



# Новости SCAD

## SCAD news

Август 2001

Этот выпуск журнала Новости SCAD продолжает постоянную серию информационных материалов, которые мы будем готовить для наших пользователей. Журналы будут выходить одновременно с новыми версиями системы и содержать краткую информацию об особенностях новой версии, рекомендации по работе с системой, сообщения об обнаруженных ошибках и способах их обхода. В каждом выпуске Вы найдете ответы на вопросы пользователей, описание нетрадиционных приемов, позволяющих существенно ускорить синтез сложных расчетных схем, узнаете о внутреннем мире системы и планах ее развития. Мы надеемся на Ваше активное участие в формировании следующих выпусков и ждем от Вас предложений по развитию SCAD, критические и дискуссионные материалы.

### Разработчики SCAD

Что нового.....	2
<b>ФОРМИРОВАНИЕ УКРУПНЕННЫХ МОДЕЛЕЙ (ПРЕПРОЦЕССОР ФОРУМ) .....</b>	<b>2</b>
СТРУКТУРА МОДЕЛИ.....	2
Узлы.....	3
Блоки .....	4
Элементы .....	4
СВЯЗЬ С АРХИТЕКТУРНЫМИ СИСТЕМАМИ .....	5

## Что нового

Раздел содержит информацию о новых функциях и изменениях, которые были введены в новую версию SCAD Office.

## Формирование укрупненных моделей (препроцессор ФОРУМ)

В отличие от конечноэлементных моделей, где в качестве «кирпичиков», из которых складывается расчетная схема, выступают конечные элементы, в основу модели в препроцессоре **ФОРУМ** положены *укрупненные элементы (объекты)*, максимально приближенные по своему назначению и наименованию к функциональным составным частям реального сооружения. В их число входят такие, наиболее часто используемые объекты, как *колонны, балки, стены, перекрытия и крыши*. Группы объектов могут быть объединены в более крупные подсистемы сооружения — *блоки*. Как правило объединение выполняется по позиционному принципу, при котором в один блок входят элементы, моделирующие один этаж сооружения или одна секция многосекционного здания, хотя возможны и другие условия группировки (например, блоком можно объявить все колонны здания).

Такой подход к моделированию часто используется в системах автоматизированного проектирования архитектурной части проекта, что создает предпосылки к переходу от архитектурной модели к расчетной и, в какой-то мере, упрощает создание геометрии расчетной схемы, для которой архитектурная модель может служить некоторой подосновой.

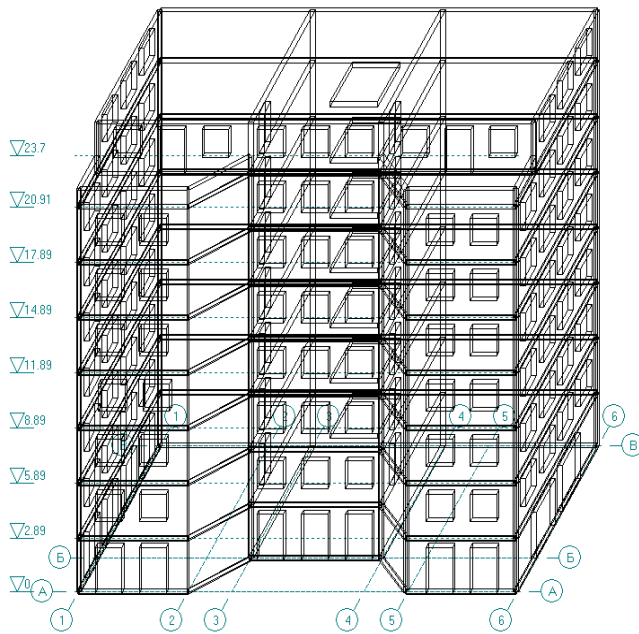
Очевидным преимуществом укрупненных моделей является их относительная простота по сравнению с соответствующими им конечноэлементными моделями, что значительно облегчает контроль больших схем. Наличие укрупненной модели, состоящей из объектов, позволяет автоматизировать процесс объединения конечных элементов в конструктивные элементы (по принадлежности одному объекту). Конструктивные элементы используются в комплексе **SCAD** при проверке и подборе арматуры в элементах железобетонных конструкций, проверке сечений элементов стальных конструкций, а также в некоторых проектирующих программах системы **SCAD Office**. Кроме того, по тем же признакам, что и конструктивные элементы, при переходе от укрупненной модели к конечноэлементной автоматически создаются группы элементов. Переход от укрупненной модели к расчетной схеме комплекса **SCAD** выполняется путем автоматического или управляемого пользователем преобразования элементов модели в конечные элементы.

## Структура модели

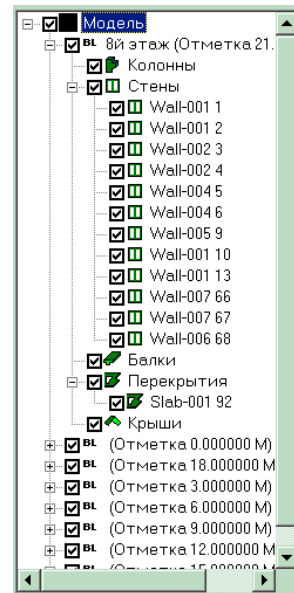
В общем виде модель объекта представляется в виде четырехуровневой древовидной структуры — «модель» (рис. 1а), «блок» (рис. 1б), «группа однотипных элементов», «элемент» (рис. 1в). Блоки и элементы могут иметь уникальные имена (идентификаторы). Кроме того, элементы имеют порядковые номера в составе модели. Описание особенностей представления данных на каждом уровне и возможные операции с объектами этих уровней описаны ниже.

Структуризация дает возможность создавать модель как совокупность конструктивных элементов определенного типа, сохраняя за элементами (в том числе и конечными) признак принадлежности к конкретному конструктивному элементу на всех этапах преобразования — формирования расчетной схемы, расчета, анализа результатов и конструирования.

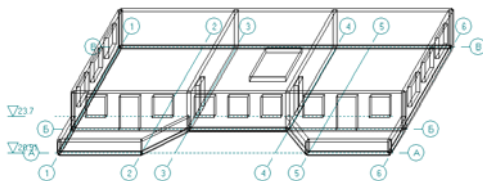
Структура модели отображается в виде дерева проекта (рис. 1г), которое строится автоматически по ходу формирования модели.



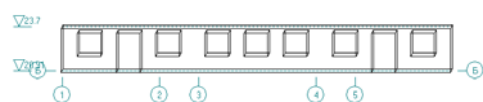
а)



г)



б)



в)

Рис. 1. Структура модели  
 а) полная модель здания,  
 б) блок (этаж на отметке 20.91),  
 в) элемент (стена по оси Б),  
 г) представление древовидной структуры модели в программе

## Узлы

Позиционирование элементов в модели выполняется путем их привязки к *узлам*. Узлы могут вводиться в модель как точки пересечения *разбивочных* (координационных) осей или с помощью соответствующих операций.



## Блоки

Блоки могут иметь разный физический смысл, например, этажи, отдельно стоящие части сооружения, части здания, разделенные температурным швом и т.п. Наличие в модели по крайней мере одного блока является обязательным. Перед тем, как в модель будет введен первый элемент должен быть создан блок, в который этот элемент входит. В некоторых случаях блоки создаются автоматически. Это происходит при выполнении операции копирования блока, а также при импорте данных из архитектурных систем (например, ArchiCAD®).

## Элементы

В зависимости от назначения в сооружении различают пять типов элементов: «колонна», «балка», «стена», «перекрытие» и «крыша». Первые два типа являются двухузловыми элементами и в конечноэлементной расчетной схеме моделируются стержнями. Три последних элемента — плоскостные. Они могут иметь произвольное число узлов, включать внутренние контуры, моделирующие проемы и отверстия, и при включении в расчетную схему разбиваются на трех- и четырехузловые элементы оболочки (по умолчанию), плиты или балки стенки. При вводе все элементы привязываются своим первым узлом к узлу модели.

Элементы типа «крыша» попадают в модель только при импорте данных из архитектурных систем. При создании модели «руками» их ввод не предусмотрен. Если возникает потребность ввода крыш, то это можно сделать путем задания перекрытия, в том числе и наклонного. В целом, проверка положения элемента в модели не выполняется, что позволяет «положить» стену или колонну или поставить перекрытие вертикально.

При задании элементов выполняется ввод их геометрических параметров и характеристик материала, из которого они изготовлены. В программе предусмотрена возможность копирования свойств ранее введенных элементов при вводе новых, а также корректировка геометрии элементов. Все элементы привязываются своим первым узлом к узлу модели.

## Связь с архитектурными системами

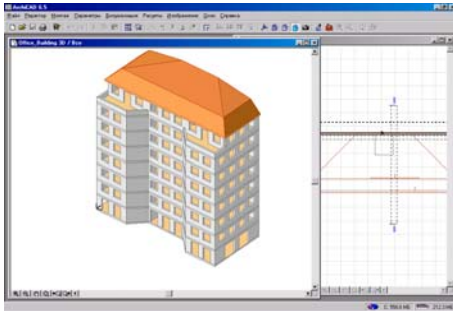


Рис.2. Проект здания в ArchiCAD

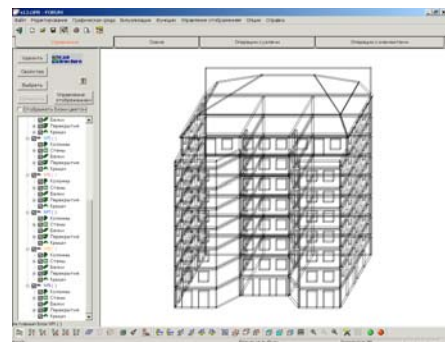


Рис.3. Модель после экспорта в FORUM

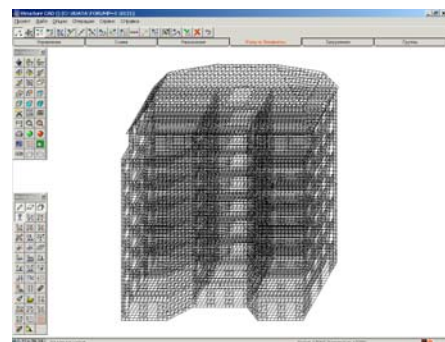


Рис.4. Расчетная схема

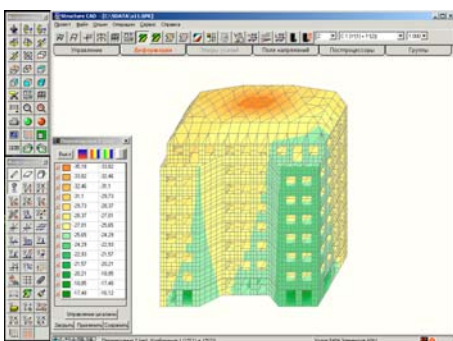


Рис. 5. Изополюса перемещений

Создание расчетной схемы для прочностного анализа несущих конструкций зданий и сооружений является достаточно сложной задачей. Как правило, расчетную модель приходится строить на основе геометрических размеров и топологии архитектурной части проекта. Широкое внедрение в архитектурное проектирование специализированных программных систем, позволило не только автоматизировать процесс проектирования, но и получить цифровую модель объекта проектирования, т.е. его описание в базе данных архитектурной системы. В связи с этим актуальной является задача организации доступа к этой информации и построения на ее основе расчетной схемы.

Одним из наиболее популярных инструментов для архитектурного проектирования является система ArchiCAD (рис. 2), разработанная фирмой Graphisoft. Внутреннее представление данных в этой системе содержит достаточно информации для построения расчетной модели, а наличие специальных инструментальных средств доступа к этим данным AC API (ArchiCAD Application Program Interface) облегчает разработку программ экспорта информации в программы прочностного анализа конструкций. Классификация объектов, принятая в системе ArchiCAD, в основном совпадает с их классификацией при выполнении расчетов и конструировании. Разделение на колонны, балки, стены, перекрытия и крыши позволяет достаточно точно представить их аналоги в расчетной модели.

Естественно, что расчетная схема не является копией архитектурного решения. Однако основные размеры, привязки колонн и несущих стен, очертания перекрытий, положение проемов и отверстий во многом повторяют заданное архитектором. Это позволяет выполнить автоматизированное построение только укрупненной расчетной модели на основе данных архитектурного решения. Автоматическое построение детальной расчетной схемы на основе укрупненной модели возможно (и то не до конца) лишь для очень узкого класса простых объектов. Это связано с тем, что большинство систем прочностного анализа конструкций базируется на методе конечных элементов и для их расчетных схем кроме геометрических данных, которые могут быть заимствованы из архитектурного проекта и дополнены построением сетки конечных элементов, следует еще указать условия опирания и примыкания, данные о физико-механических характеристиках материалов, а также сведения о нагрузках. Это требует задания дополнительной информации, необходимой для выполнения прочностного расчета.

Импорт данных из системы ArchiCAD в SCAD разработан на основе AC API. В результате импорта формируется файл проекта с расширением OPR, в котором содержится описание укрупненной конструктивной модели здания (рис. 3). В процессе импорта осуществляются операции преобразования дугообразных стен в многогранные, а также формирование в них проемов под окна и двери. Переход от архитектурного решения к расчетной схеме можно представить в виде следующей последовательности операций:

- I. Построение на основе внутреннего представления данных архитектурной системы укрупненной конструктивной модели здания, состоящей из таких объектов как колонны, балки, стены, перекрытия (плиты) и крыши;



- II. Удаление из конструктивной модели объектов, которые не включаются в расчетную схему, например, перегородок, элементов ограждения, архитектурных деталей и т.п.;
- III. Уточнение, если это необходимо, положения объектов в конструктивной модели и дополнение ее новыми элементами, не учтенными в архитектурном решении;
- IV. Автоматическое или управляемое пользователем построение сетки конечных элементов с одновременным назначением жесткостных характеристик конечным элементам (рис. 4);
- V. Задание условий опирания и примыкания элементов;
- VI. Ввод нагрузок и специальных исходных данных.

В первую версию программы импорта не включены функции подрезки стен по линиям пересечения с крышами, автоматическое сведение этажей в случаях, когда расстояние между ними на укрупненной модели определяется толщиной перекрытия.

Экспорт данных реализован из программы ArchiCAD версии 6.5. Для других версий экспорт не выполняется (несовместимость с AC API).