

# Интегрированная система для расчета и проектирования несущих конструкций зданий и сооружений SCAD Office.

## Новая версия, новые возможности

*А.В. Перельмутер, Э.З. Криксунов, В.С. Карпиловский, НП ООО «SCAD Soft», г. Киев, Украина;  
А.А. Маляренко\*, ООО НПФ «SCAD Soft», г. Москва, Россия*

Интегрированная система SCAD Office представляет собой набор программ, предназначенных для выполнения прочностных расчетов и проектирования различного вида строительных конструкций. В состав системы входят программы, ориентированные на решение таких задач как прочностной расчет конструкций, проверка элементов несущих конструкций из различных материалов на соответствие нормативным документам, формирование и расчет геометрических характеристик сечений, проектирования элементов стальных и железобетонных конструкций и т.п. Всего в состав системы входит более двадцати пяти программ, многие из которых информационно связаны между собой, что позволяет решать целый ряд задач проектирования в комплексе.

### *Режим «Монтаж»*

В настоящее время выходит новая версия системы 11.3, в которой реализован ряд новых возможностей. В первую очередь это режим «Монтаж», или моделирование процесса возведения сооружения.

Процесс фактического создания сложной конструкции в общем случае является многоэтапным и тесно увязан с последовательностью выполняемых отдельных операций. При этом в том или ином порядке могут выполняться работы по установке и удалению некоторых элементов системы, установке или удалению балластных грузов, регулированию длин тех или иных элементов, изменению состояния некоторых связей и т.п. В вычислительном комплексе SCAD предусмотрена возможность задания исходных данных, т.е. описания процесса монтажа в режиме графического диалога. При этом, допускается использование в качестве подосновы для моделирования очередности возведения как независимо сформированной расчетной схемы, так и создание схемы непосредственно в режиме «Монтаж». Процесс описания монтажа включает следующие основные операции:

- назначение очередной стадии монтажа;
- назначение элементов, добавляемых на текущей стадии;
- назначение элементов, удаляемых на текущей стадии;
- формирование списка загрузок и групп нагрузок, действующих на текущей стадии.

Кроме того, в программе предусмотрена возможность назначения на каждой стадии дополнительных или удаления ранее назначенных связей, задания новых коэффициентов постели, использования на различных стадиях инструмента объединения перемещений.

Кроме меняющегося состава конструкции и переменных способов ее раскрепления (т.е. меняющейся от стадии к стадии структуры системы), на показатели напряженно-деформированного состояния могут оказывать влияние и другие переменные параметры задачи. К ним можно, например, отнести изменяющиеся во времени прочностные и жесткостные показатели свежееуложенного бетона. Несмотря на то что такие параметры меняются непрерывно, это изменение можно привязать к стадиям монтажа и приближенно считать дискретным. В связи с этим на каждой стадии монтажа может быть задан коэффициент к начальному модулю упругости, который может быть отнесен к определенным элементам модели. Например, для колонн и перекрытий этот коэффициент может задаваться разным.

При инициализации очередной стадии монтажа можно «заказать» расчет с учетом деформированной схемы. Это означает, что узлы элементов, примыкающие к уже смонтированной части конструкции, получают координаты с учетом деформаций, а другие узлы — проектные координаты.

Нагрузки, действующие на конструкцию в процессе монтажа, делятся на два типа: накапливаемые и независимые. К первому типу относятся нагрузки, которые действуют на каждом этапе монтажа на определенную часть конструкции и учитываются в расчетных сочетаниях усилий (PCY) как постоянная нагрузка от одного нагружения. Такое нагружение может быть:

- частью суммарной нагрузки, остающейся навсегда в системе (например, собственный вес конструкций, смонтированных на  $r$ -й стадии);
- нагрузкой, приложенной в рамках  $r$ -й стадии монтажа, и удаляемой на некоторой  $(r+i)$ -й последующей стадии (например, балластные нагрузки).

В качестве накапливаемой нагрузки могут использоваться и группы нагрузок. При этом на каждой стадии монтажа конкретная группа может иметь разный коэффициент к исходному значению заданных в ней нагрузок. Это позволяет моделировать, например, расход материалов по мере возведения сооружения в местах их складирования на конструкции (коэффициент будет уменьшаться от стадии к стадии) или пополнение расходных материалов (коэффициент будет увеличиваться).

И загрузки, и группы нагрузок могут задаваться как отдельно для каждой стадии, так и на всю результирующую конструкцию целиком. При этом в процессе расчета на каждой стадии монтажа будут учтены только те нагрузки, которые относятся к узлам и элементам, присутствующим в схеме на этой стадии.

Независимые загрузки могут действовать как на результирующую конструкцию, так и на различных стадиях монтажа. Они являются самостоятельными, могут иметь любой тип, а напряженно-деформированное состояние конструкции, создаваемое ими, относится только к той стадии, где они проявляются. В качестве таких нагрузок могут выступать ветровые загрузки, сейсмика и т.п. С их помощью организуются проверки прочности частично собранной системы.

Полезные нагрузки, действующие на все сооружение целиком, задаются на последней стадии монтажа, которая рассматривается как окончательный расчет готового объекта.

Список загрузок, на основе которых выбираются РСУ, формируется автоматически. При этом загрузки разных стадий монтажа автоматически объявляются взаимоисключающими. Логику взаимодействия всех загрузок для каждой стадии монтажа задает пользователь. Накапливаемое (базовое) загрузка всегда имеет статус «постоянного», а для всех остальных загрузок учитывается только та их часть, на которую было изменено базовое загрузка.

Анализ результатов выполняется по тем же правилам, что и при традиционном расчете конструкций. При выборе загрузки, для которого выполняется визуализация результатов, программа автоматически определяет стадию монтажа, к которой принадлежит загрузка, и показывает только часть схемы, относящуюся к анализируемой стадии. Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций и проверка и подбор сечений в элементах стальных конструкций выполняется на основе РСУ для полной расчетной модели.

При необходимости любая из стадий монтажа может быть выделена в отдельный проект и представлена как самостоятельная расчетная схема.

### Эффективные скоростные решатели

В версии 11.3 вычислительного комплекса SCAD используется новый вариант прямого решателя на основе многофронтального метода. Кроме повышенного быстродействия, по сравнению с решателем версии 11.1 в нем реализована возможность параллельных вычислений на многоядерных персональных компьютерах.

Эффективность используемых алгоритмов позволила для однопроцессорных компьютеров увеличить размерность решаемых задач и одновременно почти в два раза сократить время их решения. В таблице 1 представлены сравнительные характеристики решателей версий 11.1 и 11.3. Данные получены для расчетной модели многоэтажного здания из монолитного железобетона с более чем 800000 неизвестных.

**Таблица 1. Сравнительные характеристики решателей версий 11.1 и 11.3**

Наименование операции	Время решения	
	Версия 11.1	Версия 11.3
Разложение матрицы	10мин 46с	5мин 20с
Фронтальная факторизация	6мин 43с	3мин 48с
Подстановки	0мин 55с	1мин 3с
Общее время счета	18мин 24с	10мин 11с

**Таблица 2. Время решения задачи с 960000 неизвестных**

Количество ядер	Время решения (сек)	
	ANSYS	SCAD
1	221	226
2	176	152
4	159	121

При расчете этой же задачи на двухъядерном компьютере время решения системы уравнений составило около 6 минут.

В таблице 2 приведены данные о времени решения задачи с 960000 неизвестных на одно, двух и четырехъядерном компьютерах вычислительными комплексами ANSYS (версия 11.0) и SCAD (версия 11.3).

Как видно из результатов, приведенных в таблице, время решения для указанных комплексов приблизительно равно и в зависимости от характера задачи может колебаться в пользу одной или другой программы.

Кроме программ, реализующих прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений, в состав комплекса версии 11.3 включен итерационный решатель, позволяющий эффективно рассчитывать большие задачи, включающие относительно небольшое количество правых частей.

### *Библиотека SCAD API*

Библиотека SCAD API (Application Program Interface) представляет собой набор методов, предназначенных для работы с проектами вычислительного комплекса SCAD. Она предназначена для пользователей, владеющих навыками программирования на языке C++, и позволяет создавать собственные приложения для вычислительного комплекса. В состав библиотеки входит несколько разделов: класс CScadAPI, методы которого используются при создании и корректировке расчетных схем, класс CScadResult — для анализа результатов расчета, а также ряд вспомогательных структур, позволяющих работать с различными видами данных вычислительного комплекса.

Методы класса CScadAPI обеспечивают создание нового и чтение существующего проекта, работу с узлами и элементами, описание жестких характеристик, шарниров, связей, нагрузок и т.п. Кроме того, через методы этого класса можно получить доступ к характеристикам блоков препроцессора ФОРУМ.

Методы класса CScadResult обеспечивают доступ к результатам работы комплекса SCAD, в том числе к значениям перемещений и усилий, включая данные по формам колебаний и огибающим, комбинации загружений, расчетные сочетания усилий и т.п.

Используя библиотеку, пользователи смогут организовать собственный интерфейс с различными проектирующими системами, обеспечивая импорт данных в SCAD, а также передачу из комплекса результатов расчета (например, результатов подбора арматуры) для их последующей обработки другими программами.

### *Программы-сателлиты*

В версии 11.3 продолжают развиваться программы-сателлиты.

Программа КРИСТАЛЛ (анализ стальных конструкций) расширяется путем включения дополнительных разделов, реализующих рекомендации СП 53-102-2004 «Общие правила проектирования стальных конструкций».

В программе ЗАПРОС (анализ элементов оснований и фундаментов) реализован экспорт в программу АРБАТ (анализ элементов железобетонных конструкций) данных о типе сечения и размере сваи, а также расчетная длина и характеристики тяжелого бетона с учетом коэффициента условий работы, учитывающего влияние способа производства свайных работ. Это позволяет выполнить проверку прочности материала сваи, используя для этого режим «Соппротивление ж/б сечений» программы АРБАТ.

Программа КОМЕТА (анализ и проектирование узлов стальных конструкций) дополнена новыми прототипами шарнирных баз колонн из круглых труб и двухпрокатных швеллеров, нашедших применение, в том числе, при изготовлении рекламных щитов.

В программу ДЕКОР (анализ элементов деревянных конструкций) включена проверка арок.

Все программы, входящие в систему SCAD Office, могут использоваться в среде операционной системы Vista. В рамках создания интерфейса с другими проектирующими системами реализован импорт данных из программ «Revit Structure 2009» и «ALLPLAN 2008».

*\*Анатолий Александрович Маляренко, ООО НПФ «СКАД СОФТ»*

*Тел. раб. (499)267-40-76; эл. почта: [scad@scadsoft.ru](mailto:scad@scadsoft.ru)*