

ArchiCAD – Structure CAD (SCAD)

Переход от архитектурного решения к расчетной схеме

Е.Б. Зеливянский, В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов

SCAD SOFT

Тел: (095) 261-3510

E-mail: scad-soft@mtu-net.ru

Internet: <http://www.scadgroup.com>

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, 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.

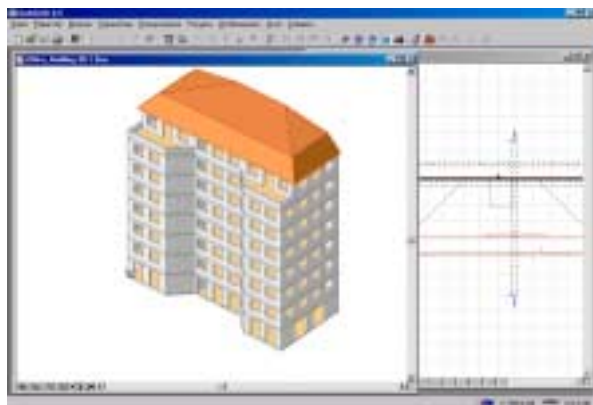
Импорт данных из системы ArchiCAD в SCAD разработан на основе AC API. В результате импорта формируется файл проекта с расширением OPR, в котором содержится описание укрупненной конструктивной модели здания. В процессе импорта осуществляются операции преобразования дугообразных стен в многогранные, а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

1. Построение на основе внутреннего представления данных архитектурной системы укрупненной конструктивной модели здания, состоящей из таких объектов как колонны, балки, стены, перекрытия (плиты) и крыши;
2. Удаление из конструктивной модели объектов, которые не включаются в расчетную схему, например, перегородок, элементов ограждения, архитектурных деталей и т.п.;
3. Уточнение, если это необходимо, положения объектов в конструктивной модели и дополнение ее новыми элементами, не учтенными в архитектурном решении;
4. Автоматическое или управляемое пользователем построение сетки конечных элементов с одновременным назначением жесткостных характеристик конечным элементам;
5. Задание условий опирания и примыкания элементов;
6. Ввод нагрузок и специальных исходных данных.

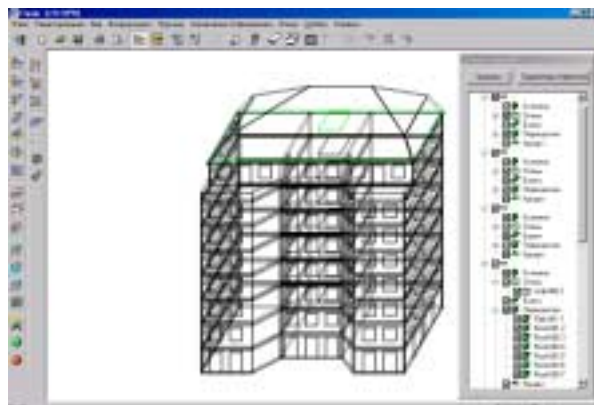
Приведенная последовательность включает построение укрупненной модели расчетной схемы, формируемой операциями 1 – 3. Поскольку модель создается на базе объектов, характерных для архитектурной системы, то этот класс объектов должен быть доступен для обработки средствами препроцессора системы прочностного анализа или специального препроцессора, ориентированного на работу с такими объектами.

В SCAD (версия 7.29) реализованы оба подхода. С одной стороны в препроцессор системы введены специальные типы элементов – стена, перекрытие, крыша, колонна и балка, с другой – создан

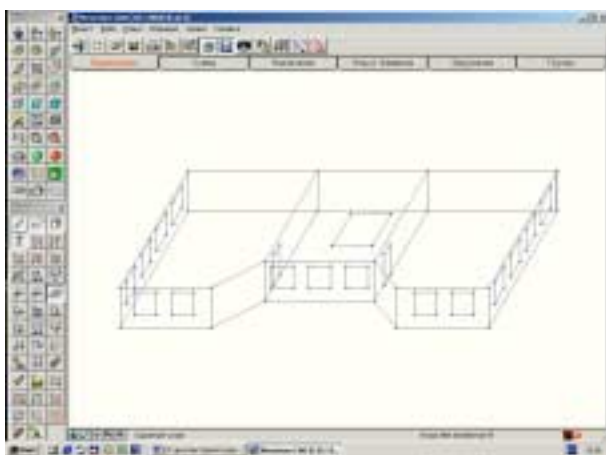
препроцессор **Форум** (формирование укрупненных моделей), в котором наряду с собственными средствами создания схем из перечисленных выше объектов предусмотрена работа с данными, поступающими из системы ArchiCAD. Остановимся подробнее на особенностях реализации препроцессора Форум в режиме импорта данных из ArchiCAD.



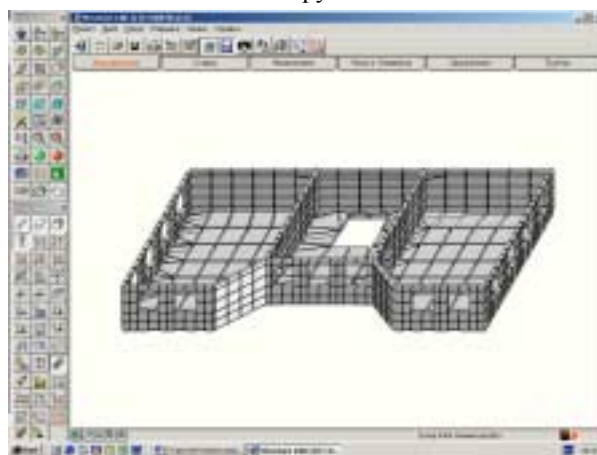
Проект здания в системе ArchiCAD



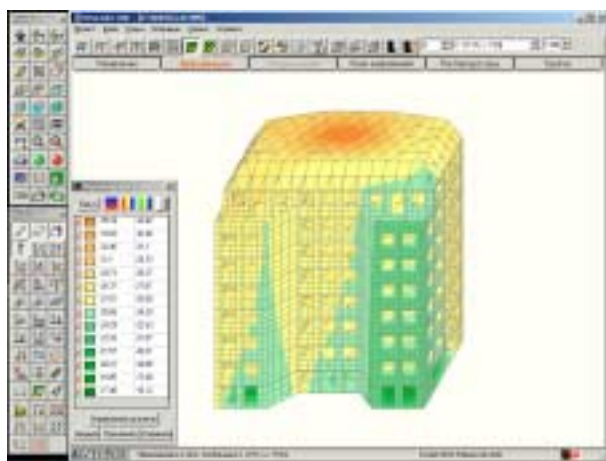
Укрупненная модель проекта в препроцессоре Форум



Контурные элементы в препроцессоре комплекса SCAD



Сетка конечных элементов с переменным шагом.



Изополюса перемещений

Построение сетки конечных элементов для стен выполнена путем деления контуров на прямоугольные участки с последующим дроблением их на прямоугольные элементы. Сетка перекрытий сформирована с помощью функции автоматической триангуляции.

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами: количество узлов – 5404, количество элементов – 6061, порядок системы уравнений – 31000, ширина ленты после оптимизации – 1570, время решения задачи 13 мин. (процессор Pentium II, 350 МГц)

Препроцессор Форум

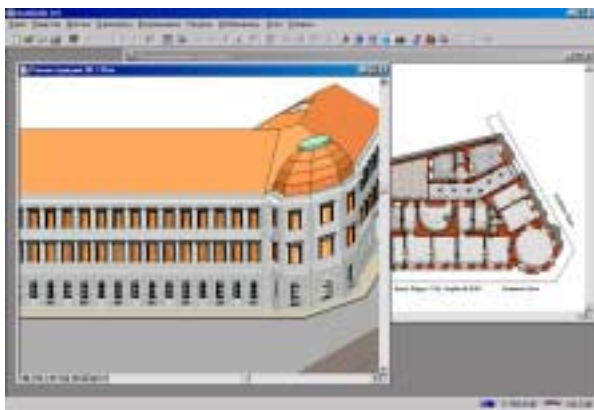
Препроцессор реализует объектно-ориентированный подход при формировании многоуровневых моделей из объектов. Структура модели может включать объекты трех уровней – секции, блоки и элементы.

Секции это геометрически изолированные части здания или сооружения, имеющие собственные системы координат и разбивочных осей, привязанные к началу общей системы координат здания. Секции состоят из блоков.

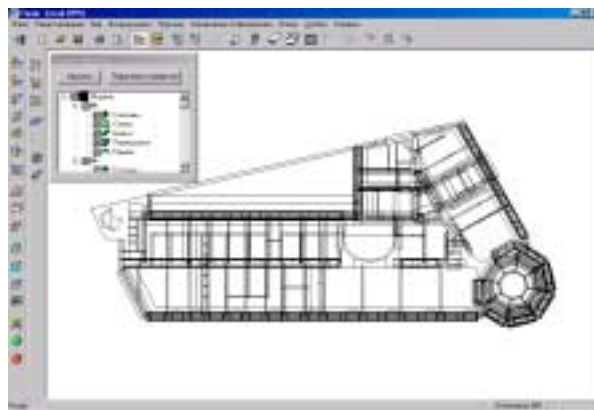
Блоки – часть секции, начало систем координат которых привязаны в местной системе координат секции. Блоки состоят из элементов и, как правило, в качестве блоков принимаются этажи.

Элементы – это элементарные объекты типа стена, перекрытие (плита), крыша, балка и колонна. Стены и перекрытия могут иметь проемы и отверстия, привязка которых выполняется в местной системе координат элементов.

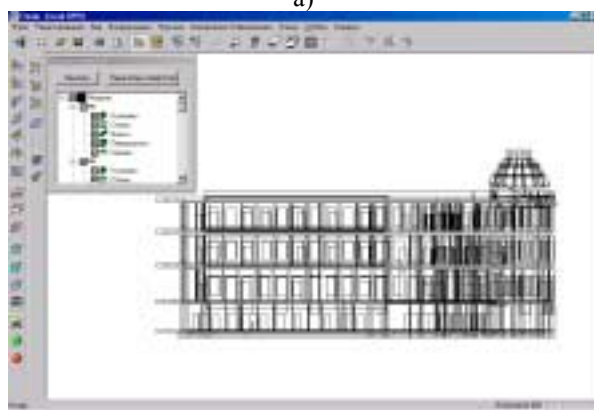
В системе ArchiCAD различаются только два уровня объектов в понятиях Форум – этажи (блоки) и элементы. При импорте данных структура модели состоит именно из них.



Проект “Реконструкция” в системе ArchiCAD



а)



б)

Проект “Реконструкция” в препроцессоре Форум
а) вид сверху; б) фронтальная проекция

Для удобства работы с объектами в препроцессоре предусмотрено автоматическое построение дерева проекта. Добавление каждого нового объекта сопровождается его записью в дерево. Структура дерева повторяет структуру модели, что позволяет включать (делать видимыми) или исключать из отображения модели любые объекты, а также удалять или модифицировать их, обращаясь к ним непосредственно из дерева. Выбор объекта в дереве одновременно вызывает его цветовую маркерровку на отображении модели, что исключает случайное удаление или корректировку не того объекта. Все объекты в дереве сохраняют имена, присвоенные им в процессе создания или импорта из ArchiCAD.

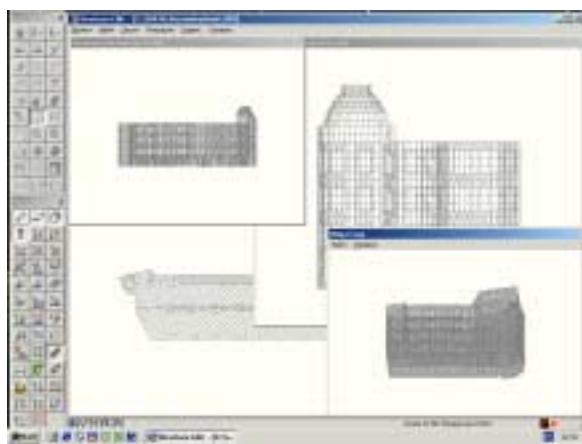
В Форуме реализованы широкая гамма средств для корректировки геометрии объектов типа стена, перекрытие и крыша. Эти средства позволяют при необходимости не только изменить форму объекта, но и исключить или добавить проемы и отверстия, изменить их положение, размеры и очертание. При наличии одинаковых этажей могут быть использованы функции копирования и переноса, что позволяет внести изменения в объекты одного этажа и повторить их на других. Модель может быть дополнена сеткой разбивочных осей.

На основе откорректированной модели может быть сформирован стандартный файл проекта комплекса SCAD (расширение SPR) или файл укрупненной модели (OPR). В первом случае выполняется автоматическое построение сетки конечных элементов с заданным шагом, а дальнейшая корректировка схемы и дополнение ее необходимыми данными осуществляется средствами препроцессора комплекса. При передаче в препроцессор файла укрупненной модели операции по формированию сетки конечных элементов выполняются под управлением пользователя.

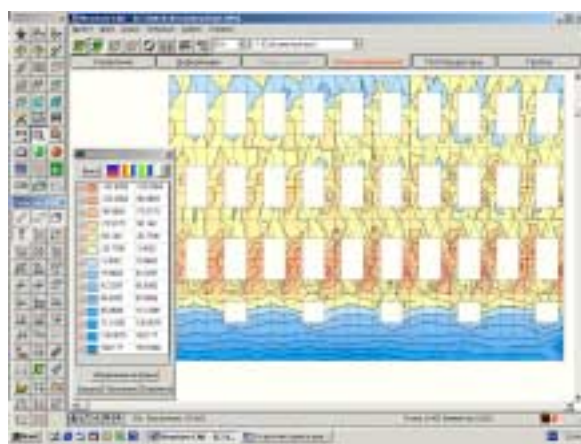
Работа с укрупненной моделью в препроцессоре SCAD

Автоматическое формирование сетки конечных элементов не всегда позволяет получить рациональную расчетную схему. Использование для всех объектов схемы единого шага построения сетки приводит к часто неоправданно большой размерности модели и, как следствие, сложности контроля исходных данных, увеличению времени счета, ограниченным возможностям глубокого анализа результатов. Как правило, опытные расчетчики гибко используют возможности локального сгущения сетки для анализа наиболее ответственных участков конструкции и применяют весьма крупные конечные элементы на тех участках, для которых главным является, например, сбор нагрузок.

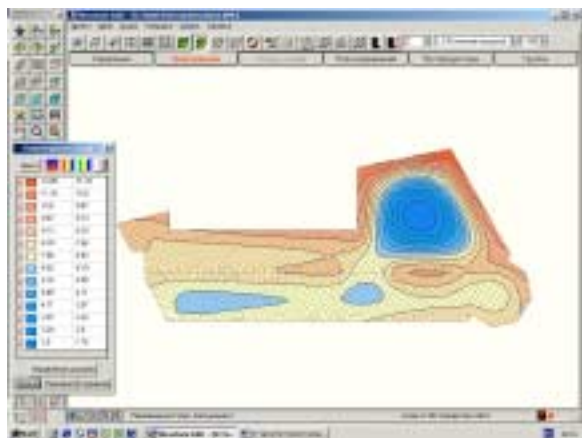
Для реализации такого дифференцированного подхода в препроцессоре предусмотрен режим преобразования плоскостных объектов типа стена, перекрытие (плита) и крыша в контурные элементы, которые могут иметь произвольную конфигурацию и включать отверстия любой формы. В режиме генерации сетки конечных элементов для каждого контура может быть назначен свой шаг разбиения. При этом узлы, попавшие на границы смежных контуров, автоматически включаются в процесс формирования сетки. В препроцессоре предусмотрены и другие методы построения сеток, например, контур может быть разделен на прямоугольные участки, каждый из которых дробится на прямоугольные элементы с использованием соответствующей функции.



Расчетная схема, полученная на основании архитектурной модели проекта “Реконструкция”



Изополя нормальных напряжений (фрагмент стены)



Изополя перемещений в фундаментной плите

При формировании расчетной схемы проекта “Реконструкция” использована функция автоматического построения сетки конечных элементов с постоянным шагом (шаг сетки 0.7 м). Расчетная схема характеризуется следующими параметрами: количество узлов – 11492, количество элементов – 12623, порядок системы уравнений – 57457, ширина ленты после оптимизации – 1460, время решения задачи 50 мин. (процессор Pentium II, 350 МГц)

Перспективы развития

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. Эти функции будут реализованы в следующих версиях программы. Открытым остается вопрос и с импортом многоугольных (полигональных) в плане стен. Развиваются и функции автоматической генерации сетки, включая специальные методы разбиения в местах опирания колонн на перекрытия и плиты.

От авторов

Авторы выражают благодарность сотрудникам фирмы ArchiCAD Judit Sliz, Attila Bardos и Gabor Jasz за внимание и квалифицированные консультации в процессе разработки программы импорта.