



Новости SCAD

SCAD news

Октябрь 1997

Уважаемые коллеги!

Этот выпуск журнала Новости SCAD начинает 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.

Журнал можно также получить по электронной почте в виде документа в формате MS Word прислав запрос по адресу scad@scadgroup.com

Разработчики SCAD

| | |
|---|----|
| Что нового..... | 2 |
| <i>Версия 7.15</i> | 2 |
| <i>Версия 7.17</i> | 4 |
| Маленькие хитрости | 5 |
| Вопросы и ответы | 6 |
| Внутренний мир SCAD | 8 |
| <i>Как выполняется анализ устойчивости конструкции</i> | 8 |
| <i>Постановка задачи</i> | 8 |
| <i>Поиск коэффициента запаса устойчивости</i> | 8 |
| <i>Форма потери устойчивости</i> | 9 |
| <i>Свободные длины</i> | 9 |
| <i>Как подбирается поперечная арматура в плитах и оболочках</i> | 9 |
| Планы на будущее | 10 |

Что нового

Раздел содержит информацию о новых функциях и изменениях, которые были введены в различные версии SCAD

Версия 7.15


По сравнению с **версией 7.1** в комплекс включены следующие функции и операции:

1. В графическом препроцессоре:






Раздел инструментальной панели **Схема**

- функции формирования групп узлов , которые дают возможность отметить ряд узлов на расчетной схеме, запомнить отмеченные узлы как группу, присвоив группе уникальное имя и выполнить над узлами активной группы такие операции геометрических преобразований, как поворот вокруг заданной оси, перенос, зеркальное отображение;
- функции формирования групп элементов , которые дают возможность отметить ряд элементов на расчетной схеме, запомнить отмеченные элементы как группу, присвоив группе уникальное имя и позволяют выполнять для элементов активной группы все операции, предусмотренные для работы с элементами;
- т.к. группы могут быть сохранены и вызываться неоднократно, то рекомендуется объединять в одну группу такие элементы, для которых предполагается выполнять многократно одну или несколько операций, например, при многовариантном расчете удобно объединить в группу однотипные элементы, для которых предполагается изменять типы жесткости. В другом случае, в группу включают элементы, у которых в различных загрузках установлены одинаковые нагрузки. При назначении групп следует следить за тем, чтобы в группе были собраны элементы одного типа, например, оболочки или стержни. Это позволит избежать ошибок, связанных с назначением нагрузок или жесткостей.

Раздел инструментальной панели **Назначения**

- функция назначения объединений перемещений узлов , которая дает возможность объединить перемещения групп узлов, присвоить группам уникальные имена и корректировать введенную информацию, обращаясь к группам узлов по их именам.

Раздел инструментальной панели **Узлы и Элементы**

- операция переноса начала общей системы координат в заданный узел , что значительно упрощает операции геометрических преобразований, связанные с поворотом вокруг заданной оси;
- операция ввода узлов по дуге окружности ;
- операция ввода стержней по дуге окружности ;
- операция ввода упругих связей ;
- операция ввода Ноль-элементов .

Раздел инструментальной панели **Нагрузки**

- операция ввода инерционных масс;
- в динамике реализовано задание исходных данных для расчетов ударных, гармонических и импульсных воздействий.

Раздел инструментальной панели **Визуализация**

- операция вывода на печать.

**Меню**

- в меню введен раздел **Операции**, который позволяет выполнять операции активной инструментальной панели, не используя кнопки панели.
- в раздел **Опции** введена функция настройки графической среды, позволяющая выполнить настройку режимов анимации статики и динамики, установить необходимое количество значащих цифр при отображении результатов на экране, отменить разделение пластинчатых элементов при отображении на экране.

Фильтры отображения

- в цветовую шкалу жесткостей добавлена возможность контроля элементов, для которых не заданы жесткости и введена операция Применить;
- введена операция отображения начала общей системы координат;
- введена операция визуализации инерционных масс;
- при отображении местных осей автоматически устанавливается окно условных обозначений.

Версия 7.17


Новые операции

Препроцессор

Меню

- введен пункт меню Сервис, в котором находится вызов функции вычисления коэффициентов постели при расчете конструкций на упругом основании.

Раздел инструментальной панели **Узлы и элементы**

- объединение двух стержневых элементов в один  - в результате выполнения операции два отмеченных стержня, имеющих общий узел, объединяются в один стержень;
- порождение узлов на заданном расстоянии от заданных - в результате выполнения операции для каждого отмеченного узла порождается новый узел на заданном (в том числе и нулевом) расстоянии от него;
- перенос одного узла в другой - в результате выполнения операции первый отмеченный узел переносится в узел, отмеченный вторым, и удаляется, т.е. все примыкающие к нему элементы считаются примыкающими ко второму узлу;
- наряду с объединением совпадающих узлов по всей схеме, возможно объединение только отмеченных совпадающих узлов.

Раздел инструментальной панели **Загрузки**

- для отмеченной узлов или элементов реализована возможность задания "гидростатических" (изменяемых по линейному закону) нагрузок;

Раздел инструментальной панели **Назначение**

- для отмеченной группы пластинчатых элементов введена операция выравнивания усилий по заданному направлению;

Раздел инструментальной панели **Схема**

- улучшен алгоритм триангуляции, позволяющий учесть попадание ранее заданных стержней в область триангуляции.

Постпроцессор

Раздел инструментальной панели **Постпроцессоры**

- для стержневых и пластинчатых элементов реализована визуализация поперечной арматуры с заданным шагом размещения хомутов.

Раздел инструментальной панели **Деформации**

- введена визуализация и анимация форм колебаний и форм потери устойчивости;

Разделы инструментальной панели **Деформации, Эпюры усилий, Напряжения**

- введено отображение результатов расчета комбинаций нагрузок.

Фильтры

- введена кнопка сброса фильтров и их настройки в начальное состояние



Исправлены многочисленные старые

и внесены не менее многочисленные новые ошибки



Маленькие хитрости

Раздел содержит советы как использовать функции SCAD для выполнения нестандартных операций или информацию о недокументированных возможностях программы

Как сформировать подсхемы и собрать схему, не прибегая каждый раз к режиму Новая схема?

При создании расчетных схем с использованием сборки всякий раз для формирования очередной подсхемы приходится прибегать к режиму **Новая схема**. Если порядок сборки и набор участвующих в сборке схем четко определен, то этой процедуры можно избежать. Для этого достаточно после завершения формирования очередной подсхемы активизировать раздел инструментальной панели **Управление**, вызвать из меню **Проект** операцию **Сохранить как...** и запомнить готовую подсхему под уникальным именем. После этого в разделе **Схема** нажать



кнопку **Удаление текущей схемы** и после удаления сформировать следующую подсхему, повторив для нее операцию сохранения под новым именем, и так далее. Последней создается схема, на которой выполняется сборка (Основная схема). И, наконец, можно выполнить сборку, используя все ранее созданные подсхемы.

Вопросы и ответы

Раздел содержит ответы на вопросы, которые наши пользователи задавали сотрудникам подразделения технической поддержки. Мы надеемся, что ответы на эти вопросы могут быть полезны и другим пользователям

Электропроект г. Ставрополь

1. Вопрос

В инструкции по SCAD DOS отсутствует описание файлов с именами f98 и f99, что это за файлы?

Ответ

Это рабочие файлы подсистемы подбора арматура.

2. Вопрос

Входит ли в полный расчет этап вычисления расчетных сочетаний усилий и армирования элементов?

Ответ

При подготовке исходных данных в текстовом формате могут быть заданы данные как для вычисления РСУ, так и для подбора арматуры. Однако при выполнении расчета вычисляются только РСУ, а данные для подбора арматуры попадают в постпроцессор армирования, где могут быть (если это необходимо) откорректированы в табличной форме. Подбор арматуры выполняется из постпроцессора армирования по нажатию клавиши F5.

3. Вопрос

Выполняется ли для модуля армирования 2 расчет для других видов сечения стержня, кроме прямоугольного?

Ответ

Для модуля армирования 2 (пространственный стержень) предусмотрен расчет только для прямоугольных сечений. В настоящее время ведутся работы для включения в расчет и некоторых других видов сечений в версии SCAD для Windows.

4. Вопрос

Можно ли считать на сейсмические воздействия здания менее 5-ти этажей?

Ответ

Да, можно, задав этажность 5.

5. Вопрос

После нормального завершения задачи были сформированы только файлы P01, P02, P03, а где остальные файлы с результатами?

Ответ

Остальные результаты, определяющие напряженно-деформированное состояние системы формируются в постпроцессоре печати, где назначаются вид и содержание выходных таблиц по каждому виду результатов. Данные о подборе арматуры порождаются постпроцессором армирования.

6. Вопрос

Можно ли считать каркасное здание с кирпичным заполнением? Какие можно использовать конечные элементы.

Ответ

В комплексе нет ограничений на конструктивные решения рассчитываемых зданий, нужно только уметь составить адекватную расчетную схему.

При расчете каркасных зданий с кирпичным заполнением для моделирования каркаса используются стержневые элементы, а для стенового заполнения могут использоваться элементы

оболочки, для которых должны быть заданы соответствующие жесткостные характеристики и условия примыкания к каркасу. Можно использовать элементы ортотропной оболочки, с помощью которых более точно учитываются особенности работы кирпичной кладки и ее неодинаковая жесткость по разным направлениям. В тех случаях, когда кирпичное заполнение не является несущим и не работает совместно с каркасом, его можно моделировать нагрузками, не вводя элементы в расчетную модель, при этом для сейсмических расчетов не нужно забывать учесть массу стенового заполнения.

Моспроект 2 г. Москва

1. Вопрос

В приведенной ниже расчетной схеме в результате расчета получена ошибка контроля точности решения 99%. Почему?

Ответ

Составленная расчетная схема была геометрически изменяемой. В ней были возможны следующие перемещения:

а) повороты всех узлов, расположенных в плоскостях стен, вокруг нормалей к этим плоскостям (это связано с тем, что конечный элемент оболочки не воспринимает соответствующих крутящих моментов);

б) смещения системы в целом, как жесткого тела по направлениям осей X и Y.

Несмотря на то, что комплекс SCAD устраняет геометрическую изменяемость самостоятельно в процессе решения, это может привести к потере точности при решении задач с большим числом свободных перемещений (многократно изменяемых).

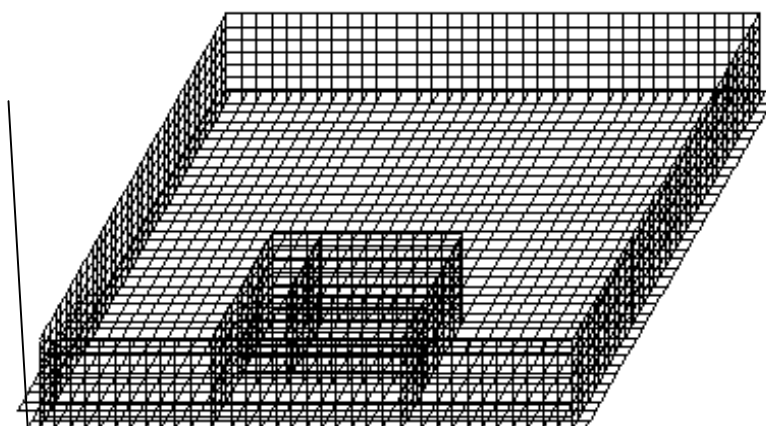
Для устранения геометрической изменяемости необходимо:

наложить связи на повороты узлов стенки вокруг нормали - UX для узлов на стенках, параллельных плоскости YOZ, и UY на стенках, параллельных плоскости XOZ;

запретить перемещения системы как жесткого целого, для чего рекомендуется использовать внешне статически определимую систему закреплений.

После внесения указанных изменений в расчетную схему никаких проблем с точностью решения не возникло.

Связь по направлениям X, Y



Связь по направлению X

Внутренний мир SCAD

Раздел содержит описание некоторых алгоритмов, которые использованы в SCAD.

Как выполняется анализ устойчивости конструкции

Для каждого указанного пользователем нагружения (или комбинации нагружений) SCAD позволяет определить:

- коэффициент запаса устойчивости;
- первую форму потери устойчивости (без анализа кратности);
- свободные длины стержневых элементов.

Постановка задачи

Задача устойчивости решается в классической постановке для упругой системы и в предположении, что все приложенные к системе внешние нагрузки (следовательно и внутренние силы) растут пропорционально одному и тому же параметру λ . То значение параметра λ , при котором матрица жесткости системы $A(\lambda)$ впервые перестает быть положительно определенной является критическим, а соответствующее значение λ — коэффициентом запаса устойчивости (КЗУ). Матрица жесткости $A(\lambda) = A_0 - B(\lambda)$ состоит из “обычной” матрицы жесткости A_0 и матрицы “толкающих” реакций $B(\lambda)$, которые определяются сжимающими силами в стержнях, напряжениями сжатия в конечных элемента оболочечного типа и т.п. Напоминаем, что положительная определенность матрицы жесткости означает, что при любых значениях узловых перемещений и поворотов u , потенциальная энергия системы положительна (это значит, что для деформирования системы необходимо затратить энергию и, следовательно, она оказывает сопротивление деформированию, она *является отпорной*).

Если система теряет устойчивость, то она теряет отпорность и ее матрица жесткости становится вырожденной (с нулевым детерминантом), а в закритическом состоянии система получает отрицательную отпорность (при ее принудительном деформировании выделяется ранее накопленная потенциальная энергия “толкающих” реакций) и ее матрица жесткости становится знаконеопределенной.

Таким образом, задача оценки устойчивости равновесия сводится к проверке положительной определенности матрицы жесткости при пробном значении коэффициента λ .

Необходимо отметить, что с помощью проверок матрицы жесткости можно отыскать только те критические состояния, при которых потеря устойчивости происходит по форме, когда узловые перемещения и повороты не все вместе равны нулю (это, так называемая, явная форма потери устойчивости). Нужно еще проверить, что при пробном значении λ не может произойти так называемая скрытая форма потери устойчивости, которая реализуется в пределах одного конечного элемента и не вызывает узловых перемещений и поворотов. Поскольку для всех типов конечных элементов соответствующие критические величины $\lambda_{кр}$ известны (они вычисляются по простым формулам), то это значит, что следует кроме всего прочего проверить неравенство $\lambda > \lambda_{кр}$ для всех конечных элементов.

Поиск коэффициента запаса устойчивости

Поиск коэффициента запаса устойчивости ведется в интервале $[0, \Lambda]$, где Λ - число, заданное пользователем (оценка того значения КЗУ, которое считается уже безразличным для оценки качества системы) и с точностью ε , которая также задается пользователем.

При этом решается задача определения минимального λ , при котором происходит вырождение матрицы $A(\lambda)$.

Матрица $A(\lambda)$ составляется из матриц устойчивости отдельных КЭ. Если в системе нет ни одного элемента, способного терять устойчивость (например, в стержневой системе все стержни растянуты), то выдается сообщение, что система *“абсолютно устойчива”*.

Далее, проверяется устойчивость системы при $\lambda = \Lambda$ (т.е. положительная определенность матрицы $A(\Lambda)$). Если это условие выполнено, то выдается сообщение о том, что КЗУ больше заданного максимума.

Если условие положительной определенности $A(\Lambda)$ не выполнено (об этом свидетельствуют отрицательные значения на главной диагонали матрицы жесткости, преобразованной в процессе решения системы уравнений), производится анализ положительной определенности матрицы $A(\Lambda/2), \dots$, т.е. используется стандартный метод половинного деления. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не найден интервал (λ_1, λ_2) такой, что $\lambda_2 - \lambda_1 \leq \varepsilon$ и $A(\lambda_1)$ положительно определена, а $A(\lambda_2)$ этим свойством не обладает. При этом величина λ_1 считается КЗУ.

При составлении матрицы устойчивости для каждого КЭ (способного терять устойчивость) вычисляется значение $\lambda_{кр}$, значение которого приводит к "потере устойчивости КЭ". Если $\min \lambda_{кр} < \Lambda$, то интервал поиска сокращается, а номер элемента, для которого достигается $\min \lambda_{кр}$, сообщается в протоколе.

Форма потери устойчивости

В предположении, что определенный на первом этапе коэффициент запаса устойчивости является точным, SCAD производит решение задачи об определении собственного вектора при известном собственном значении задачи

$$(A - B(\lambda_1)) u = 0. \quad (*)$$

Заметим, что правые части системы равны нулю, т.е. отыскиваются такие значения узловых перемещений и поворотов u , которые вызываются только внутренними сжимающими напряжениями и усилиями. "Поперечные" нагрузки, как известно, не влияют на значения критических сил и вид формы потери устойчивости. Поскольку уравнение (*) решено при нулевой правой части, то форма потери устойчивости определена лишь с точностью до множителя, ее уменьшение или увеличение в любое число раз не нарушает условие (*).

Свободные длины

Если в системе имеются стержневые элементы, то можно определить их свободные длины, т.е. длины таких же, но шарнирно опертых стержней, у которых критическая сила $N_{кр}$ совпадает с продольным усилием в стержне системы $\lambda_1 N$ в момент потери устойчивости. Поскольку по формуле Эйлера

$$N_{кр} = \pi^2 EJ / l^2,$$

то свободная длина будет равна

$$l_0 = (\lambda_1 N / \pi^2 EJ)^{1/2},$$

где EJ - жесткости стержней в главных плоскостях инерции (для пространственной задаче - по 2 для каждого стержня).

Как подбирается поперечная арматура в плитах и оболочках

1. Для каждого элемента плиты (оболочки) выполняется подбор арматуры по прочности от действия отдельно перерезывающих сил Q_x и Q_y по методике "Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНИП 2.03.01-84)" [1].

Проверка прочности производится из условия (50) [1]:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw},$$

где: $Q_b = M_b / C$, $Q_{sw} = q_{sw} C_0$.

В случае, когда условие (57) [1] $q_{sw} \geq Q_{b, \min} / 2h_0$ не выполняется, разрешается его не выполнять (см. [1], стр.36, 2-й абзац), если принять

$$M_b = 2h_0^2 q_{sw} \phi_{b2} / \phi_{b3},$$

В этом случае всегда принимается $c_0 = 2h_0$, но не более c .



Для обеспечения прочности по наклонной полосе между наклонными трещинами производится проверка условия (47) [1] (или (72) СНИП)

$$Q \leq 0.3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_b b h_0 .$$

2. Определение R_{bt} в нашей программе происходит по таблице 13 СНИП (при $\gamma_{b2} = 1$). Поэтому мы корректируем R_{bt} с использованием коэффициента γ_{b2} .

Например, при осевом растяжении для тяжелого бетона класса В25 при $\gamma_{b2}=0.9$

$$R_{bt} = 10.7 * 0.9 = 9.63 \text{ (кгс/см}^2\text{)}.$$

3. Хотелось бы обратить внимание, что сравнивая результаты подбора поперечной арматуры по SCAD и Мираж, надо учитывать, что мы выдаем площадь арматуры (A_{sw}), а Мираж - интенсивность хомутов (q_{sw}). Соответственно, $q_{sw} = R_{sw} A_{sw} / s$ или $A_{sw} = q_{sw} s / R_{sw}$.

Планы на будущее

В ближайшие версии SCAD будут включены следующие функции:

- Задания и отображения температурных нагрузок
- Возможность численного задания жесткостей стержневых элементов
- Преобразование файлов формата DXF (AutoCAD) в расчетную схему SCAD (с учетом особенностей AutoCAD версий 13, 14)
- Отображение расчетной схемы с удаленными невидимыми линиями с учетом освещенности

.....

Мы ждем Ваших предложений, вопросов и пожеланий

Интернет: <http://www.scadgroup.com>