

ЛУРМ-1600 управление лазерным резаком и раскройным столом осуществляется при помощи УЧПУ типа H22-1M. Носитель информации—восьмидорожечная перфолента, содержащая коды ISO управляющих символов входного языка УЧПУ. Таким образом, вычислительный комплекс на базе IBM PC используется как для нахождения рационального раскроя и эффективной траектории, так и как система подготовки данных для УЧПУ. Для подготовки перфоленты вычислительный комплекс расширен путем подключения перфоленты ленточного типа ПЛ-150М. Все указанные программы функционируют в среде MS-DOS.

Анализ работы комплекса показал его эффективность для оперативного управления технологическим процессом раскроя при небольших партиях деталей и частой смене их номенклатуры в условиях опытного и мелкосерийного производства. Опытная промышленная выработка проведена на Заволжском КФО с годовым экономическим эффектом 55 тыс. р.

Разработанный автоматизированный комплекс использовали для управления технологическим процессом лазерного раскроя деталей механики пианино. Переход на лазерную технологию позволяет существенно упростить получение деталей и достичь экономии древесины граба. Экономический эффект составил 21 тыс. р. в год.

Элементы разработанного комплекса можно успешно применять для диалогового проектирования раскроев в мебельной и фанерной промышленности, позволяющего в реальных практических задачах получать коэффициенты раскроя не ниже 93 %, а также для проектирования траекторий резания при лазерной, газовой, эль-дуговой резках материалов, обеспечивающего наиболее производительный режим работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—Новосибирск: Наука, 1971.—320 с. [2]. Математическое обеспечение расчетов линейного и прямоугольного раскроя: Тез. докл.—Уфа: Изд-во УАИ, 1980.—129 с. [3]. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.—М.: Машиностроение, 1984.—176 с.

Поступила 20 февраля 1991 г.

УДК 624.011.14 : 624.042.1/3

### СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕСТНОМУ СМЯТИЮ ПОД УГЛОМ К ВОЛОКНАМ

*В. В. ЛАБУДИН, Р. Б. ОРЛОВИЧ, Т. Н. БАЗЕНКОВ*

Ленинградский инженерно-строительный институт  
Брестский политехнический институт

Современное строительство предъявляет повышенные требования к строительным материалам, конструкциям и изделиям из древесины.

Конструкция из клееной древесины, по сравнению с металлическими и железобетонными, имеют меньшую монтажную массу, большую прочность и жесткость при высокой надежности и долговечности, ниже энергозатраты на их производство. В то же время зависимость свойств древесины от ее строения и пороков, значительный расход качественных пиломатериалов, ползучесть при длительном нагружении и др. ограничивают область применения деревянных клееных конструкций (ДКК).

Большое разнообразие конструкций из клееной древесины определяется анизотропией ее упругих и прочностных свойств. В последнее время наблюдается повышенный интерес к разработке новых методов расчета и испытаниям пиломатериалов и ДКК в нашей стране [2, 5, 8, 10] и за рубежом [11].

Несущая способность многих деревянных конструкций определяется прочностью узловых соединений элементов, зависящей от местных напряжений, характера их распределения, наличия концентраторов. Сопряжение элементов в узлах может осуществляться примыканием элементов друг к другу и к металлическим частям не всей торцевой поверхностью, а только ее частью. Влияние концентрации напряжений, возникающих в местах соединений при передаче усилия от одного элемента к другому в форме местного смятия (сжатия) под углом к волокнам, недостаточно изучено.

Попытка выявить действие концентраторов была сделана в работе [1]. Однако в этой работе не было учтено влияние угла наклона волокон древесины к направлению усилия. Этот вопрос не решает также и СНиП II-25—80 [9], который принимает во внимание местное смятие только для приложения нагрузки перпендикулярно волокнам древесины, а под углом — косвенно.

Для определения влияния местных нагрузок на напряженное состояние элементов необходимо выяснить характер распределения контактных напряжений. Эта задача весьма сложна и поддается решению лишь методами теории упругости [6].

Установлено [1], что вблизи торцевой поверхности, загруженной местной нагрузкой, под кромками штампа возникает значительная концентрация нормальных и касательных напряжений, оказывающая решающее влияние на несущую способность узла, что при инженерных расчетах не учитывается.

Исследование проводили с использованием метода конечных элементов по программе, разработанной в Брестском политехническом институте совместно с ЦНИИПромзданий применительно к ЭВМ ЕС-1022 [7].

Расчетные схемы деревянных элементов при местном смятии под углом к волокнам представлены на рис. 1: отношение ширины образца к ширине штампа  $a/c = 3$  ( $c/a = 0,33$ ); угол между направлением си-

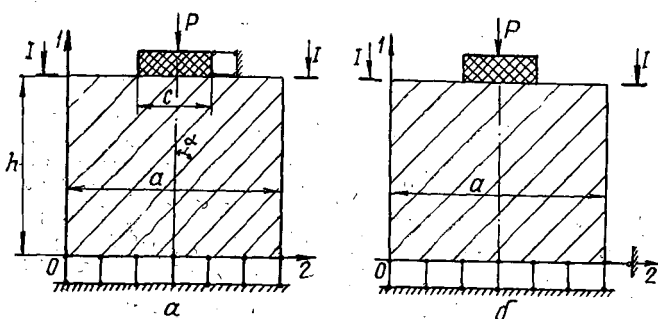


Рис. 1. Расчетные схемы приложения к образцам штамповой нагрузки по первой (а) и второй (б) схемам нагружения

лы и направлением волокон  $\alpha = 45^\circ$ ; упругие постоянные для древесины  $E_0 = 10\,000$  МПа,  $E_{90} = 400$  МПа,  $G = 500$  МПа,  $\nu_1 = 0,50$ ,  $\nu_2 = 0,02$ ; для металла  $E = 210\,000$  МПа,  $G = 81\,000$  МПа,  $\mu = 0,30$  в предположении упругой работы древесины с учетом жесткого соедине-

ния штампа с ней. Согласно данным расчета строили эпюры напряжений по сечению I—I (рис. 2).

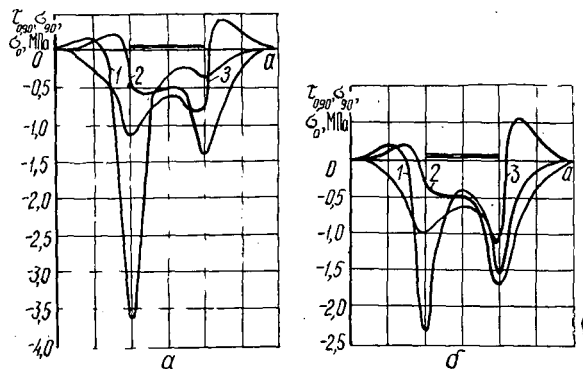
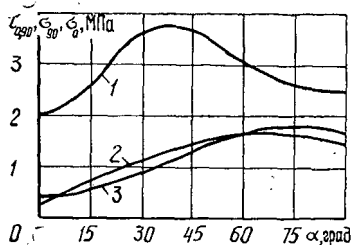


Рис. 2. Эпюры напряжений в сечении I—I по первой (а) и второй (б) схемам загрузки:  
1 —  $\sigma$ ; 2 —  $\sigma_{90}$ ; 3 —  $\tau_{0,90}$

Анализ эпюр показывает, что характер распределения напряжений почти одинаков. Аналогичные эпюры были получены для углов 0, 15, 30, 60, 75 и 90°, по которым определяли максимальные значения нормальных напряжений вдоль  $\sigma_0$  и поперек  $\sigma_{90}$  волокон древесины, а также скалывающих напряжений  $\tau_{0,90}$ . На основании этих данных строили графики зависимости максимальных значений напряжений от  $\alpha$  (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость максимальных значений напряжений от угла  $\alpha$ : 1 —  $\sigma_0$ ; 2 —  $\sigma_{90}$ ; 3 —  $\tau_{0,90}$



Из приведенных зависимостей видно, что они имеют максимальные значения при  $\alpha = 30 \dots 60^\circ$ . Значения  $\sigma_{90}$  (кривая 2) медленно увеличиваются до  $\alpha = 45^\circ$ , затем их рост ускоряется, достигая максимума при  $\alpha = 60^\circ$ , и далее они медленно уменьшаются. Величина  $\sigma_0$  возрастает, достигая максимума при  $\alpha = 45^\circ$ , далее рост прекращается и начинается их спад до  $\alpha = 90^\circ$ . Значения  $\tau_{0,90}$  наиболее быстро растут при изменении  $\alpha$  от 0 до 45°. Затем рост напряжений затухает, достигая максимума при  $\alpha = 75^\circ$ . Исходя из такой зависимости, следует ожидать резкого уменьшения прочности древесины при увеличении угла  $\alpha$  до 45° и постепенного — до 90°.

При смятии древесины под углом к волокнам должна существовать граница, на которой наблюдается переход от одного вида разрушения к другому. Учитывая, что в этом случае происходит прижим одних волокон к другим, за счет увеличения  $\sigma_{90}$  (рис. 3), и возрастание прочности древесины на сдвиг, можно сказать, что такой границей является угол от 40 до 50°.

Разрушение древесины при смятии (сжатии) под углом к волокнам происходит в результате пластического разрушения или скалывания [4].

Поэтому можно считать, что угол  $40 \dots 50^\circ$  — граница между хрупким и пластическим разрушениями. По данным работы [12], древесина при сжатии вдоль волокон в основном разрушается от сдвига, а при смятии поперек волокон ведет себя как упругопластический материал. Значит, смятию под углом от  $0$  до  $45^\circ$  свойственно разрушение хрупкое, а под углом от  $45$  до  $90^\circ$  — пластическое.

Этот вывод сделан с учетом упругой работы древесины в обоих направлениях — вдоль и поперек волокон. Так как предел прочности поперек волокон значительно ниже предела прочности вдоль волокон, а древесина при сжатии поперек волокон ведет себя как пластичный материал, дальнейшие расчеты проводили с учетом работы древесины за пределом упругости, которую описывали идеализированной диаграммой Белянкина — Прагера.

Решение упругопластической задачи осуществляли шаговым методом загрузки с помощью специальной программы на ЭВМ ЕС-1022 [7]. По расчетным данным строили график зависимости  $N = f(\Delta\delta)$ , где  $\Delta\delta$  — приращение вертикального перемещения штампа, вызванное приращением нагрузки на  $\Delta N$ .

Используя методику стандартных испытаний древесины, изложенную в ГОСТ 21554.7—78 [3], и «Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций» [8], определяли по графику  $N = f(\Delta\delta)$  нагрузку  $N_{I-II}$ , при которой резко возрастают деформации, т. е. начинается явное отклонение от линейного характера. Эту нагрузку принимали за разрушающую.

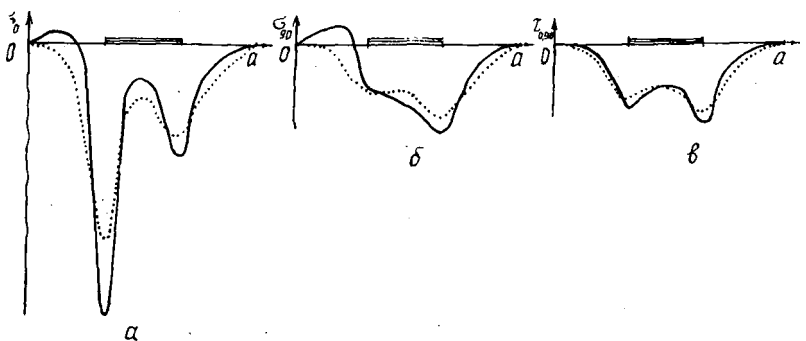


Рис. 4. Изменение нормальных напряжений вдоль (а) и поперек (б) волокон и касательных напряжений (в) при  $c/a = 0,33$ ,  $\alpha = 45^\circ$  (сплошные линии — с учетом упругой, а пунктирные линии — с учетом упругопластической работы древесины)

Характер приведенных на рис. 4 элюр напряжений, действующих в сечении I—I при нагрузке  $N_{I-II}$ , указывает на то, что учет пластической работы древесины вызывает снижение концентрации напряжений, особенно для  $\sigma_{90}$ . Переход древесины в пластическое состояние начинается под кромкой штампа, где концентрация напряжений  $\sigma_{90}$  больше.

Однако локальное проявление пластичности не влияет на линейный характер функции  $N = f(\Delta\delta)$ . Предельное состояние наступает тогда, когда часть рассматриваемого сечения древесины переходит в пластическое (неупругодеформируемое) состояние, а напряжения под штампом распределяются почти равномерно. Это характерно для  $\alpha > 45^\circ$ , а для  $\alpha < 45^\circ$  наблюдается хрупкое разрушение от скалывания или разрыва поперек волокон. Следовательно, диапазон  $40 \dots 50^\circ$  является границей, характеризующей переход одного вида разрушения в другой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аганин В. И. Исследование скалывающих напряжений в узлах деревянных конструкций при приложении усилий на части торца сопрягаемых элементов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—М., 1976.—21 с. [2]. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. / Под ред. Б. Н. Уголева.—М.: Лесн. пром-сть, 1989.—296 с. [3]. ГОСТ 21554.7—78 (СТ СЭВ 2022—79). Пиломатериалы и заготовки. Метод определения предела прочности при смятии поперек волокон.—Введ. 01.01.80.—М., 1978.—5 с. [4]. Иванов Ю. М. О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале: Тр. Ин-та леса.—М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949.—Т. IV.—С. 195—218. [5]. Иванов Ю. М. Основные принципы испытания клееных деревянных конструкций // Деревообработ. пром-сть.—1974.—№ 2.—С. 10—12. [6]. Мухомелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Основные уравнения. Плоская теория упругости. Кручение и изгиб.—М.: Изд-во АН СССР, 1954.—647 с. [7]. Орлович Р. Б. Решение плоской контактной задачи для анизотропного тела МКЭ // Конструкции из дерева и пластмасс.—Л.: ЛИСИ, 1983.—С. 91—96. [8]. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1981.—40 с. [9]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.—М.: Стройиздат, 1982.—65 с. [10]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—246 с. [11]. Справочное руководство по древесине. Лаборатория лесных продуктов США / Пер. с англ. Я. П. Горелика, Т. В. Михайловой. Под ред. С. Н. Горшина.—М.: Лесн. пром-сть, 1979.—544 с. [12]. Хухрянский П. Н. Прочность древесины.—М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955.—151 с.

Поступила 1 июня 1990 г.

УДК 674.053

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАМНЫХ ПИЛ

В. В. СОЛОВЬЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Существующие методы оценки работоспособности дереворежущих пил, основанные на детерминистических подходах по классическим теориям прочности или с учетом процесса разрушения, дают осредненные значения показателей надежности, которые не позволяют учитывать во всей полноте обширный комплекс факторов, имеющих в основном случайный характер. В связи с этим представляется необходимым решить задачу оценки надежности пил в вероятностном аспекте.

Опыт эксплуатации рамных, ленточных и круглых пил показывает [6], что возникновение аварийного состояния происходит из-за развития трещин. При этом процесс разрушения — длительный, что определяет необходимость оценки работоспособности инструмента с позиций механики разрушения. В детерминистической постановке такой подход развивался в работах [4, 6].

Условие безопасной работы пилы выглядит следующим образом:

$$l \leq \delta, \quad (1)$$

где  $l$  — длина трещины к концу периода стойкости;  
 $\delta$  — толщина снимаемого при заточке слоя.

Суть соотношения (1) состоит в том, что работоспособность пилы будет обеспечена во время эксплуатации до полного ее износа с определенной вероятностью в случае, когда в любой из периодов стойкости не возникает трещины, опережающей нормальный расход пилы.

Полагая, что во все периоды стойкости создаются одинаковые условия эксплуатации с равными характеристиками рассеяния факторов, вызывающих процесс разрушения, и пренебрегая эффектом старения материала, надежность работы пилы  $N$  на всем периоде ее эксплуатации представляем в виде: