

А. С. Пардаев, ассистент

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОКОННОГО БЛОКА И ЗОНЫ ЕГО ПРИМЫКАНИЯ К СТЕНОВОМУ ПРОЕМУ

The computer simulation and research 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.

Современные деревянные оконные блоки отвечают требованиям стандартов теплоизоляции и защиты помещений от влияния вредных факторов внешней среды. Однако теплозащитные свойства окна, как светопрозрачного элемента наружной ограждающей конструкции здания, в значительной мере определяются также и зоной сопряжения оконного блока со стеной.

Выбор эффективной конструкции оконного блока и зоны его примыкания к стеновому проему обычно осуществляется на основе теоретических расчетов, дорогих и длительных экспериментальных исследований. Благодаря развитию средств вычислительной техники и программного обеспечения в настоящее время появилась реальная возможность осуществить этот процесс с помощью методов математического моделирования и анализа программных комплексов CAD/CAM/CAE.

В большинстве аналитических CAE-систем (ANSYS, NASTRAN, ADAMS) применяется метод конечных элементов (МКЭ) [1]. Использование МКЭ позволяет провести комплексное теплотехническое исследование оконного блока, зоны сопряжения его со стеной с целью оптимизации конструктивных решений и материалов.

В ходе проведенного исследования с использованием программы ANSYS на основе виртуальной модели объекта разработки изучалось распределение температуры в элементах оконного блока и зоны его примыкания к стеновому проему.

Основой теплового анализа в ANSYS является уравнение теплового баланса, полученное в соответствии с принципом сохранения энергии [4]. Поставленная задача решается МКЭ с построением температурных полей. Программа ANSYS использует температурное поле для определения других параметров (величины тепловых потерь, температурных градиентов, тепловых потоков).

Тип проведенного анализа – стационарный тепловой, основанный на теплопроводности (конвекция и излучение в системе «воздух – окружающая среда» не учитывались). Определение температуры и других

тепловых параметров было выполнено при неизменных граничных условиях. Под неизменными граничными условиями подразумевается ситуация, при которой изменение тепловых параметров системы во времени пренебрежимо мало.

Цель анализа – прогноз (оценка) влияния конструктивных решений на потребительские качества деревянных окон.

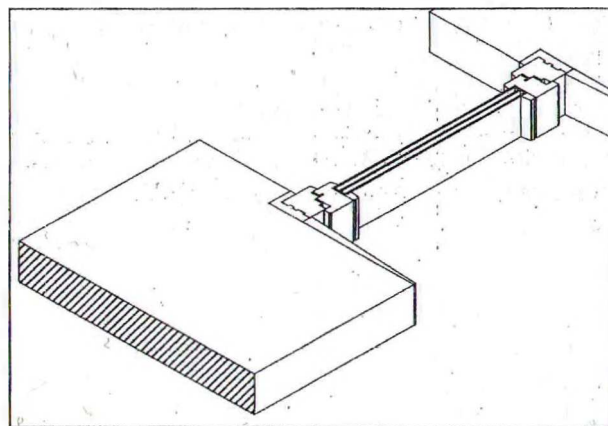


Рис. 1. Твёрдотельная модель оконного блока и зоны его примыкания к стеновому проему

**Описание объекта исследования.** В качестве примера рассматривается характерный вертикальный узел (рис. 1):

- деревянный оконный блок (древесина – сосна) с двухкамерным стеклопакетом 4-16-4-16-4;
- кирпичная наружная стена толщиной 65 см;
- теплоизоляция толщиной 20 мм, уложенная между рамой и стеной (вспененный пенополиуритан);
- силиконовый герметик, нанесенный на наружный стык;
- штукатурка из цементно-песчаного раствора;
- расчетная температура наружного воздуха соответствует климатическим условиям для Минской области – минус 24 °С [3];
- расчетная температура внутреннего воздуха в помещении соответствует действующим нормативам – плюс 18 °С [3].

Тепловой анализ модели оконного блока, проведенный МКЭ в ANSYS, включал несколько этапов:

- задание в препроцессоре свойств материалов (коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, плотность) и генерирование сетки конечных элементов (КЭ);
- задание в процессоре граничных условий и проведение вычислительного эксперимента (рис. 2);
- просмотр и анализ в постпроцессоре результатов расчетов в виде графиков распределения температур.

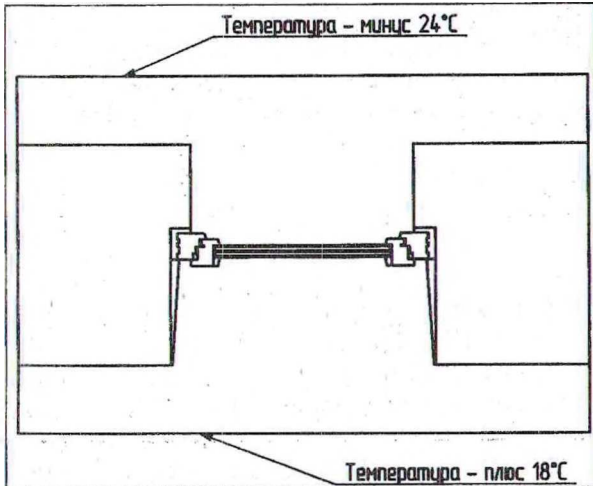


Рис. 2. Схема приложения граничных условий

При создании расчетного виртуального объекта на первом этапе исследования была использована трехмерная твердотельная модель узла сопряжения оконного блока со стеной, полученная в среде T-Fflex CAD-3D (рис. 1). Экспорт ее в ANSYS осуществлен через формат Parasolid.

Затем был выбран тип конечного элемента (КЭ) – SOLID87 (рис. 3), который имеет 10 узловых точек и используется для решения тепловых задач при трехмерном моделировании криволинейных конструкций. Элемент имеет одну температурную степень свободы в каждом узле. Используется при трехмерном статическом или динамическом анализе.

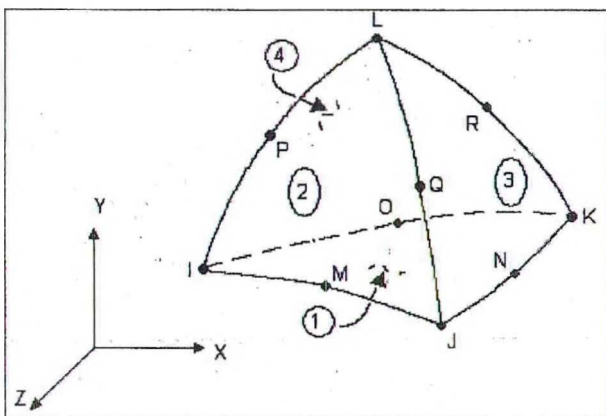


Рис. 3. Форма конечного элемента SOLID87

Далее в ANSYS была сгенерирована объемная конечно-элементная модель (рис. 4, 5), которая содержит 115 550 КЭ.

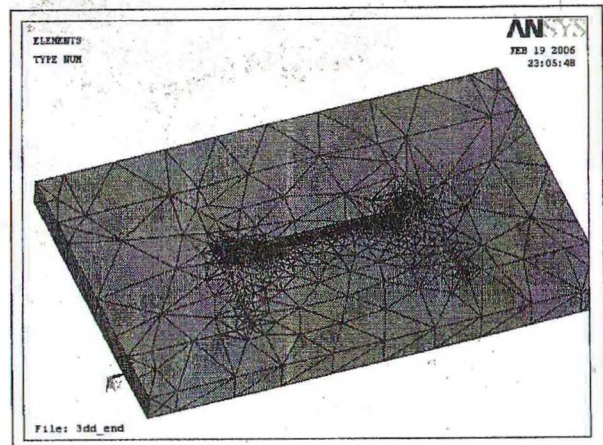


Рис. 4. Результат генерации объемной конечно-элементной сетки

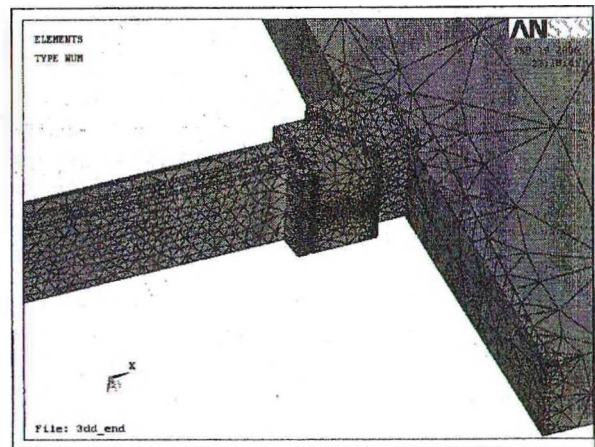


Рис. 5. Результата генерации объемной конечно-элементной сетки (увеличено место примыкания оконного блока к стеновому проему)

Далее получено решение расчетной модели и исследован отклик модели на заданные граничные условия (рис. 7–9)

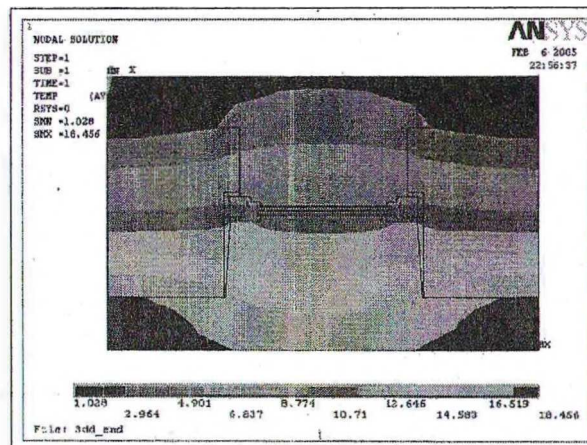


Рис. 7. Распределение температуры в узле сопряжения оконного блока со стеной

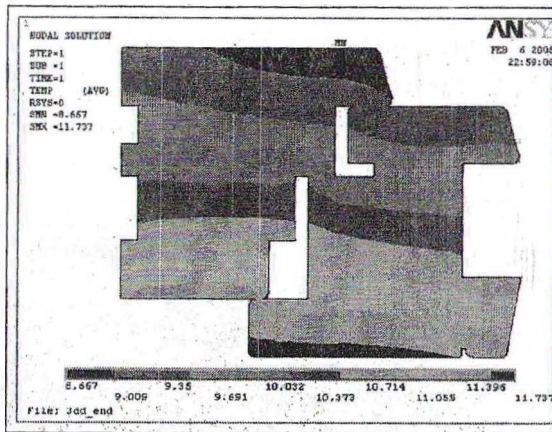


Рис. 8. Распределение температуры в брусках створки и коробки оконного блока

### Заключение

Проведенные теоретические исследования показывают возможность улучшения потребительских качеств деревянных окон и узла сопряжения оконного блока со стеной с использованием методов математического моделирования.

Применяя МКЭ при проектировании узлов примыкания оконных блоков к стене, можно оперативно, с учетом многих факторов, при минимальных затратах времени провести анализ многочисленных вариантов монтажа окон и вы-

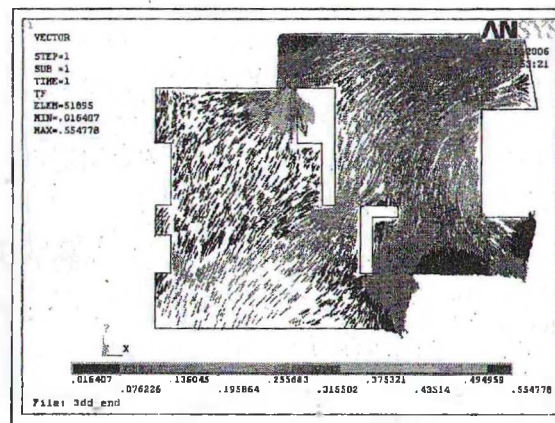


Рис. 9. График векторного поля температур в брусках створки и коробки оконного блока

брать оптимальные, соответствующие конкретным условиям строящегося объекта.

### Литература

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
3. СНБ 2.04.01-97 Строительная тепло-техника.
4. ANSYS Release 9.0 Documentation.