

мин/мм толщины плиты можно получить плиты, по показателям пределов прочности при изгибе и растяжении перпендикулярно плоскости плиты аналогичные контрольным плитам. Потеря массы таких плит при горении снижается в 1,5 раза.

Исходя из необходимости достижения наибольшей стойкости плит к действию огня, рациональным режимом в изготовлении плит с нефелиновым антипиреном можно считать следующий: температура 170 °С, время прессования 0,20—0,25 мин/мм толщины плиты.

#### Литература

1. Мерсов Е., Шевирев В. Огнезащитные древесные плиты // Пожарное дело. 1975. № 8. С. 27.
2. А. Леонович. Теория и практика изготовления огнезащитных древесных плит. Л., 1978.

УДК 658.512.22:674.093

А.А.ЯНУШКЕВИЧ, М.И.КУЛАК, М.К.ЯКОВЛЕВ

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ СПЛАЙНОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Проблема повышения качества и сокращения сроков проектирования возникла впервые в отраслях промышленности, определяющих научно-технический прогресс, и привела сначала к эпизодическому применению ЭВМ в проектно-конструкторской деятельности, а затем и к созданию систем автоматизированного проектирования (САПР) различного назначения. Наибольшее развитие САПР получили в производствах объектов высокой сложности — в электронике, радиоэлектронике, авиационно-космической технике. В последнее время наблюдается бурный рост САПР в машиностроении, разрабатываются системы автоматизированного проектирования и в других отраслях.

В составе многих промышленных САПР (машиностроение, легкая промышленность и др.) значительное место занимает проектирование рационального раскроя сырья на заготовки. Повышение эффективности функционирования лесопильной промышленности, рациональное использование сырья, увеличение выхода и улучшение качества пиломатериалов также неразрывно связаны с осуществлением оптимального раскроя. Пиломатериалы — продукция лесопиления — геометрической точки зрения являются сравнительно простыми пространственными объектами и для целей проектирования могут быть легко описаны. Размеры и качество пиломатериалов должны соответствовать известным стандартам.

В то же время для пиловочного сырья характерно многообразие размерно-качественных показателей, наличие пороков. Отмеченные существенные свойства сырья и продукции находят свое отражение в математических моделях объектов проектирования. При помощи математических моделей описывают свойства объектов при проектировании. Математические модели САПР раскроя пиловочного сырья (САПР РП) относятся к классу структурных

геометрических моделей [1], причем модели пиломатериалов можно считать аналитическими. Традиционные математические модели пиловочного сырья, лежащие в основе теории раскроя, также являются аналитическими. Однако существует и другой путь. В работе [2] в качестве аппарата для моделирования поперечных сечений бревен предложены кубические сплайны малого дефекта; даны оценки качества моделирования в смысле введенных норм, которые подтвердили высокую адекватность и сходимость интерполяционных алгоритмов.

Другим элементом древесного ствола, наиболее полно характеризующим его форму, является образующая. Изучалось моделирование образующей с помощью интерполяционных кубических сплайнов дефекта [1]. В качестве краевых рассматриваются "фиксированные" условия на первую производную сплайна на концах отрезка:  $m_1 = m_N = 0$ . В этом случае "наклоны"  $m_i$  определяются системой уравнений:

$$\begin{aligned} h_i m_{i-1} + 2(h_i + h_{i+1})m_i + h_{i-1}m_{i+1} = \\ = 3((y_{i+1} - y_i)h_{i-1}/h_i + (y_i - y_{i-1})h_i/h_{i-1}), \\ i = 2, 3, \dots, N-1, h_i = x_{i+1} - x_i \end{aligned}$$

а коэффициенты сплайна  $a_{ij}$  — по следующим формулам:

$$\begin{aligned} a_{i4} &= (-2(y_{i+1} - y_i) + h_i(m_i + m_{i+1})) / h_i^3; \\ a_{i3} &= (3(y_{i+1} - y_i) - 2h_i(m_i + m_{i+1})) / h_i^2; \\ a_{i2} &= m_i; a_{i1} = y_i; i = 1, 2, \dots, N-1. \end{aligned}$$

Для моделирования образующей использован хлыст осины длиной 19,8 м и выпилены поперечные сечения, находящиеся на расстояниях от комля, кратных 1,8 м. Расстояние сечения от комля

$$l = (N - 1) H / 12,$$

где  $N = 1, 2, \dots, 13$  — номер сечения;  $H$  — длина хлыста.

Количество образующих задавалось числом КО, равным 4, 6, 8, 10, 12. Образующая моделировалась на равномерных сетках с числом узлов 2, 3, 4, 5, 7, 13, что соответствует делению хлыста на 1, 2, 3, 4, 6, 12 частей. В каждом варианте моделирования вычислялись среднее значение, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации для нормы приближения, представляющей собой разность площадей между кусочно-линейной образующей и ее сплайновой моделью в процентах к половине площади поверхности, ограниченной искомой и ей противоположной образующими.

Установлено, что среднее значение нормы приближения при моделировании образующей на основе двух—семи поперечных сечений колеблется в пределах 12—19%. При этом использование, например, семи поперечных сечений соответствует измерению длины моделируемого хлыста через каждые 3,6 м.

С увеличением числа сечений (узлов сетки) норма приближения уменьшается, причем для 13 поперечных сечений (измерение хлыста через 1,8 м) она составила менее 1 %.

Разработанные интерполяционные сплайновые модели элементов бревен — поперечного сечения и образующей — представляют собой типичные геометрические модели каркасного типа и вместе с моделями пиломатериалов и алгоритмами оптимального раскроя образуют математическое обеспечение (МО) САПР РП. Следует подчеркнуть, и в этом специфика разрабатываемой САПР, что в системе моделей САПР РП именно модели сырья играют решающую роль. Имея определенную степень адекватности объектам раскроя, указанные модели определяют качество проектирования раскроя, сложность и быстродействие алгоритмов и в конечном итоге объем выхода пиломатериалов.

На основе МО САПР РП разрабатывается программное обеспечение (ПО) САПР РП. В качестве аппаратных средств проектирования ПО САПР РП предложено использовать персональные ЭВМ ЕС 1840/41. Удовлетворяя критериям развиваемости и доступности, ЭВМ этого типа обладают достаточными быстродействием и памятью, широким набором периферийных устройств, включая средства машинной графики. Наличие операционных систем (М86, MS DOS) с мощной языковой поддержкой (макросемблер, Паскаль, СИ) позволяет создавать развитые программные средства различного назначения.

ПО САПР РП разрабатывается по структурно-модульному принципу и включает совокупность программных модулей, содержащих запись математических моделей и алгоритмов на языках программирования. Для иллюстрации работы программного модуля, выполняющего моделирование раскроя поперечного сечения, представленного сплайном, на сечения пиломатериалов заданных размеров, рассмотрим результаты моделирования. Необходимые данные сообщаются программе в режиме диалога. Развальный постав описывается в виде цифрового ряда, указывающего толщину досок в порядке расположения их в поставе слева направо. Кроме того, задаются количество досок в поставе, ширина пропила и в случае несимметричного постава смещение. Припуск на усушку по толщине вычислялся по формуле [3]

$$y = 0,04 + 0,033T - 0,0000607T^2 + 0,00000017T^3,$$

где  $T$  — толщина доски, мм.

Припуск на усушку по ширине не учитывался, так как он находился в пределах допустимых обзолов. С помощью поворота сплайнового контура выбиралась его оптимальная ориентация, позволяющая рассчитать постав с максимальной суммарной площадью сечений пиломатериалов. За счет оптимальной ориентации контура сечения увеличение суммарной площади сечений пиломатериалов составило до 10 %.

Таким образом, увеличение выпуска пиломатериалов в условиях ухудшения состава сырья может быть достигнуто прежде всего за счет оптимального раскроя. Расчетно-оптимизационная САПР на основе сплайновых моделей пиловочного сырья, концепция построения которой изложена выше, не является инвариантной, однако отдельные ее компоненты (в частности, модели сырья) могут быть использованы для проектирования различных систем рас-

кроя, например раскрой сырья для производства строганого шпона. Эти же модели могут найти применение в системах сортировки пиловочника, а также при решении задач АСУ лесопильным предприятием. Основное же назначение предлагаемой САПР РП состоит, на наш взгляд, в том, чтобы разработать оптимальные схемы раскроя для их реализации в технологическом процессе производства пиломатериалов на базе оборудования с программным управлением. В этом случае управление ориентацией объекта раскроя и позиционированием рабочих органов, синхронизация операций и другие операции будут возложены на ЭВМ. Подобная производственная система приобретает черты гибкого производственного модуля.

#### Литература

1. Петренко А.И., Семенов О.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. Киев, 1984.
2. Яковлев М.К., Янушкевич А.А., Кулак М.И. Применение сплайнов в математических моделях хлыстов и бревен // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Мн., 1988. Вып. 3. С. 97—103.
3. Соколов И.В. Управление производством пиломатериалов. М., 1981.