

АННОТАЦИЯ

Пакет предназначен для выполнения нелинейных прочностных расчетов монолитных фундаментных плит средствами ПК ЛИРА с проверкой результатов моделирования в ПК ANSYS. Пакет содержит три файловых утилиты для Windows XP SP2, ... , Windows 7:

1. Утилита LIRATRC.EXE предназначена для преобразования нагрузок на заданный фрагмент (внутренних усилий в узлах, ограничивающих фрагмент) в узловые нагрузки конечно-элементной модели (КЭ-модели). Утилита обрабатывает текстовый файл для процессора ПК ЛИРА 9.2, 9.4, содержащий КЭ-модель монолитного каркаса сооружения.

2. Утилита SLABIMIT.EXE предназначена для корректировки жесткостей пластин в результатах нелинейного расчета, выполненного в ПК ЛИРА 9.2, 9.4. Утилита обрабатывает файл *#00.* и создает на его основе новый файл результатов *#00. Жесткости нелинейно-упругих пластин во всех пластинчатых элементах заменяются на жесткость заданного номера, а тип нелинейного элемента пластины заменяется на соответствующий тип линейного элемента. При этом внутренние усилия в элементах остаются неизменными.

3. Утилита MODLCONV.EXE предназначена для преобразования нелинейно-упругой модели фундаментной плиты, построенной в ПК ЛИРА 9.2, в структурно-эквивалентную модель ПК ANSYS. Исходная модель содержит необходимую линейно-упругую часть монолитного каркаса и фундаментную плиту, построенную на физически-нелинейных элементах. Допускается использование усиливающих арматурных конструкций в теле фундаментной плиты. Утилита обрабатывает текстовый файл для процессора ПК ЛИРА 9.2.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Установка и регистрация программ
2. Работа с утилитой LIRATRC.EXE
 - 2.1. Назначение, исходные данные, действия оператора
 - 2.2. Пример преобразования модели
3. Работа с утилитой SLABIMIT.EXE (Назначение, исходные данные, действия оператора)
4. Работа с утилитой MODLCONV.EXE
 - 4.1. Назначение, исходные данные, действия оператора
 - 4.2. Требования к исходной модели. Особенности преобразования модели
 - 4.3. Макросы расчета на раскрытие трещин в ANSYS

1. Установка и регистрация программ

В архиве Reconstruction_1.zip упакована одноименная папка. Извлеките из архива эту папку и поместите в любое удобное место, можно на рабочий стол. Эта папка будет рабочей папкой утилит, исходные файлы помещаются сюда и находятся вместе с файлами *.EXE утилит, выходные файлы создаются здесь же. К каждому исполняемому файлу можете создать ярлык. Следите, чтобы текущий каталог в ярлыке был каталогом размещения утилит.

Помимо файлов утилит в рабочем каталоге размещаются файлы Exchange.exe и LICOS.EXE, обеспечивающие работу утилит. Эти файлы недоступны для запуска пользователем.

После запуска любой утилиты зарегистрируйте пакет утилит: нажмите любую клавишу в ответ на сообщение "...press any key", после чего отвечайте на запросы модуля регистрации. Этот модуль выдаст вам на дисплей код компьютера из 18 символов (группами по три через дефис). Код сообщите поставщику, чтобы получить ответный код из 18 символов. Ответный код введите при следующем запуске программы по запросу на регистрацию. Код вводить в верхнем регистре без пробелов, тире и проч., завершить ввод <enter>.

После регистрации в рабочем каталоге будет создан файл RESPONSE.KEY, который нельзя удалять или изменять.

Утилита MODLCONV.EXE работает без регистрации с ограничением на число узлов, остальные утилиты без регистрации не работают.

2. Работа с утилитой LIRATRC.EXE

2.1. Назначение, исходные данные, действия оператора

Программа предназначена для преобразования нагрузок на заданный фрагмент (внутренних усилий в узлах, ограничивающих фрагмент) в узловые нагрузки конечно-элементной модели (КЭ-модели). В пакете «РЕКОНСТРУКЦИЯ» программа служит для понижения размерности решаемой задачи: КЭ-модель монолитного каркаса многоэтажного здания имеет неприемлемо большую размерность для расчета НДС фундамента на основе физически-нелинейных пластинчатых элементов. Однако эту модель можно заменить статически эквивалентной моделью, в которой верхние конструкции удалены и в плоскости отсечения приложены нагрузки, равные внутренним усилиям в сечении исходного каркаса. Предполагается первоначально построить **линейно-упругую** модель каркаса, выполнить расчет НДС и сформировать таблицу нагрузок на нижнюю (подвальную) часть со стороны верхней части каркаса. Далее с помощью утилиты LIRATRC.EXE из исходной модели строится новая модель внедрением нагрузок названной таблицы по всем загрузкам. После удаления верхней части сооружения в ЛИР-ВИЗОР получаем статически эквивалентную модель, в которой теперь линейно-упругие элементы фундамента можно заменить физически нелинейными элементами для последующего расчета. По наличию разрушений при заданном армировании фундаментной плиты (ФП) можно сделать вывод о работоспособности фундамента.

Утилита выполнена как консольное приложение и обрабатывает следующие входные файлы, подготовленные в ПК ЛИРА 9.2, 9.4: текстовый файл для процессора “model.txt”, содержащий линейно-упругую КЭ-модель сооружения; файл “loadfrag.txt”, содержащий таблицу нагрузок на фрагмент КЭ-модели «НАГРУЗКИ НА ФУНДАМЕНТ В УЗЛАХ ОСНОВНОЙ СХЕМЫ». Выходные данные утилиты: КЭ-модель в формате текстового файла для процессора с внедренными нагрузками на фрагмент “modelnew.txt”.

Действия оператора:

1. Сформировать таблицу «НАГРУЗКИ НА ФУНДАМЕНТ В УЗЛАХ ОСНОВНОЙ СХЕМЫ». Для этого выполнить расчет нагрузок на фрагмент (в режиме визуализации результатов: Меню «Усилия» → Нагрузка на фрагмент → Рассчитать). Вывести таблицу в файл (Меню «Окно» → Стандартные таблицы → Нагрузка на фрагмент → Кнопка «Просмотр» → Меню «Файл» → Сохранить как → loadfrag.txt).

2. Поместить в каталог с программой LIRATRC.EXE файлы исходных данных: файл “loadfrag.txt” по п. 1 и текстовый файл для процессора “model.txt”, содержащий модель сооружения. Стартовать утилиту в текущем

каталоге. Утилита сформирует в текущем каталоге файл “modelnew.txt” и сообщит об успешном завершении работы.

3. Сформированный файл “modelnew.txt” поместить в каталог текстовых файлов ЛИРБЫ (по умолчанию LDATA). Если модель имеет суперэлементы — проверить, что они описаны в файлах *.txt в этом же каталоге. Импортировать модель modelnew.txt в ЛИР-ВИЗОР. Сохранить.

Требования к исходной модели:

допускаются виды загрузки: постоянное, временное длительное, кратковременное, статическое ветровое для пульсации. Мгновенное загрузке не допускается!

в названиях загрузок нельзя использовать символ «|»; длина названия до 50 символов;

узловые (локальные) системы координат в модели должны быть ориентированы по умолчанию;

утилита отлажена на моделях, содержащих жестко связанные между собой оболочечные и стержневые элементы, а также одноузловые элементы типа 51. Для получения надежного результата преобразования следует работать именно с такими моделями.

Работа утилиты основана на внедрении в документы 6 и 7 файла *.txt сведений о нагрузках на фрагмент, остальные документы остаются неизменными.

Нет оснований ожидать, что утилита не будет работоспособной для специфических моделей, особенности которых не затрагивают формат документов 6 и 7. Тем не менее, о результатах применения утилиты к моделям с особенностями, не проверенными тестированием, просьба информировать разработчика. В частности, при тестировании утилиты не использовались АЖТ, объединение перемещений и шарниры с расшивкой узлов.

При нормальной работе утилиты информационные сообщения о ходе выполнения не выводятся. Необходимости в них нет: если рабочий каталог находится на винчестере и размер файла “model.txt” до 5 МБ, время выполнения составляет несколько секунд.

2.2. Пример преобразования модели

На рис. 2.1 показана модель железобетонного каркаса здания с линейно-упругими элементами, в которой основание под ФП задается коэффициентом постели. В модель будет внедрена система нагрузок, образованная внутренними усилиями по горизонтальному сечению каркаса на уровне фундаментной плиты (правильнее сказать, это сечение выше ФП на бесконечно малую величину).

Подготовьте данные для расчета нагрузок на фрагмент. Для этого выполните расчет и перейдите в режим визуализации результатов. Фрагментируйте часть каркаса непосредственно над ФП (Рис. 2.2, справа).

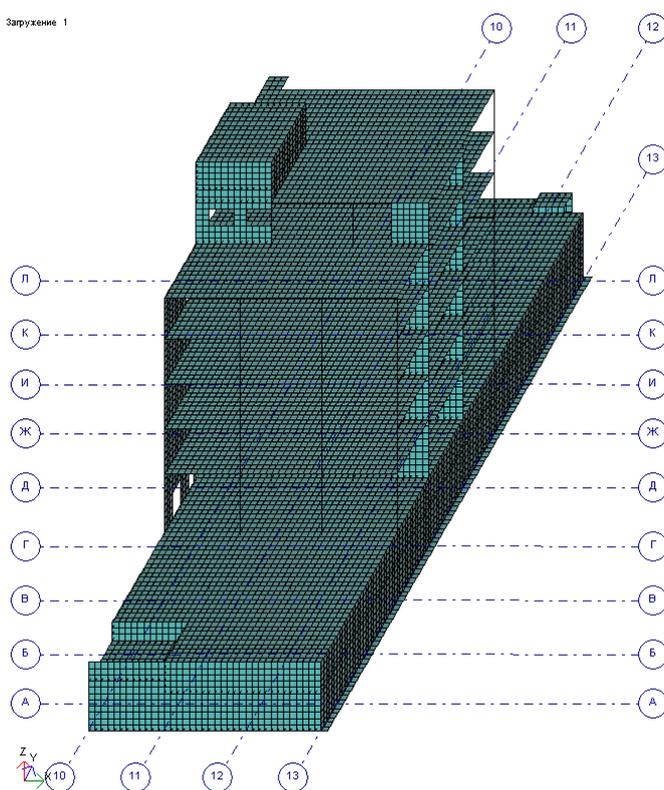


Рис. 2.1

Фрагментированная часть не должна содержать узлов, не принадлежащих элементам фрагмента. Чтобы это обеспечить, можно повторно фрагментировать созданный фрагмент, отметив только элементы фрагмента (но не узлы). Важно: в числе фрагментированных элементов должны быть **все** элементы, примыкающие к ФП сверху. Внесите фрагментированные элементы в список фрагмента:

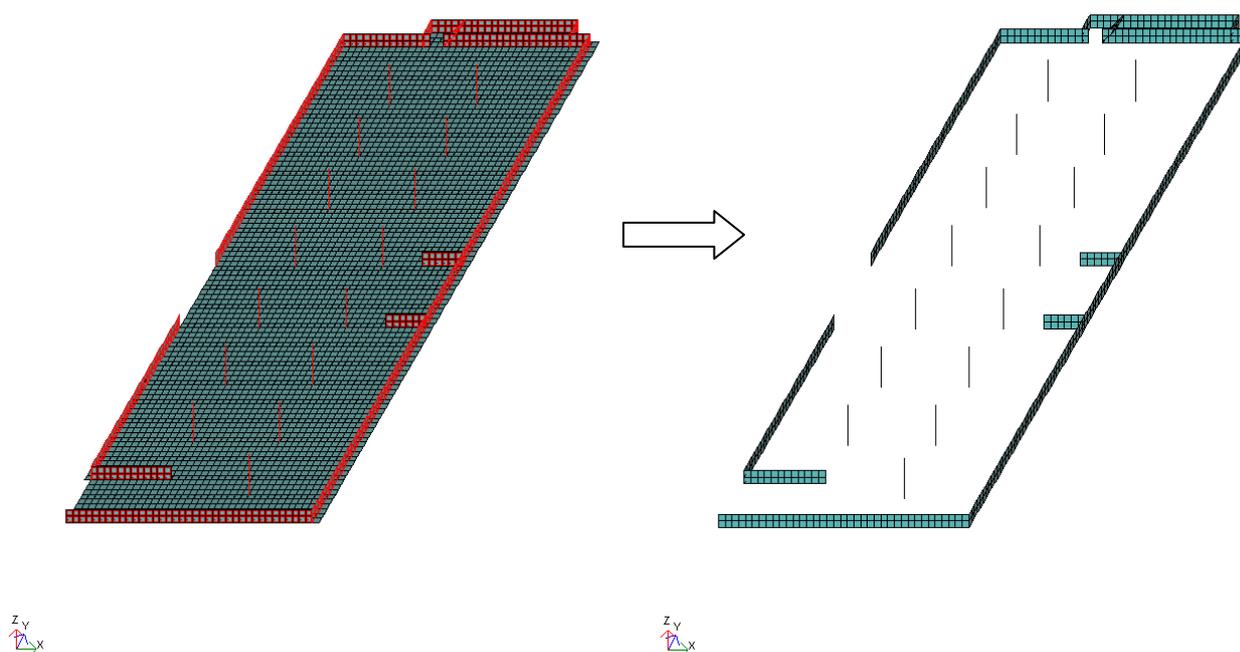


Рис. 2.2. Переход к фрагменту из вертикальных элементов

Отметить все фрагментированные элементы → Меню «Усилия» → Нагрузка на фрагмент → «Обновить».

Не закрывая диалогового окна «Расчет нагрузок на фрагмент» выделить узлы примыкания фрагмента к ФП (Рис. 2.3) и внести эти узлы в список узлов примыкания фрагмента. Рассчитать нагрузку на фрагмент.

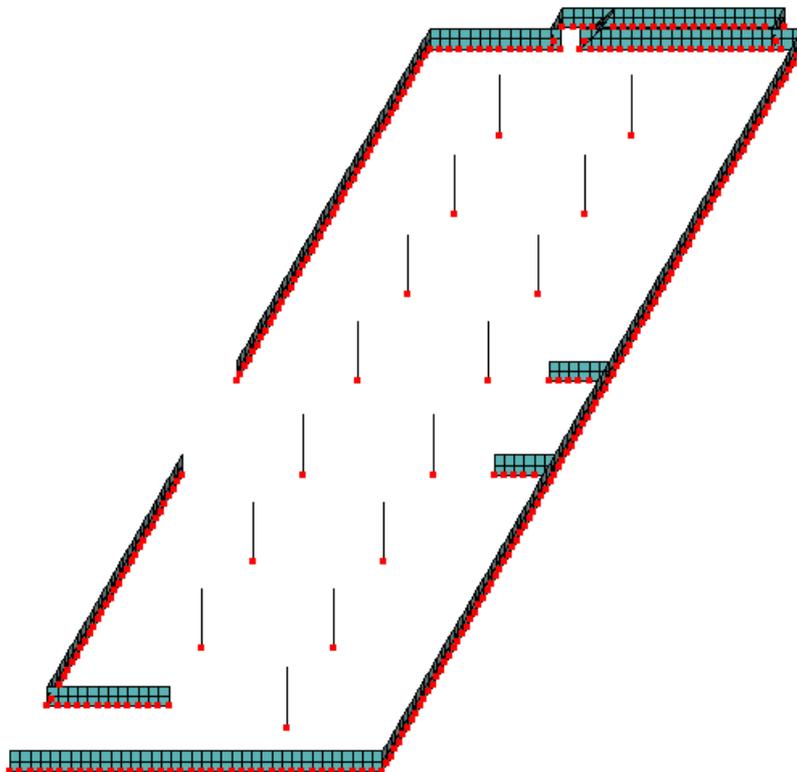


Рис. 2.3

Пользуясь диалоговым окном «Стандартные таблицы» сформировать таблицу «НАГРУЗКИ НА ФУНДАМЕНТ В УЗЛАХ ОСНОВНОЙ СХЕМЫ». Ее можно сформировать как кнопкой «Просмотр», так и кнопкой «Применить». Сохранить таблицу под именем “loadfrag.txt”.

Создайте копию вашей модели в формате текстового файла для процессора под именем “model.txt”.

На основе созданных текстовых файлов с помощью утилиты LIRATRC.EXE создайте файл “modelnew.txt”, поместите его в каталог текстовых файлов ЛИРЫ, импортируйте задачу.

В модели “modelnew” удалите все элементы — источники внедренных нагрузок. Для этого удалите сам фрагмент и все вышележащие элементы, не оставляя висячих узлов. В данном примере должна остаться только фундаментная плита¹. В узлах примыкания фрагмента к оставшейся части

¹ В данном примере удаление удобно выполнить так: отметить все узлы выше ФП и все элементы над ней, кроме самых нижних элементов, примыкающих к ФП, затем отмеченное удалить.

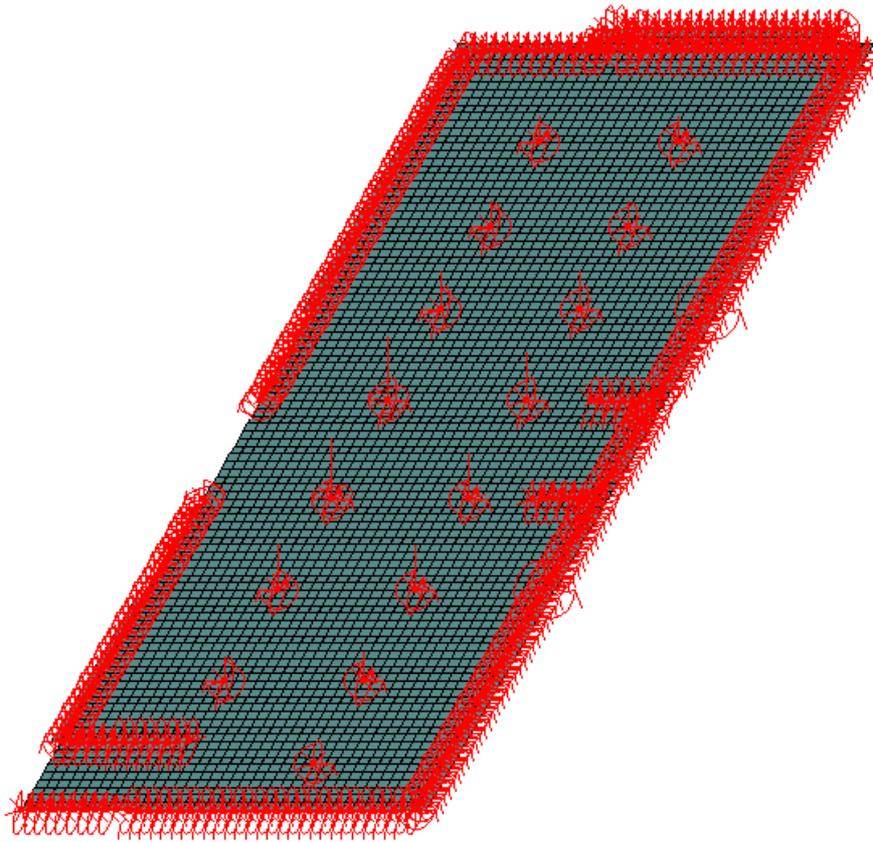


Рис. 2.4

конструкции можно будет увидеть нагрузки от удаленной части в любом из загрузений (Рис. 2.4).

Вы создали модель, статически эквивалентную исходной модели в смысле нагрузок на фундамент. Проверьте эквивалентность, для чего сравните цветовые схемы внутренних усилий в фундаменте исходного и усеченного сооружений. Сколь-нибудь заметных различий вы не обнаружите.

Если вы предполагаете далее вести расчет фундамента, изменив его жесткость переходом к физически-нелинейным оболочечным элементам, то данный пример неудачен. После изменения жесткости фундамента в исходном сооружении существенно изменятся внутренние усилия в плоскости отсечения, и нарушится статическая эквивалентность исходного и усеченного сооружений. Таковая эквивалентность будет обеспечиваться, только если вы сохраните в составе усеченного сооружения хотя бы одно перекрытие над ФП, так чтобы нагрузки со стороны отсеченной части прилагались через это перекрытие.

3. Работа с утилитой SLABIMIT.EXE

(Назначение, исходные данные, действия оператора)

Утилита SLABIMIT.EXE предназначена для изменения жесткостей и типов оболочечных элементов в результатах нелинейного расчета при сохранении вычисленных усилий в элементах. Утилита обрабатывает файл *#00.* и создает на его основе новый файл результатов *#00. Жесткости нелинейно-упругих пластин во всех пластинчатых элементах заменяются на жесткость заданного номера, а тип нелинейного элемента пластины заменяется на соответствующий тип линейного элемента. В пакете «РЕКОНСТРУКЦИЯ» программа обеспечивает проверку адекватности результатов прочностного расчета фундамента в нелинейной постановке. Суть проверки: ПК ЛИРА не позволяет повторно армировать физически нелинейные элементы по усилиям, установленным после расчета. Однако это можно сделать, если нелинейные элементы превратить в линейные при сохранении усилий. Армирование по внутренним усилиям в нелинейных оболочках позволяет проверить, соответствует ли арматура, заложенная в жесткость элемента, этим усилиям. Если обнаружатся элементы, в которых усилия требуют армирования по 1 предельному состоянию большего, чем заложено в элемент, и элемент не испытал разрушения, то расчет неверен. Если по 1 предельному состоянию повторный расчет армирования нелинейных элементов подтверждает адекватность моделирования, но по 2 предельному состоянию обнаружен дефицит арматуры, то прочностной нелинейных расчет не подтверждает трещиностойкость, и армирование следует изменить.

Утилита выполнена как консольное приложение и обрабатывает следующие входные файлы, подготовленные в ПК ЛИРА 9.2, 9.4: файл документов данных "A_02.A", содержащий КЭ-модель сооружения с физически нелинейными оболочечными элементами; двоичный файл решенной задачи "A#00.A" с результатами нелинейного расчета. Выходные данные утилиты: обновленный файл решенной задачи "B#00.B". По запросу утилиты необходимо ввести номер жесткости, который будет присвоен всем нелинейным элементам.

Действия оператора.

До выполнения нелинейного расчета необходимо:

1. Задать имя и шифр задачи, состоящими не более чем из трех символов латиницей². (Далее имя задачи обозначено <имя>.)
2. Упаковать схему с удалением висячих узлов и неиспользуемых жесткостей (остальные опции упаковки по умолчанию).
3. Перенумеровать узлы и элементы схемы с опциями по умолчанию.

² Можно использовать и длинные имена с кириллицей, но есть некоторые ограничения по специальным символам и длине имени. Не рекомендуется пренебрегать требованием п. 1.

4. Задаться номером жесткости линейной оболочки, которую потребуется назначить нелинейным элементам после расчета. Откройте диалоговое окно «Жесткости элементов» и определите этот номер в числе существующих жесткостей. Если такой жесткости в списке нет, то можно назначить номер, следующий за последним номером списка. При этом саму жесткость вносить в список не обязательно — ее параметры можно будет задать уже на этапе армирования.

После расчета:

5. Сохранить расчет и закрыть документ <имя>.lir.
6. Скопировать файлы <имя>#00.<имя> и <имя>_02.<имя> в каталог, где будет выполняться трансформация данных. В этом же каталоге поместить программу SLABMIT.EXE. Переименовать входные файлы, заменив <имя> латинской буквой А. Стартовать утилиту в текущем каталоге. По запросу программы ввести номер жесткости, который будет назначен всем физически нелинейным оболочкам.
7. После трансформации созданный в текущем каталоге файл “В#00.В” переместить в рабочий каталог ЛИРЫ. Удалите файл <имя>#00.<имя> из рабочего каталога и дайте файлу “В#00.В” имя и расширение этого удаленного двоичного файла. Если вы хотите зарезервировать нетрансформированную модель без удаления файлов, то переименуйте нетрансформированный файл <имя>#00.<имя>.
8. Стартуйте ЛИР-ВИЗОР, перейдите в режим визуализации результатов и, не выходя из оболочки, загрузите ЛИР-АРМ. В главном окне ЛИР-АРМ уточните жесткость, которая использовалась для замены. (Меню «Редактирование» → Жесткости элементов... → Отметить нужную жесткость в списке → кнопка «Изменить».) Проверьте все поля с параметрами этой жесткости и при необходимости исправьте.
9. Армируйте оболочки с измененной жесткостью как обычно.

Пояснение к п. 6: после ввода пользователем номера жесткости начинается просмотр файла “А#00.А” и создание файла “В#00.В”. Файл “А#00.А” среди прочих данных содержит 2 таблицы, записи в которых располагаются по порядку номеров элементов и каждая запись содержит характеристики элемента. Информация об обработке очередной записи выводится на консоль. В этой информации для пользователя имеет значение первое выводимое число — номер элемента, по которому можно судить о времени, требуемом до завершения работы. Номера элементов меняются от первого до последнего дважды, по числу таблиц. В конце нормальной работы программы выводится сообщение об успешной трансформации модели. При числе элементов до 35000 ориентировочное время счета 10—20 мин.

4. Работа с утилитой MODLCONV.EXE

4.1. Назначение, исходные данные, действия оператора

Утилита MODLCONV.EXE предназначена для преобразования модели монолитного каркаса, построенной в ПК ЛИРА 9.2, в структурно-эквивалентную модель ПК ANSYS. Исходная модель может содержать физически-нелинейную подмодель фундаментной плиты с усиливающими балками. Требования к исходной модели и особенности преобразования в конечную модель излагаются в следующем подразделе.

Утилита выполнена как консольное приложение и обрабатывает текстовый файл для процессора “modellir.txt”, содержащий КЭ-модель сооружения и подготовленный в ПК ЛИРА 9.2. Выходной результат утилиты — файл “modelans.lgw”, содержащий описание модели как систему команд APDL ANSYS версии 5.3. Перед началом конвертации модели по запросу утилиты необходимо ввести настроечные данные: объемное отношение поперечной арматуры, плотности материалов и номер загрузки, содержащего собственный вес конструкции.

Действия оператора:

1. Поместить в каталог с программой MODLCONV.EXE текстовый файл для процессора “modellir.txt”, содержащий модель сооружения. Стартовать утилиту в текущем каталоге. Утилита запросит следующую информацию, которую необходимо ввести с консоли:

— объемное отношение поперечной арматуры для всей физически-нелинейной плиты VR3. Параметр необходим, поскольку поперечное армирование в нелинейных оболочках ЛИРЫ не предусмотрено. Процент поперечного армирования будет составлять $VR3 \cdot 100\%$;

— общую плотность материалов. Обычно для тяжелого бетона следует ввести расчетную плотность 2750 (размерность кг/м^3). «Общая» в смысле: для большинства элементов сооружения;

— наличие исключений из введенной выше величины плотности. Если пользователь укажет, что исключения есть, то далее потребуется ввести их: задать новую плотность поочередно для каждой жесткости исключений. Ввод нулевой жесткости завершает ввод исключений. Например: если имеется стальная колонна или балка, то вводится номер жесткости этого стержня, затем плотность стали, затем необходимо ввести нулевую жесткость;

— номер загрузки, содержащего собственный вес конструкций.

После ввода указанных данных начинается конвертация модели, о чем свидетельствует бегущая строка на мониторе. По завершении конвертации утилита сообщит об этом. Командный файл “modelans.lgw” с моделью для ANSYS сохраняется в текущем каталоге.

2. Сформированный файл “modelans.lgw” поместить в каталог файлов моделей ANSYS. Стартовать GUI ANSYS; импортировать модель:

Меню утилит “File” → Read Input from... → Открыть файл “modelans.lgw”. После завершения чтения командного файла сохранить базу данных.

Бегущая строка в ходе выполнения утилиты содержит текст, прочитанный из файла “modellir.txt”. При невозможности интерпретировать входной файл на экране остается фрагмент нераспознанного текста.

4.2. Требования к исходной модели. Особенности преобразования модели

При построении исходной модели размерности физических величин задаются по умолчанию (метры, тонны). В результирующей модели размерности задаются в MKS (метр, килограмм, секунда — соответственно, ньютон, паскаль).

Исходная модель *.lir должна быть упакована с удалением висячих узлов и исключением из модели удаленных элементов и узлов.

Исходная модель может содержать только следующие типы элементов:

линейная оболочка (типы 41, 42, 44);

нелинейная оболочка (типы 241, 242, 244);

линейно-упругий стержень (тип 10);

нелинейно-упругий стержень (тип 210);

одноузловая упругая связь (тип 51).

Наличие физически-нелинейных элементов обязательно.

Стержень может иметь только прямоугольное сечение. Нелинейно-упругий стержень может содержать только основной материал (без армирующего) с законом деформирования №11 (экспоненциальным законом). В нелинейной оболочке основной материал задается законом деформирования №14 (кусочно-линейным законом), армирующий материал задается экспоненциальным законом. В параметрах закона №14 не должна присутствовать нулевая точка. Линейная оболочка не должна иметь ненулевые коэффициенты постели. Упругая связь может иметь только направление Z (вертикальное направление).

Суперэлементы не допускаются.

Нелинейные оболочечные элементы образуют обязательно горизонтальную плиту или, может быть, несколько горизонтальных плит на разных отметках. 51 элементы обязательно расположены в узлах нелинейных оболочечных элементов. Армирование нелинейных оболочечных элементов допускается только на двух уровнях (верхняя и нижняя арматура). Нелинейно-упругий стержень может находиться только в составе нелинейной оболочки (соединять узлы нелинейных оболочечных элементов). При конвертации изгибная жесткость такого стержня теряется: он работает только на растяжение и сжатие.

Не допускаются объединение перемещений и шарниры любых видов. Жесткие вставки на концах линейно-упругих стержневых элементов не допускаются. Жесткие вставки на концах нелинейно-упругих стержневых

элементов обязательны к применению, имеют направление Z и одинаковы по величине.

В исходной модели системы координат (СК) нелинейных оболочечных элементов должны быть согласованы так, чтобы одноименные местные и глобальные оси совпадали по направлению. Направления узловых («локальных») СК задаются только по умолчанию.

В модели должны быть заданы локальные загрузки нелинейного расчета; настройки метода расчета не имеют значения. Порядок следования загрузок в нелинейном расчете может быть произвольным. Каждое локальное нагружение в результате конвертации преобразуется в шаг нагружения и записывается в соответствующий файл. При этом номер шага нагружения ANSYS устанавливается в порядке возрастания начиная с 1, тогда как очередной номер загрузки ЛИРЫ определяется из таблицы нелинейных загрузок. Локальные загрузки, из которых формируется единое нагружение нелинейного расчета ЛИРЫ с учетом предыстории, создают суперпозицию загрузок. Шаги нагружения ANSYS не создают суперпозиции, а заменяют друг друга. Поэтому после формирования шагов нагружения, эквивалентных загрузкам ЛИРЫ, может потребоваться построить вручную суперпозицию нагружений ANSYS.

В одном и только одном нагружении ко всем элементам должен быть приложен собственный вес.

К узлам допускается прилагать силы и моменты любого направления; к пластинчатым элементам допускается прилагать равномерно распределенную или трапециевидную силу вдоль местной оси Z ; к стержням допускается прилагать равномерно распределенную силу вдоль местных осей Y или Z .

Особенности преобразования модели поясняются на примере сооружения, показанного на рис. 4.1, *а*. Шаг КЭ-сети модели принят 1 м как для горизонтальных, так и для вертикальных оболочек. Начало глобальной СК находится в узле №17. Объект имеет железобетонную ФП из 4 физически нелинейных элементов; расстановка арматуры показана на рис. 4.1, *б*. ФП подкрепляется балкой на жестких вставках. Еще одна балка служит для передачи распределенной нагрузки на плиту на отметке +2,000. В составе сооружения имеется также одна колонна — все стержневые элементы показаны на рис. 4.1, *а*, выделением. Монолитные стены и перекрытие представлены линейными оболочками. Основание задается 4 элементами №51, расположенными в углах ФП и показанными выделением.

Конвертированная модель показана на рис. 4.2. Каждый физически нелинейный элемент преобразуется в три объемных элемента железобетона SOLID65, расположенных один под другим и работающих как единое целое. Верхний элемент армирован верхней продольной арматурой, «размазанной» по толщине элемента, нижний элемент аналогично армирован нижней арматурой. Толщина верхнего (нижнего) элемента задается так, чтобы арматура, назначенная в ЛИРЕ, располагалась на равном расстоянии от горизонтальных граней элемента. Промежуточный элемент не имеет продольной арматуры.

Суммарная толщина трех элементов равна толщине пластины, порождающей эти элементы. Поперечная арматура во всех элементах одинакова и задается с консоли.

Каждый элемент №51 преобразуется в упругий стержень типа LINK8 длиной 1 м и сечением 1 м², который эквивалентен порождающей упругой связи (рис. 4.2, б).

Если жесткие вставки балки в теле ФП имеют положительную координату z , как в случае на рис. 4.1, то в преобразованной модели балка выносится к узлам между верхним и промежуточным слоями бетона (балка синего цвета на рис. 4.2, б). Если эта координата отрицательна, то балка выносится к узлам между нижним и промежуточным слоями бетона.

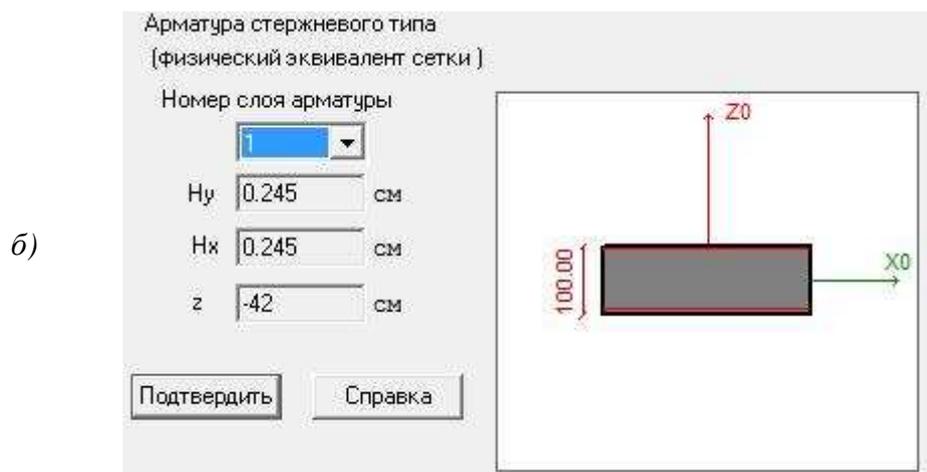
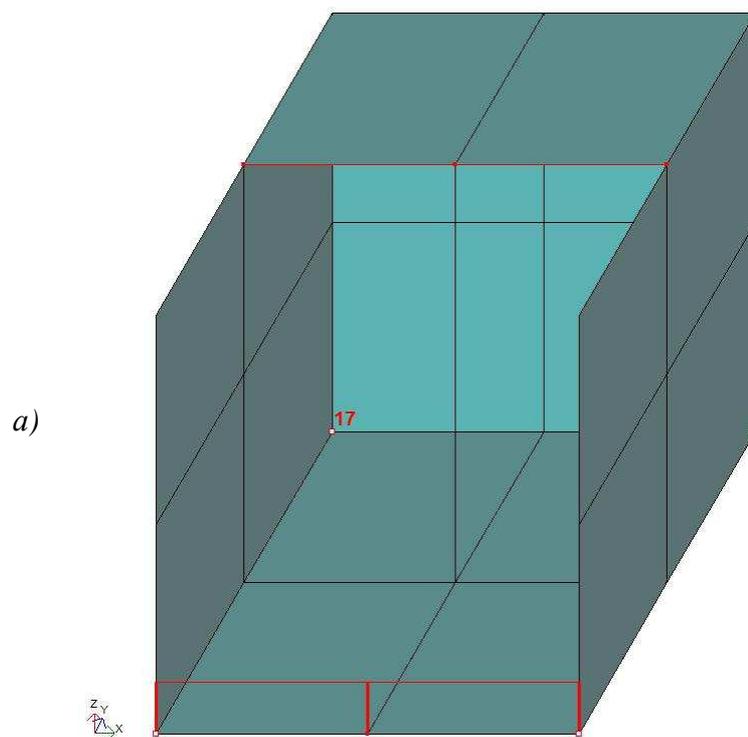
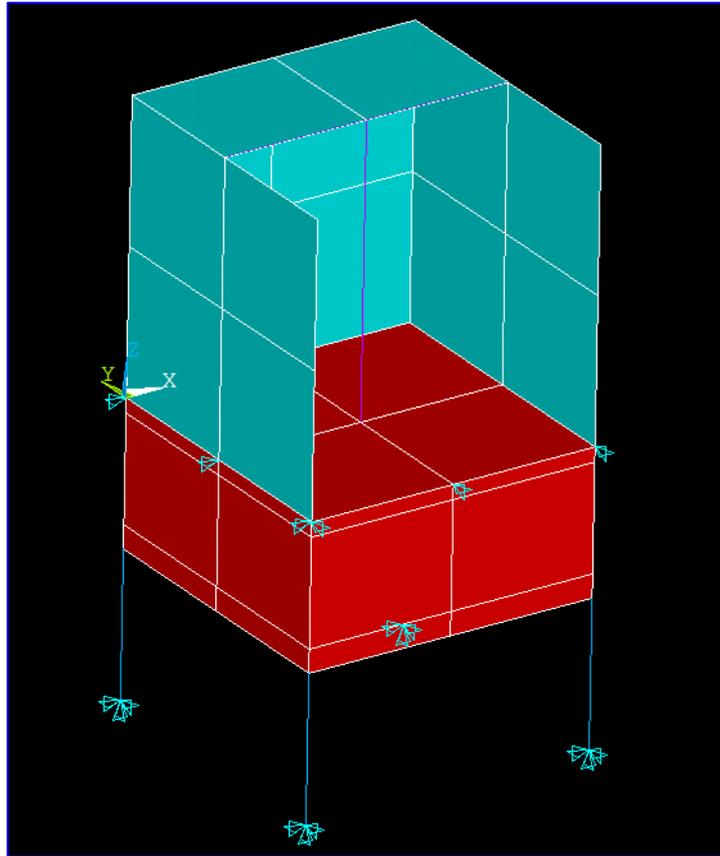


Рис. 4.1

a)



б)

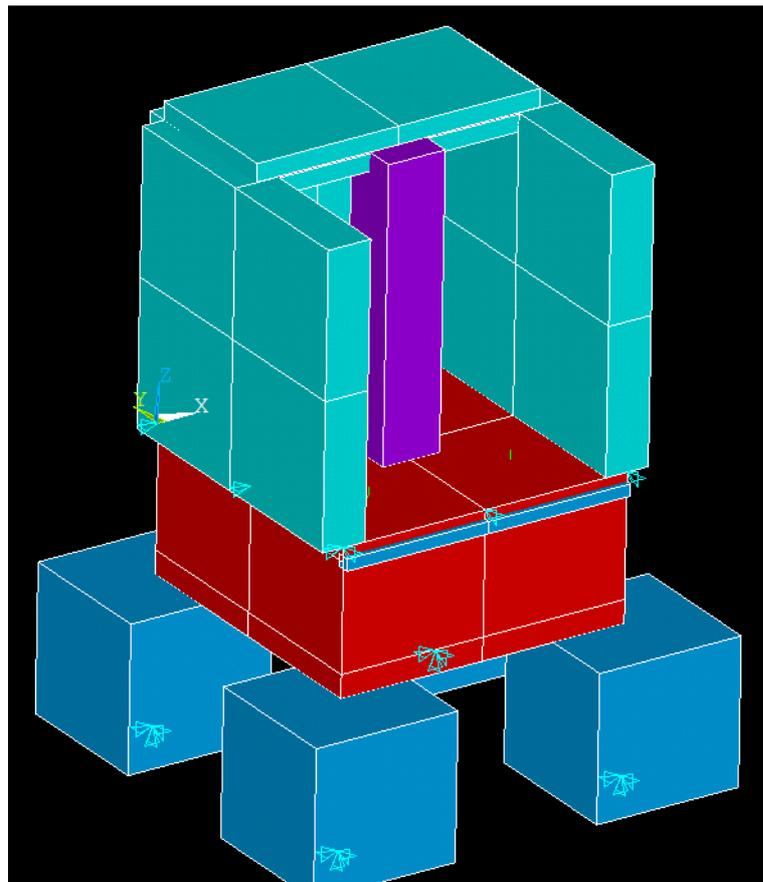


Рис. 4.2. Виды преобразованной модели: а) без учета действительных констант; б) с учетом действительных констант

В рассматриваемой исходной модели загрузка 1 содержит собственный вес конструкций, а также вес конструкций, не вошедших в модель и заданных как нагрузки (рис. 4.3, *а*, нагрузки выделены). В преобразованной модели этому соответствует шаг нагружения 1, в котором собственный вес заменяется вертикальным ускорением земли 10 м/с^2 (рис. 4.3, *б*). Плотности

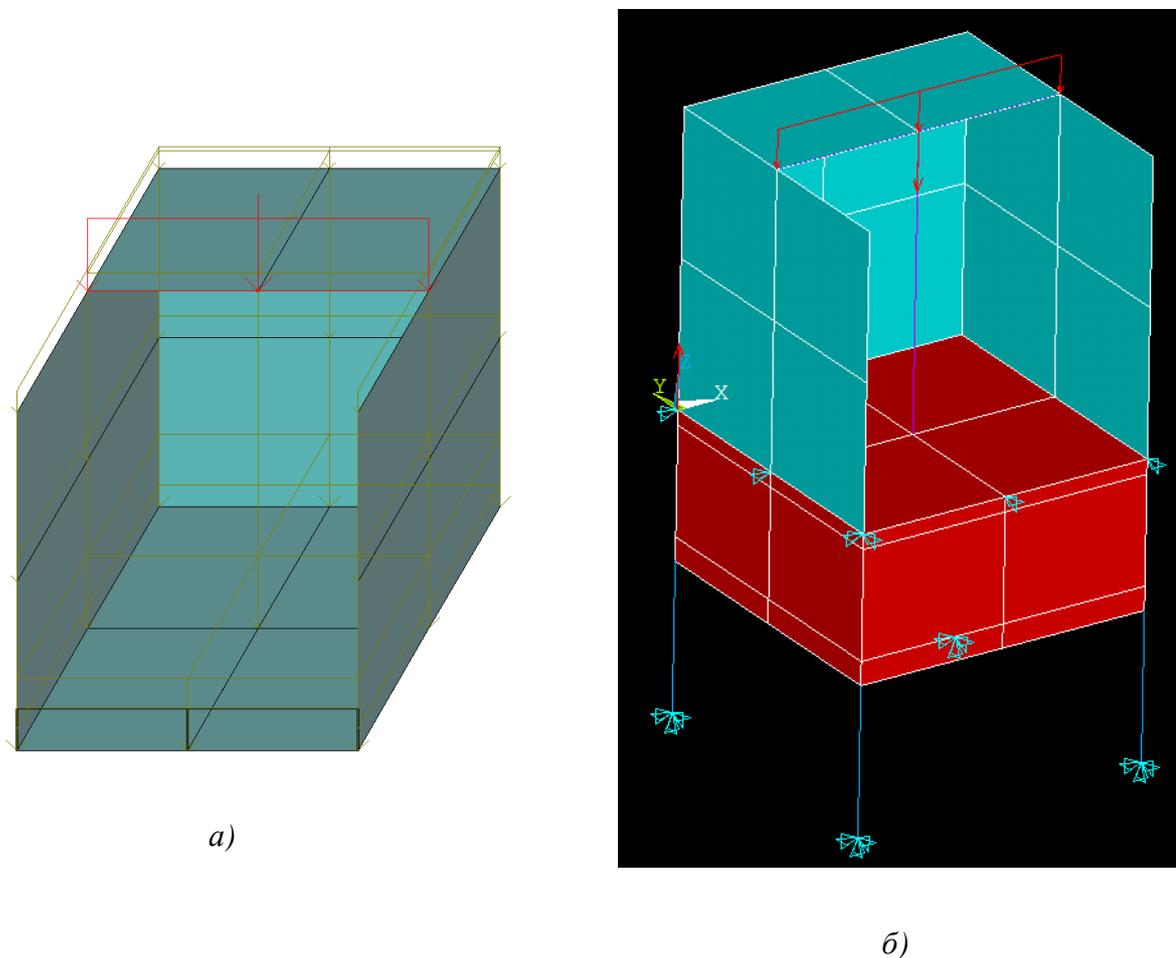


Рис. 4.3

конструкций при этом назначаются с консоли, и формирование шага нагружения сводится к проверке соответствия введенных плотностей и удельных весов в модели — если обнаружится несоответствие, конвертация прекращается.

Загрузка 2 исходной модели содержит нагрузки на монолитные конструкции от покрытий и засыпок. Боковая нагрузка от грунтовой засыпки на вертикальных оболочках трапециевидная (рис. 4.4, *а*). Загрузка 2 преобразуется в шаг нагрузки 2, в котором трапециевидная нагрузка преобразуется в постоянное по поверхности давление для каждого элемента путем усреднения этой нагрузки во всех узлах элемента (рис. 4.4, *б*). Таким образом, трапециевидная нагрузка на группе элементов превращается в ступенчато нарастающее давление.

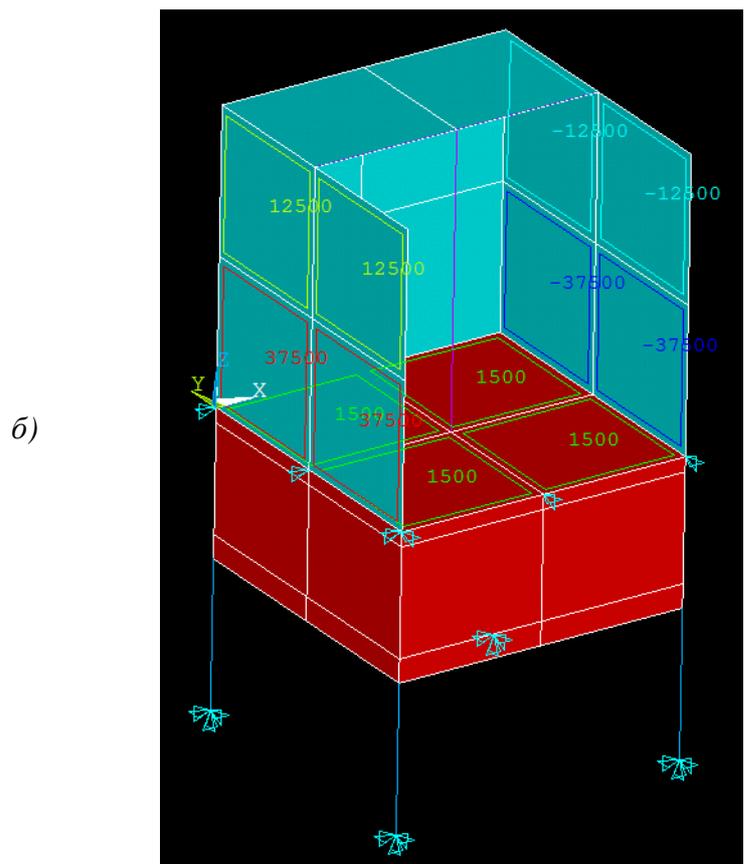
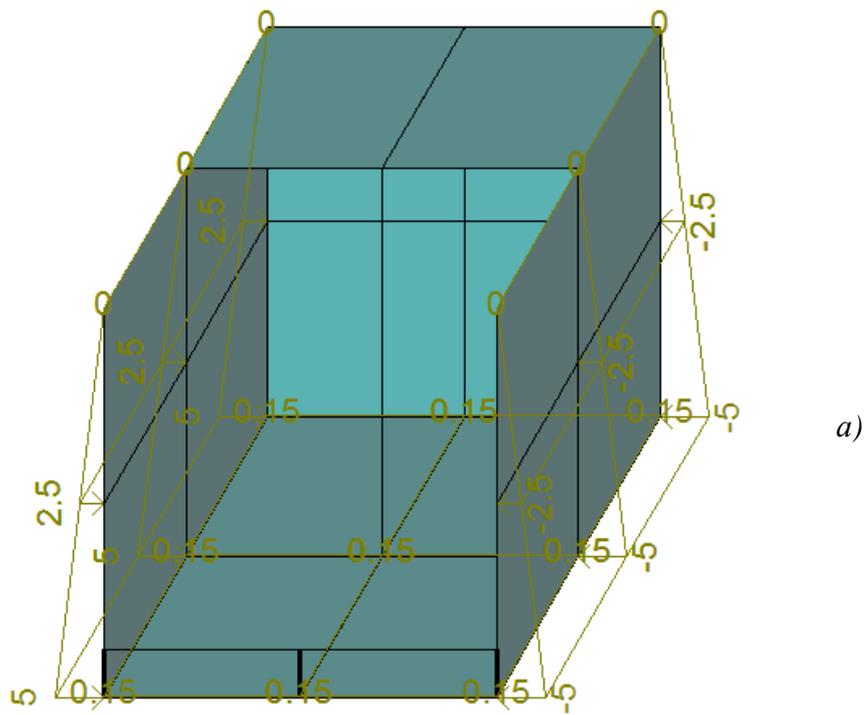


Рис. 4.4

На рис. 4.5 показаны направления армирующих стержней в железобетонных элементах. Все три направления устанавливаются в соответствии с направлениями глобальных координатных осей.

При конвертации номер каждого материала элемента модели ANSYS полагается равным номеру жесткости элемента модели ЛИРЫ. Это верно также для нелинейных оболочек: номер материала бетона в каждом из трех слоев равен номеру жесткости порождающей оболочки. Для армирующих стержней нелинейных оболочек номер материала после конвертации равен номеру жесткости элемента плюс 100. Номер материала поперечной арматуры равен номеру материала продольной арматуры в каждой порожденной тройке элементов.

Для каждой жесткости нелинейной оболочки формируется три набора действительных констант, соответственно для нижнего, промежуточного и верхнего армированного слоя. Номера наборов идут подряд, с возрастанием от нижнего к верхнему элементу (рис. 4.6).

Рис. 4.5

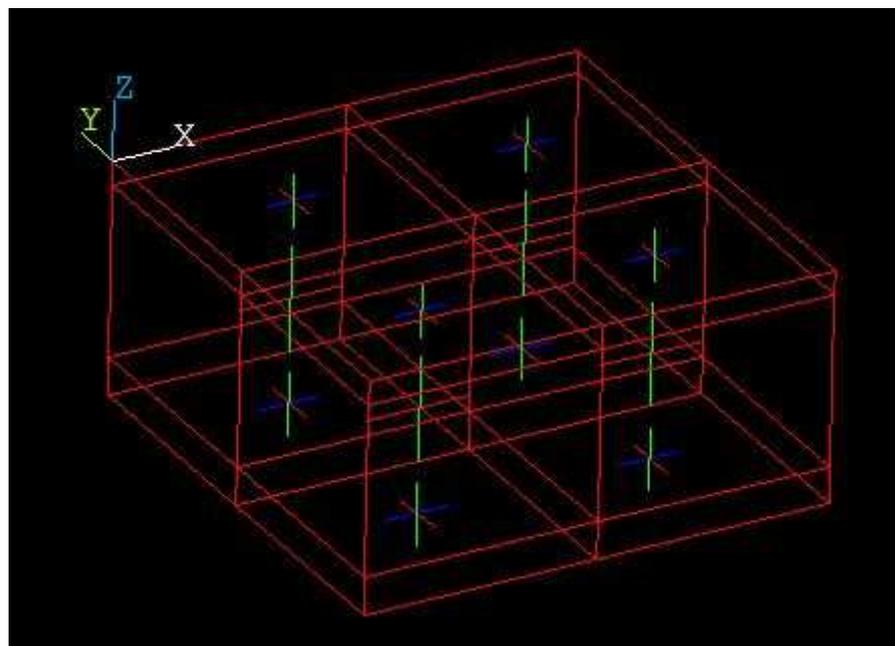
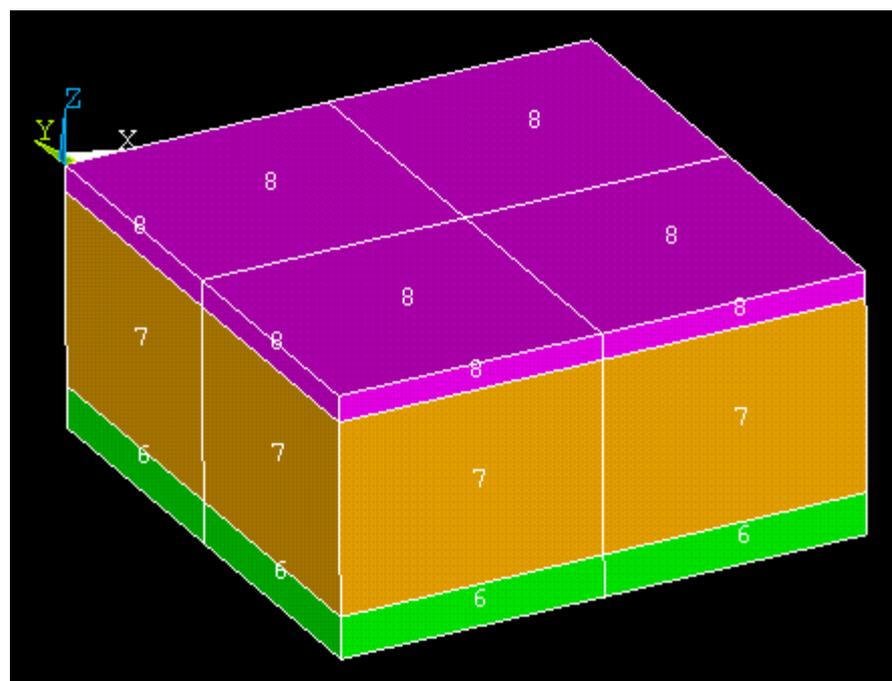


Рис. 4.6. Нумерация действительных констант в бетонных элементах



Кусочно-линейная диаграмма деформаций бетона, заданная в ЛИРЕ, служит для вычисления расчетных сопротивлений растяжения и сжатия бетона и начального модуля деформации бетона. Эти характеристики определяют свойства бетона в ANSYS. Экспоненциальные законы деформации материалов, заданные в ЛИРЕ, преобразуются в билинейный изотропный закон, пример которого дан диаграммой на рис. 4.7. Касательный модуль упругости составляет 1/20 начального модуля упругости; переход к пологому участку диаграммы происходит при достижении предела текучести (расчетного сопротивления).

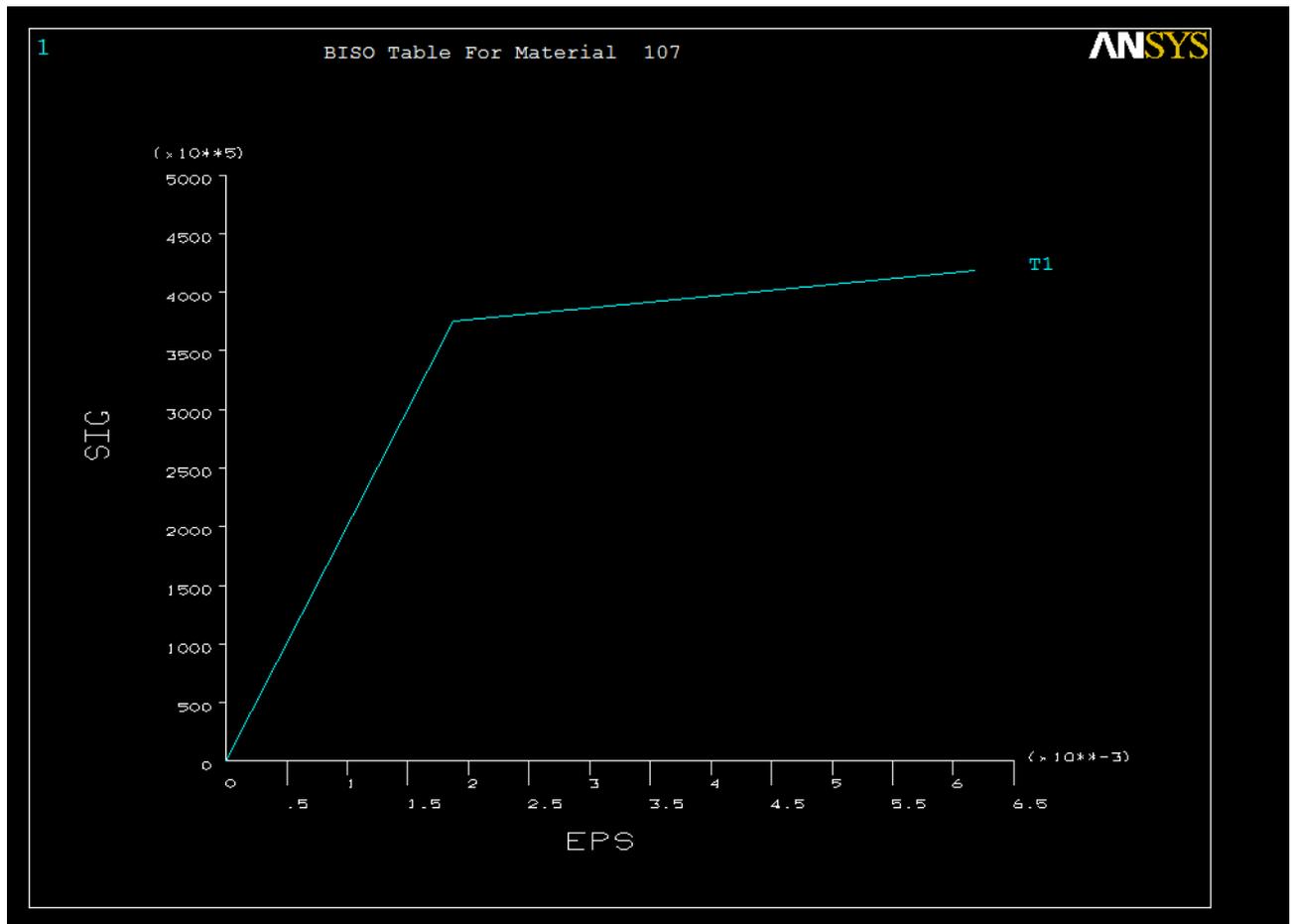


Рис. 4.7

Допускается исходная модель с максимальным номером жесткости 49.

Описанная исходная модель под именем `conversion_test.txt` содержится в инсталляционном архиве. Помимо описанных загружений 1 и 2 в этой модели содержится загружение 3 — кратковременные полезные нагрузки, и загружение 4 — ветер.

Конвертация модели `conversion_test.txt` возможна без регистрации программы `MODLCONV.EXE`.

4.3. Макросы расчета на раскрытие трещин в ANSYS

Дополнительно к пакету утилит в поставку файлов включены четыре макроса *.mas, позволяющие получить схемы раскрытия трещин при продолжительном действии нагрузки в фундаментной плите по результатам расчетов НДС на конвертированной в ANSYS модели. Макросы macrcrc1.mas, CRACK1.mas решают эту задачу согласно СНиП 2.03.01-84, разд. 4; макросы macrgcsc.mas, CRACK.mas решают эту задачу согласно СП 52-101-2003, разд. 7.

При расчете раскрытия трещин по СНиП 2.03.01-84 используется формула (144) СНиП, при этом вместо вычисления поправочного коэффициента δ_a (см. формулу (145) СНиП) берется его максимальное значение $\delta_a = 3$.

При расчете раскрытия трещин по СП 52-101-2003 используется формула (7.13) СП, при этом вместо вычисления поправочного коэффициента ψ_s (см. формулу (7.22) СП) берется его максимальное значение $\psi_s = 1$.

Таким образом, макросы вычисляют гарантирующие значения ширины раскрытия трещин при продолжительных нагрузках, и более достоверным следует считать, на наш взгляд, расчет по СНиП 2.03.01-84, поскольку в опасных зонах плиты коэффициент δ_a близок к 3.

Инструкция. Поместите макросы в рабочий каталог ANSYS. После завершения расчета НДС в GUI ANSYS выберите в модели множество всех армированных элементов нижнего и верхнего слоев ФП. Если вы определяете раскрытие трещин по СНиП, запустите в командной строке макрос macrcrc1, если по СП — макрос macrgcsc. Аргументы, задаваемые в обоих макросах, одинаковы:

ARG1 — координата z плоскости, разделяющей нижний и верхний слои бетона (эта плоскость лежит внутри промежуточного слоя);

ARG2 — толщина ФП в метрах;

ARG3 — толщина армированных элементов нижнего или верхнего слоев ФП в метрах. Если эти слои имеют разную толщину, то задайте толщину того слоя, в котором раскрытие трещин вас интересует. Для противоположного слоя результат расчета будет приближенной оценкой;

ARG4 — диаметр продольной арматуры в миллиметрах.

Пример команды:

```
macrcrc1, -6.5, 1.3, .1, 25
```

— расчет раскрытия трещин по СНиП при плоскости, разделяющей слои, на отметке $-6,500$; толщине плиты $1,3$ м; толщине армированных элементов $0,1$ м; диаметре рабочей арматуры 25 мм.

После расчета в таблице характеристик элементов появятся две графы, содержащие ширину раскрытия трещин в элементе по направлениям X и Y , соответственно, глобальной СК. Макрос macrcrc1 формирует графы с метками crck1x, crck1y. Макрос macrgcsc формирует графы с метками crcktblx, crcktbly. Последняя буква в метке указывает направление нормали к трещине. Далее

воспользуйтесь инструментарием ANSYS для построения цветовой схемы раскрытия трещин по каждому направлению, либо для текстового вывода табличных данных.

Замечание. Пользователь может доработать макрос расчета раскрытия трещин по СНиП в части вычисления коэффициента δ_a : для этого достаточно в число аргументов макроса включить предельную деформацию растяжения бетона, и, пользуясь таблицами продольных деформаций в верхнем и нижнем слоях бетона, установить высоту, на которой достигается предельная деформация в рамках гипотезы прямых нормалей. Названные таблицы формируются в ходе работы существующего макроса с метками `eprox`, `eproxy`.