при графическом дифференцировании ее получаем кривую распределения объема пор по величине их эффективных радиусов $\frac{dW}{dr} = f(r)$.

Интегральные и дифференциальные кривые распределения пор по размерам приведены на рис. 4. Анализ этих кривых показал, что метод изотерм сорбции — десорбции позволяет дать характеристику микропор в диапазоне от 0,5 до 10 нм, что составляет часть спектра микропор, но наиболее важную, сорбирующую основную массу влаги, содержащейся

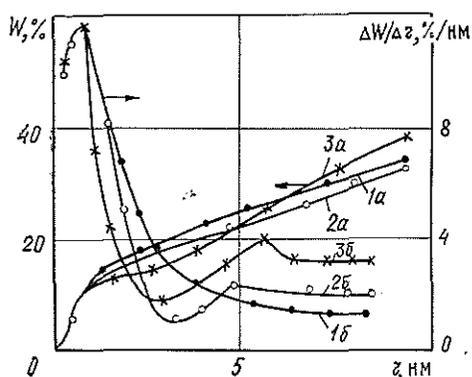


Рис. 4. Интегральные (а) и дифференциальные (б) кривые распределения пор по размерам образцов ели: 1 — Выгодский ЛК; 2 — Берегометский ЛК; 3 — Калининградский ЦБК

в микропорах. Максимум дифференциальных кривых распределения пор по размерам приходится на ультрамикропоры радиусом 0,5...0,7 нм.

Обобщая результаты термографических и сорбционных исследований коры ели и ее составляющих, следует отметить, что значения одинаковых характеристик поровой структуры, полученные этими независимыми методами, дают, в основном, хорошее совпадение. Различие значений гигроскопической влаги, полученных термографическим и сорбционным методами, объясняется предварительным высушиванием материала перед опытом в этом методе.

Комплексный анализ данных, полученных в результате проведенных исследований, позволяет сделать следующие выводы.

1. Дифференциальные водоудерживающие свойства образцов коры, корки и луба ели, высушенных в виде крупных кусочков (пластин) размером $40 \times 40 \times 2$ мм или измельченных до размера 2...3 мм, практически одинаковы. Их полная влагоемкость лежит в пределах 250...300 %, при этом влагоемкость луба значительно (в 1,5...2 раза) выше, чем влагоемкость корки. Измельчение увеличивает только полную влагоемкость образцов за счет повышения объемов макропор, образующихся между отдельными кусочками.

2. Наиболее гигроскопичны образцы ели Выгодского ЛК, к ним близки по гигроскопичности образцы Берегометского ЛК, взятые для исследований непосредственно с лесокombинатов, а наименьшее количество гигроскопической влаги имеют образцы Калининградского ЦБЗ-2, которые перед исследованиями были предварительно высушены. В результате сушки в структуре образцов ели Калининградского ЦБЗ-2 произошли необратимые изменения, в результате их гигроскопичность, объемы макропор и, особенно, микропор уменьшились.

3. Количество влаги в макропорах (куда входит и осмотическая влага) образцов ели значительно выше, чем в микропорах, т. е. этот материал имеет сильно развитую макропоровую структуру.

4. Объемы микропор образцов корки и луба почти одинаковы, но объемы ультрамикропор образцов луба, заполняемых по механизму поли- и мономолекулярной адсорбции, больше. В результате гигроскопичность луба как коллоидного капиллярно-пористого тела выше, чем корки; за счет более развитой ультрамикропоровой структуры удельная поверхность образцов луба также выше, чем образцов коры.

5. Поровая структура высушенных образцов ели Калининградского ЦБЗ-2 после годичного хранения практически не изменилась. Снижилось только количество влаги в монослое, т. е. уменьшился объем ультрамикропор, за счет чего произошло уменьшение удельной поверхности образцов коры ели и ее составляющих: корки и луба.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Веретенник Д. Г. Использование древесной коры в народном хозяйстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 120 с. [2]. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость.— М.: Мир, 1971.— 386 с. [3]. Казанский М. Ф. Исследования кинетики тепло- и массообмена капиллярно-пористых материалов в процессе сушки: Дис. ... д-ра техн. наук.— Минск, 1960.— 349 с. [4]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968.— 470 с. [5]. Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии/ Под ред. А. В. Киселева, В. П. Древинга.— М.: Изд. МГУ, 1973.— 446 с.

Поступила 30 сентября 1986 г.

УДК 630*812.7

К МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ФЕНОЛЬНЫХ КЛЕЯХ

Ю. М. ИВАНОВ, Ю. Ю. СЛАВИК
ЦНИИ строительных конструкций

В отличие от соединений на клею плотных материалов разрушение клеевых соединений древесины не носит чисто адгезионного характера, что объясняется чрезвычайно развитой поверхностью контакта клея с древесной тканью. В связи с этим следует выяснить, не являются ли отмечаемые иногда случаи сниженной длительной прочности клеевых соединений результатом когезионного разрушения клеевой прослойки в результате меньшей ее прочности сравнительно с древесиной.

Длительную прочность древесины выражаем уравнением [2]

$$\lg t = \lg A - \alpha \sigma \quad (1)$$

(где t — время до разрушения, с; σ — напряжение, МПа; A и α — постоянные (см. ниже)) и изображаем прямой $\lg t(\sigma)$ на графике $\lg t, \sigma$ (рис. 1, а), которая аппроксимирует экспериментальные данные со следующими найденными по размахам доверительными интервалами: 1 — на растяжение вдоль волокон возрастающей нагрузкой древесины лиственницы (влажность $\omega = 14,7\%$, размах доверительного интервала — $\pm 3,4\%$) [9]; 2 — на изгиб длительной нагрузкой в течение до 5 лет лжетсуги ($\omega = 12\%$, размах доверительного интервала — $\pm 3,6\%$) [15]; 3 и б — на сжатие вдоль волокон возрастающей нагрузкой сосны (соответственно $\omega = 15\%$, размах доверительного интервала — $\pm 2,10\%$ и $\omega = 30\%$, размах доверительного интервала — $\pm 2,04\%$) [7]; 4 — на изгиб медленно возрастающей нагрузкой сосны (высота сечения $h = 2$ см, $\omega = 30\%$, размах доверительного интервала — $\pm 2\%$) [6, 7]; 5 — на изгиб медленно прилагаемой ступенчатой нагрузкой тсуги ($h = 15,2$ см, $\omega = 10\%$; размах доверительного интервала — $\pm 5\%$) [6, 13] (доверительная вероятность 0,95); 7 — на сдвиг при кручении трубчатых образцов ступенчатой нагрузкой лжетсуги ($\omega = 10 \dots 12\%$, размах доверительного интервала — $\pm 5,59\%$) [14] (доверительная вероятность 0,90).

Время t для возрастающей нагрузки до разрушения определяем по продолжительности испытания t'_1 из выражения

$$t = \frac{t'_1}{2,3(\lg A - \lg t)}, \quad (2)$$

решаемого последовательными приближениями; нагружение ступенями при достаточном их числе приближенно приравняем испытанию со средней постоянной скоростью [6].