

А. С. Пардаев, ассистент; С. П. Трофимов, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВЫХ СТОЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНОЙ МОДЕЛИ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

The computer simulation and research of durability of joiner's items is considered on the basis of a finite element method during designer preparation of production. The estimation analytical, numerical methods and available software is given. The methodical principles of simulation and realization of a finite element method for the analysis of a construction of joiner's items with application of systems CAE of automation of engineering accounts are stated.

В настоящее время традиционные способы оценки прочности все больше уступают место подходам, основанным на численных методах. Это связано с внедрением в процесс разработки изделий САД-систем, усложнением геометрии конструкций с одновременным ужесточением требований к их прочности и весовой отдаче, а также снижением сроков, отводимых на подготовку производства изделий.

В современных условиях на основе развитых систем САД/САМ/САЕ оказывается возможным построение принципиально иной схемы проработки конструкций (рис. 1). Она позволяет проводить конструирование, доводку и оптимизацию столярной конструкции на математической модели без создания физических образцов и их реальных испытаний на стадии доводки конструкции, что существенно снижает материальные затраты на разработку изделия.

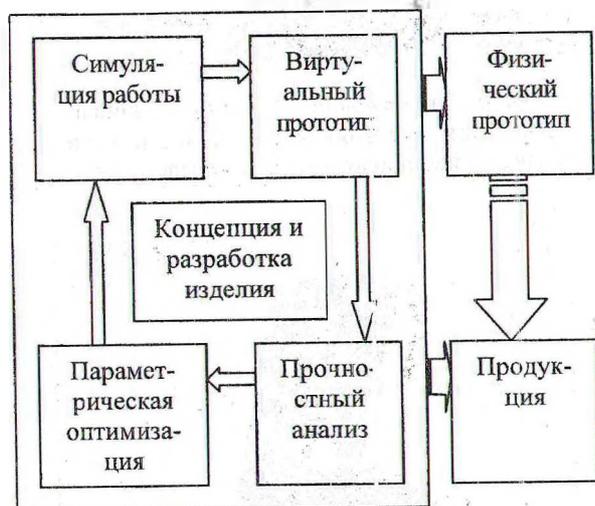


Рис. 1. Перспективная схема создания столярных конструкций

Исследования анизотропной модели упругости древесины направлены на разработку обоснованных методик расчета и проектирования с целью последующего использования при анализе столярных конструкций численными методами, а в частности — методом конечных элементов (МКЭ) [2].

Примером может служить аналитическое исследование прочности углового соединения

рамочной конструкции створки оконного блока. В процессе анализа определяются напряжения, деформации и силы, возникающие в конструкции под действием заданных нагрузок.

Исходными данными для моделирования являются концептуальная, геометрическая твердотельная модель углового соединения, характеристики материалов (вид, размеры, порода древесины и влажность, ориентация годичных слоев, плотность, модуль упругости, допускаемые напряжения и другие физико-механические показатели), характер, величина и место прилагаемых нагрузок и воздействий.

В качестве критерия оценки качества углового соединения принята прочность его элементов и клеевого соединения.

Наиболее простым средством подготовки трехмерной геометрии для последующего анализа являются пакеты графических САПР (САД-системы), моделирование всех деталей и сборки в целом в ходе выполнения данной работы было осуществлено в пакете T-Flex CAD, который позволяет использовать параметризацию размеров для последующего оперативного изменения геометрии при поиске оптимальной конструкции. При реализации методики расчета, с применением программы конечноэлементного анализа ANSYS, использованы модели из объемных элементов. Это обусловлено тем, что они обеспечивают более точный учет геометрии корпусных деталей в сравнении с пластинчатыми моделями и имеют возможность учета многих конструктивных элементов, недоступных для пластинчатых моделей [3].

Численное исследование прочности углового соединения рамочной конструкции створки оконного блока включает три этапа: 1) построение модели; 2) задание нагрузок и получение решения; 3) анализ результатов.

При построении расчетной модели создана трехмерная параметрическая твердотельная модель углового соединения рамочной конструкции (рис. 2), принята схема трансверсальной изотропии (поскольку бруски оконного переплета изготавливаются клееными по толщине, а значит, отсутствует правильная ориентация сечения элементов данной клееной конструкции по отношению к годичным слоям), указаны линейные свойства древесины (модуль Юнга, мо-

дуль сдвига, коэффициент Пуассона и плотность), выбран тип конечного элемента для трехмерного моделирования анизотропных твердых структур (элемент определен восемью узлами, каждый из которых имеет три степени свободы), сгенерирована объемная конечно-элементная сетка углового соединения створки (рис. 3), заданы граничные условия и приложены нагрузки (рис. 4). На следующем этапе получено решение расчетной модели и исследован отклик модели на заданные условия нагружения (рис. 5, 6, 7).

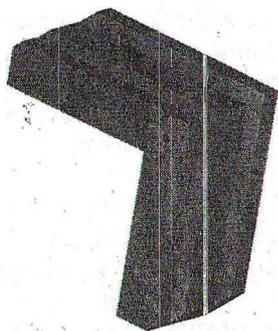


Рис. 2. Твердотельная модель углового соединения створки оконного блока

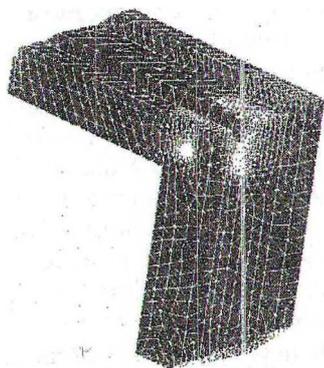


Рис. 3. Результат генерации объемной конечно-элементной сетки

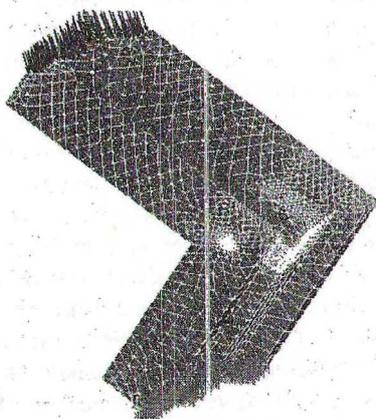


Рис. 4. Нагрузки, приложенные к угловому соединению

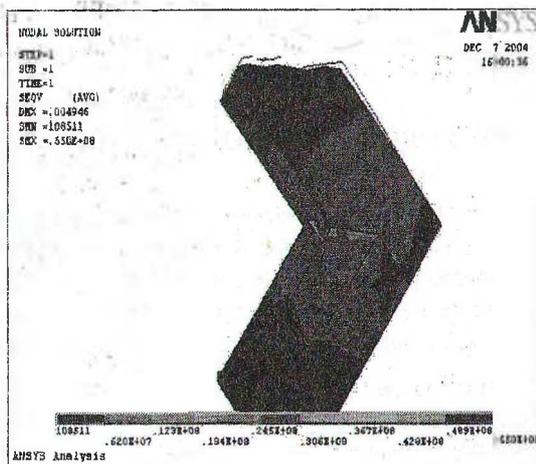


Рис. 5. Распределение напряжений, возникающих в угловом соединении под действием приложенных сил по Мизесу

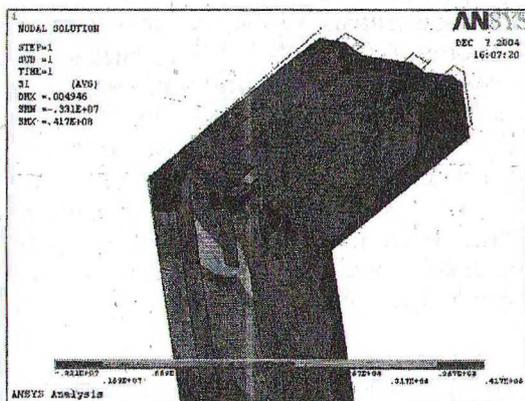


Рис. 6. Распределение 1-й составляющей напряжений, возникающих в конструкции под действием приложенных растягивающих сил

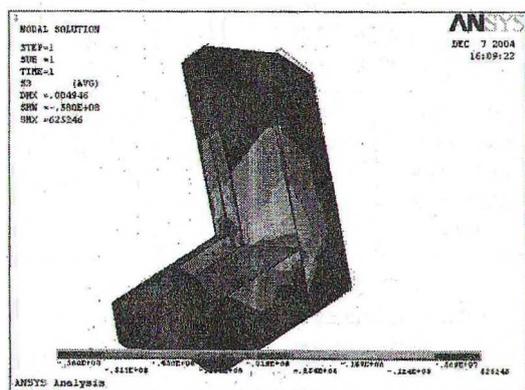


Рис. 7. Распределение 3-й составляющей напряжений, возникающих в конструкции под действием приложенных сжимающих сил

Анализ распределения составляющих напряжений позволяет сделать следующие выводы: по допустимым напряжениям условие прочности углового соединения для заданной на-

грузки выполняется; по напряжению смятия кромок брусковых деталей соединения условие прочности не сохраняется, однако, учитывая конструкцию, смятие менее опасно;

результаты расчетов соответствуют экспериментальным данным, их расхождение составляет около 20%, что, как предполагается, обусловлено фактором пригодной неоднородности древесины, а также определенной идеализации расчетной модели: физико-механические показатели приняты для чистой древесины, т. е. без видимых пороков и для влажности 12%.

Таким образом, на примере углового соединения рамки нами рассмотрены вопросы, связанные с внедрением компьютерного анализа в процесс конструирования, исследования и подготовки производства столярных конструкций требуемого качества. Смоделированы упругие свойства древесины с учетом анизотропии с целью последующего использования при анализе столярных конструкций численными методами. Проведен численный анализ углового соединения оконного блока. Сделаны выводы о методике и технике применения МКЭ, которые позволяют существенно расширить круг задач, доступных анализу (статический, динамический, тепловой и др.).

Кроме решения перечисленных задач, при анализе конструкций столярно-строительных изделий можно моделировать механизм их разрушения, пластическую деформацию и усталостное разрушение, учитывая специфику композиционных материалов, рассматривать комплексы, в которых принимается во внимание взаимовлияние результатов двух или более видов анализа (прочностного, теплового и др.).

Литература

1. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов. – М.; 1978. – 224 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
3. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едитореал УРСС, 2003. – 272 с.
4. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
5. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2001. – 71 с.
6. СТБ 939-93. Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия.
7. СТБ 940-93. Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Методы испытаний.