

Розділ 4

ЗАГАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ МОДЕЛЮВАННЯ
КРАЙОВИХ ЗАДАЧ

Теоретичні відомості про крайові задачі наведені у Додатках 4, 5 та 6. Всі вони потребують введення відповідних початкових та граничних умов, призначення деяких додаткових умов для проведення розрахунків. Для цього застосовуються інструменти FEMAP як загального призначення, так і специфічні.

4.1. Загальні інструменти для завдання граничних умов

4.1.1. Об'єкти прикладання граничних умов

Початкові та граничні умови для крайових задач у FEMAP створюються командами **Model**→**Load**→. Зокрема, командою **Model**→**Load**→**Set...** створюється новий або активується раніше створений набір початкових та граничних умов: задаються або обираються **ID** та назва набору.

Граничні умови задаються (загальну частину команди **Model**→**Load**→ опускаємо): у вузлах (**Nodal...**), вузлах на грані (**Nodal on Face...**), на поверхнях SE (**Elemental...**), у точках (**On Point...**), на кривих (**On Curve...**), на поверхнях (**On Surface...**). Команда спочатку викликає стандартну діалогову панель обиравання об'єктів. Якщо об'єкти, до яких будуть прикладатися ГУ, завчасно зібрані у групи, то можна обрати потрібну групу на цій панелі (зліва понизу, у вікні „**Group**”).

Варіант завдання ГУ „**Nodal on Face...**” (вузли на грані) має деякі особливості. Спочатку з'являється стандартна панель діалогу обиравання SE, за допомогою якої та кнопки „**Method**^” призначаються SE або геометричні об'єкти, до граней яких будуть прикладатися ГУ (наприклад: **on Surface**, тобто вузли SE на геометричній поверхні). З'явиться діалогова панель „**Face Selection for Elemental Loads**” (див. рис.4.1). На ній є чотири варіанти вказування грані для знаходження вузлів:

- „**Face ID**” – номером грані (сторони) SE (див. рис.4.1-а); вводиться у вікно „**Face**” з клавіатури або обираванням курсором „миші” на робочому полі, коли мигтучий курсор знаходиться у діалоговому вікні „**Face**”. **Увага:** у SE грані можуть мати номери 1...6 максимум;

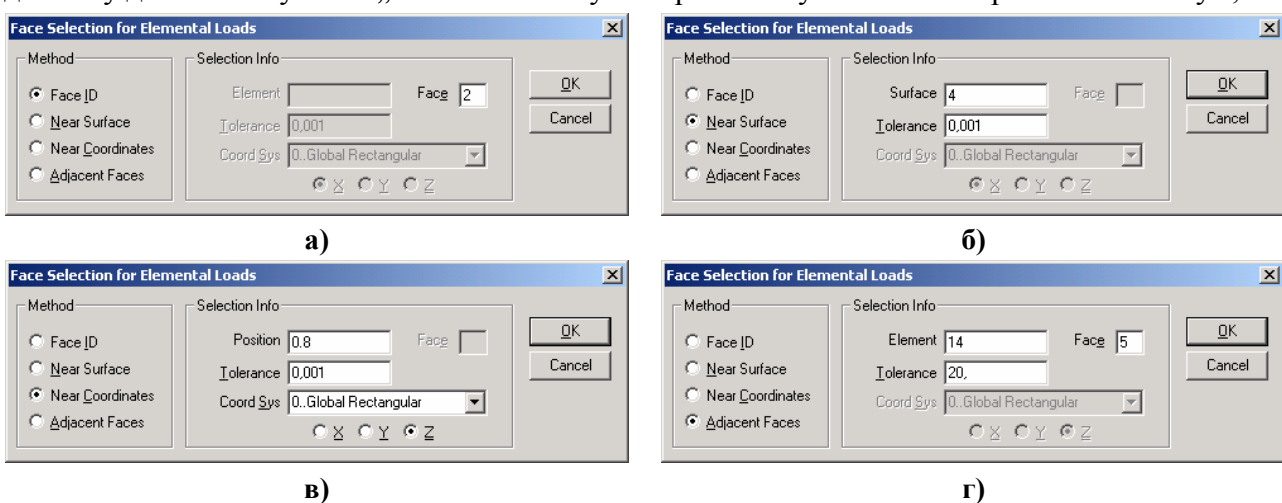


Рис.4.1. Діалогові панелі призначення грані SE: а) – номером грані у SE; б) – номером геометричної поверхні; в) – площиною; г) напрямком нормалі до грані

- „**Near Surface**” – номером поверхні (геометричного об'єкту, див. рис.4.1-б); вводиться у поле „**Surface**” з клавіатури або обираванням курсором „миші” на робочому полі. Величина „**Tolerance**” – максимальна відстань для пошуку вузлів SE на цій поверхні;

- „Near Coordinates” – площиною, яка призначається (див. рис.4.1-в) обиранням (одною з радіо кнопок) осі **X**, **Y** або **Z**, яка *ортогональна* до площини з вузлами, та вказуванням відстані від початку координат до цієї площини (**Position**);

- „Adjacent Faces” – як на сусідніх гранях (див. рис.4.1-г): курсором „миші” на робочому полі обирається грань (сторона) **SE** (номера **SE** і грані з’являються у відповідних вікнах панелі) та вказується допустима кутова розбіжність (**Tolerance**). Якщо нормаль до будь-якої грані **SE** (зі списку обраних) „співпадає” з нормаллю до грані вказаного **SE** з точністю „**Tolerance**”, то до вузлів цієї грані **SE** буде прикладатися ГУ. Опцією „**Matching Normals Only**” можна зажадати повну відповідність („нульову” розбіжність).

ГУ можуть задаватися як *повні* або *розподілені*: на поверхні (**per Area**), на довжині (**per Length**), у вузлах (**per Node**).

Увага:

- розподілені ГУ мають саме ту сумарну величину, що вводиться у діалоговому полі;
- розподілені ГУ до *геометричного* об’єкту можуть прикладатися як нерівномірне навантаження (як функціонально залежне), але на екрані завжди виглядають як рівномірні;
- усі ГУ, що прикладені до **SE**, ліній та поверхонь, потім (при підготовці до обчислення компонентів системи алгебраїчних рівнянь) розподіляються на *вузли*. При цьому, якщо вузол входить у декілька **SE**, значення ГУ у вузлі стільки же разів алгебраїчно складається, тим самим фактично у таких вузлах прикладається *осереднене* значення ГУ, якщо ці значення були різними;
- іноді після запуску аналізу задачі з’являється повідомлення, що розподілення ГУ з того чи іншого геометричного об’єкта на вузли **SEC** неможливо. Про причини цього та спосіб уникнути це небажане явище викладено наприкінці Розділу 4.1.4.6.

4.1.2. Асоціації між об’єктами **SEC** та геометричної моделі

Можливість прикладення ГУ до геометричних об’єктів моделі (**Point**, **Curve**, **Surface**, **Solid**) спрощує процес завдання ГУ. Але геометричні об’єкти передають ГУ до **SEC** тільки тоді, коли об’єкти **SEC** та ці об’єкти „асоційовані”. Асоціації призначаються автоматично, якщо **SEC** створена на основі геометричної моделі. Але виникають й інші ситуації: **SEC** (її частина) створена на основі вузлів (без геометрії); необхідно прикласти ГУ лише до *частини* вузлів (або **SE**) на поверхні, з якою вони асоційовані (потрібно „відокремити” надлишкові вузли (або **SE**) від поверхні); інші.

Для вирішення таких проблем у FEMAP є команди **Modify**→**Associativity**→**Node...** та **Modify**→**Associativity**→**Element...**

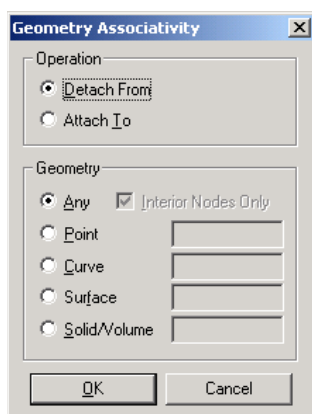
Рис.4.2. Діалогова панель асоціації об’єктів

Обираються потрібні вузли або **SE**, з’являється діалогова панель „**Geometry Associativity**” (див. рис.4.2). На ній потрібно вказати варіант дії: „відокремити” (**Detach From**) або „асоціювати” (**Attach To**), обрати тип об’єкту та обрати його (вказати **ID**). Варіант „**Any**” – відокремити обрані вузли або **SE** від усіх геометричних об’єктів. Опція „**Interior Nodes Only**” дозволяє відокремити вузли тільки від вказаного геометричного об’єкту (коли є встановленою) або одночасно і від усіх геометричних об’єктів нижнього рівня (базових для вказаного). Наприклад, поверхня „спирається” на лінії контуру, а ці лінії – на точки. Тому при асоціації вузла з поверхнею він автоматично асоціюється з „опорними” лініями та точками.

Увага: для асоціації вузла або **SE** з новим об’єктом потрібно попередньо провести його „відокремлення” від усіх інших об’єктів. **SE** буде асоційованим з геометричним об’єктом тільки тоді, коли з ним асоційовані *всі* вузли даного **SE**. Тобто, для відокремлення **SE** достатньо відокремити один із вузлів **SE**.

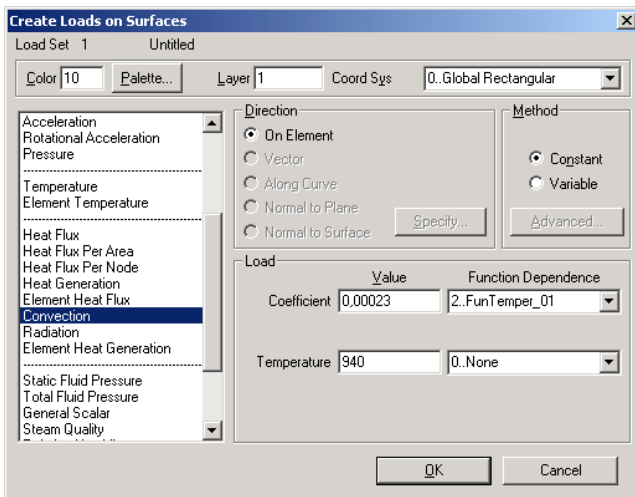
4.1.3. Введення значень граничних умов

Значення ГУ вводяться на діалогових панелях з характерним початком назви „**Create Loads ...**” (див. рис.4.3-а). Для всіх варіантів об’єктів можна змінювати колір зображення ГУ,

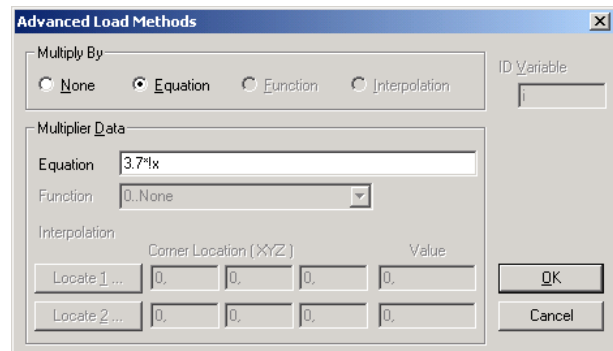


рівень (**Layer**), координатну систему. Варіант граничних умов обирається зі списку. У залежності від варіанту будуть активними один або декілька рядків діалогових вікон „**Value**” (значення, що вводяться) та „**Function Dependence**” (функціональна залежність, якщо вона потрібна). **Увага:** функції необхідно створювати заздалегідь (див. Розділ 1.8.1).

У залежності від об'єкту та типу ГУ у секції „**Direction**” (напрямок) може з'явитися біля *першої* радіокнопки напис „**Magnitude Only**” (тільки значення), „**On Element**” (на CE), „**Nodal to Element Face**” (вузли на грані CE) або „**Components**” (компоненти). У перших трьох випадках напрямок не потрібен. Коли з'являється „**Components**”, то напрямок дії ГУ можна обирати одним з доступних методів: по-перше, вказуванням значень ГУ як компонентів вектора (у секторі „**Load**”); по-друге – обиранням відповідної радіокнопки („**Vector**”, „**Along Curve**”, „**Normal to Plane**” або „**Normal to Surface**”) та за допомогою кнопки „**Specify...**” – необхідного напрямку або об'єкту.



а)



б)

Рис.4.3. Діалогові панелі для введення: а) – граничних умов; б) – рівняння

Увага: у випадку появи напису „**On Element**” (як це зображено на рис.4.3-а), якщо ГУ задаються на *поверхні* CE типу **SOLID** та **AXISYMMETRIC**, FEMAP у процесі підготовки до розв'язування задачі *самостійно* створює на вузлах, що існують та лежать на вказаній поверхні, додаткові неконструктивні CE типу „**CHBDYI**”, через які й прикладає призначені ГУ і які потім відображаються як „**PLOT PLANAR**”. Якщо їх видалити, то відображення результатів розрахунків на цих поверхнях порушиться.

Якщо у секції „**Method**” обрати „**Variable**”, то стає активною кнопка „**Advances...**” (подовження). Вона викликає діалогову панель „**Advanced Load Methods**” (див. рис.4.3-б), на якій доступні один ... чотири варіанти: „**None**” (немає), „**Equation**” (рівняння), „**Function**” (функція) або „**Interpolation**” (інтерполяція). Параметрами рівнянь можуть бути лише координати **X**, **Y** та **Z**. *Рівняння* вводиться за правилами алгебри, тільки перед аргументом ставиться окличний знак: **!x**. *Функція* обирається зі списку. Її аргументом може бути довжина кривої (**11..vs. Curve Length**), параметр кривої (**12..vs. Curve Param**) тощо, тобто геометричні характеристики. *Інтерполяція* – тільки лінійна, вздовж прямої, заданої двома точками або вузлами (для обрання вузлів/точок, що існують, є кнопки „**Locate 1**” та „**Locate 2**”).

Увага: обчислене одним з обраних варіантів значення є *масштабним коефіцієнтом*, на який помножуються *усі* значення ГУ (**Value**), що задані на панелі „**Create Loads ...**”.

4.1.4. Маніпулювання наборами граничних умов

4.1.4.1. Копіювання наборів граничних умов

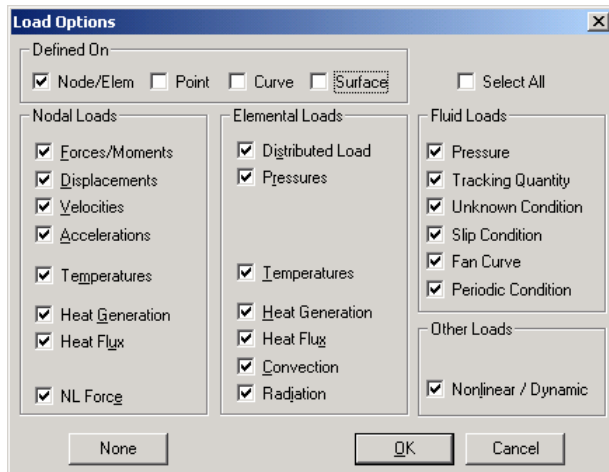
Командою **Model**→**Load**→**Copy...** створюється новий набір ГУ, який є копією активного набору. При цьому можна вказати його номер **ID** та зробити активним.

Увага: новий набір буде мати стару назву, а змінити її можна за допомогою команди **Model**→**Load**→**Set...**

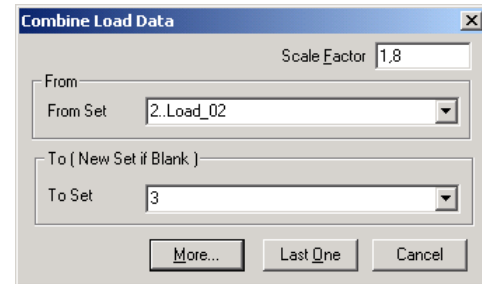
4.1.4.2. Видалення та редагування наборів граничних умов

Повне видалення активного набору ГУ проводиться за допомогою команди (загальну частину **Delete**→**Model**→**Load**→ опускаємо) **Set...**; тільки початкових – **Body...**; вибірково – **Individual...** У останньому випадку з'являється панель „**Load Options**” (див. рис.4.4-а), на якій потрібно залишити обраними тільки ті варіанти ГУ, що будуть видалятися.

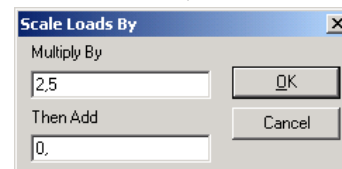
Для редагування активного набору ГУ дається команда **Modify**→**Edit**→**Load...**, на панелі „**Select Type of Load**”, що з'являється (ідентична панелі „**Load Options**”, див. рис.4.4-а, але відсутня кнопка „**None/All**” та секція „**Other Loads**”, а всі опції, крім „**Select All**” замінені на радіокнопки), обирається необхідний тип ГУ. Якщо такий тип ГУ дійсно існує та якщо обраний варіант редагування можливий, з'явиться відповідна панель „**Create Loads ...**”, де можна змінити значення ГУ.



а)



б)



в)

Рис.4.4. Діалогові панелі:

а) – обирання варіантів ГУ; б) – масштабування наборів ГУ; в) – комбінування наборів ГУ

4.1.4.3. Лінійне комбінування наборів граничних умов

Дається команда **Model**→**Load**→**Combine...**, на панелі „**Combine Load Data**”, що з'являється (див. рис.4.4-б), зі списку „**From Set**” обирається набір, встановлюється масштабний коефіцієнт „**Scale Factor**”, дається команда „**More...**” (якщо це останній набір – „**Last One**”). У полі „**To Set**” можна вказати ID нового набору ГУ. За замовчанням створюється новий набір з новим ID та назвою „**Combined Set**”, яку потім можна змінити за допомогою команди „**Model**→**Load**→**Set...**”. Можлива поява однакових елементів ГУ. Для їх об'єднання необхідно дати команду **Tools**→**Check**→**Coincident Loads...** та вказати ID набору. Якщо такі елементи ГУ знайдені, з'явиться запит про їх об'єднання. **Увага:** ГУ „**Temperature**” не комбінуються, а використовується *останнє* (для даного вузла або CE) призначення.

4.1.4.4. Масштабування наборів граничних умов

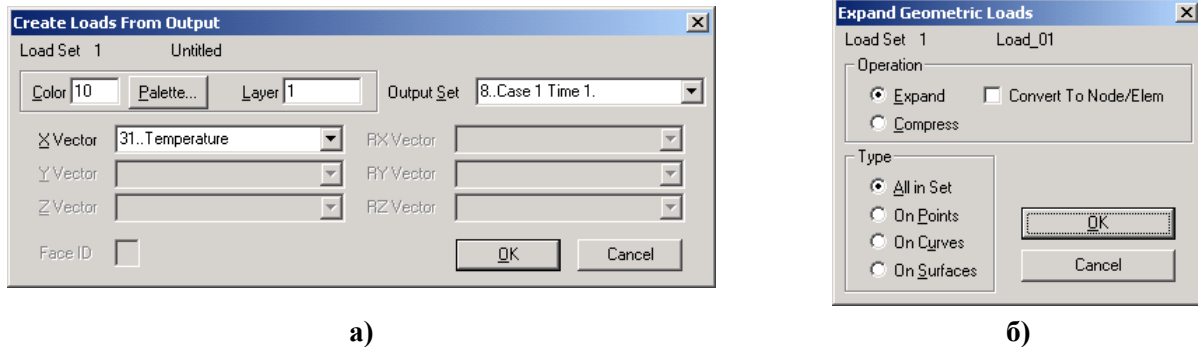
Дається команда **Modify**→**Update Other**→**Scale Load...**; на панелі „**Select Type of Load**”, що з'являється (ідентична панелі „**Load Options**”, див. рис.4.4-а, але з радіокнопками замість опцій), обирається необхідний тип ГУ. Якщо такий тип ГУ дійсно існує та якщо обраний варіант редагування можливий, з'явиться стандартна панель для обирання об'єктів, до яких прикладені ГУ, потім – панель „**Scale Loads By...**” (див. рис.4.4-в), де можна вказати масштабний коефіцієнт „**Multiply By**” та значення, що потім додається (**Then Add**).

4.1.4.5. Використання результатів розрахунків для завдання граничних умов

Результати розрахунків MSC.Nastran поміщує у файли з розширенням імен **.op2** та **.mod** у вигляді таблиць зі стовпцями (векторами) значень у вузлах: температура, її градієнти (ТС); переміщення, напруження, інші (НДС). У деяких ситуаціях отримані результати розрахунків використовуються як ГУ для наступних розрахунків. Характерний приклад: розподіл температур – для розв'язку задачі про напружено-деформований стан (НДС) тіла. Інший приклад:

НДС тіла як початковий для подальших розрахунків. Виникає необхідність у підключенні або, навпаки, відключенні результатів, їх комбінації, вибіркового підключенні тощо.

Дається команда **Model**→**Load**→**From Output...**; на панелі „**Select Type of Load**”, що з’являється (ідентична панелі „**Load Options**”, див. рис.4.4-а), обирається необхідний тип ГУ (вузлові або елементні). З’явиться панель „**Create Loads From Output**” (див. рис.4.5-а).



а)

б)

Рис.4.5. Діалогові панелі: а) – створення ГУ із результатів розрахунків; б) – перетворення ГУ

На ній у вікні „**Layer**” встановлюється номер рівня, у вікні „**Output Set**” обирається набір результатів розрахунків, у вікнах „**X Vector**”, „**Y Vector**”, „**Z Vector**”, „**RX Vector**”, „**RY Vector**” та „**RZ Vector**” – вектори результатів розрахунків. Якщо створюються елементні ГУ, то необхідно вказати номер сторони (ребра) СЕ (**Face ID**), до якого ГУ будуть прикладатися.

4.1.4.6. Перетворення граничних умов

ГУ *активного* набору, що задані на геометричних об’єктах (**Point/Curve/Surface**), можна перевести до елементів СЕС (**Nodal/Elemental**) або навпаки за допомогою діалогової панелі „**Expand Geometric Loads**” (команда **Model**→**Load**→**Expand...**). На ній (див. рис.4.5-б) необхідно обрати напрямок перетворення ГУ: до елементів СЕС (**Expand**) або до геометричних елементів (**Compress**). Коли обрано „**Expand**”, необхідно вказати тип геометричного об’єкту (тут „**All in Set**” – для усього активного набору ГУ), якій потім буде обиратися. Перетворення ГУ у напрямку „**Compress**” – для усього активного набору ГУ. Ці перетворення бувають корисними для подальшого редагування призначених ГУ (команда **Modify**→**Update Other**→**Scale Load...**).

Увага:

- після включення на діалоговій панелі опції „**Convert To Node/Elem**” оборотне перетворення стає неможливим;
- іноді у процесі перетворення або при запуску процесу розв’язування задачі (при створенні файлу задачі з розширенням імені ***.dat**) з’являється повідомлення, що перетворення якогось ГУ неможливе. Це буває тоді, коли для цього тіла на цій СЕС вже розв’язувалася інша задача (наприклад, задача теплопровідності). Тоді, після завдання ГУ на поверхні (див. Розділ 4.1.3), коли з’являвся напис „**On Element**” (див. рис.4.3-а), FEMAP у процесі підготовки до розв’язування задачі *самостійно* створив на вузлах, що існують та лежать на вказаних поверхнях, додаткові неконструктивні СЕ типу „**CHBDYi**”, до яких і прикладав призначені ГУ. Отже, після цього СЕС містить такі СЕ (ідентифікуються як „**PLOT PLANAR**”), і саме вони можуть перешкоджати проведенню перетворень у майбутніх призначеннях (це, мабуть, помилка у кодї FEMAP). Щоб ліквідувати цю проблему, потрібно видалити усі (або тільки у проблемному місці) неконструктивні СЕ типу „**PLOT PLANAR**”. Для *часткового* видалення – дати команду **Delete**→**Model**→**Element...**, знайти СЕ типу „**PLOT PLANAR**”, які потрібно видалити, на СЕС моделі тіла. Для повного видалення – дати команду **Delete**→**Model**→**Element...**, ініціювати кнопку „**Method**^”, призначити метод „**Type**”, знайти один СЕ типу „**PLOT PLANAR**” на СЕС моделі тіла або знайти цей тип у списку „**Type**” на панелі (він позначений як **32..L Plot Planar**, тобто має номер типу 32). Коли СЕ обрані – дати команду „**OK**”;
- після завершення перетворень є сенс перевірити результати. Звичайно це зручно робити за допомогою команди **List**→**Model**→**Load...**

4.2. Запуск процесу розрахунку крайової задачі

Процес розрахунку крайової задачі можна розпочати з FEMAP за допомогою декількох команд: **File**→**Analyze...** (одиничний розрахунок із застосуванням аналізатора MSC.Nastran), **Model**→**Analysis...** (створення шаблону для розрахунків, що часто повторюються, а також з використанням MSC.Nastran й декількох інших програм), **File**→**Export**→**Analysis Model...** (створення файлу задачі для передачі в інші програми).

4.2.1. Одиничний простий запуск процесу розрахунку крайової задачі

Дається команда **File**→**Analyze...**, вказується (створюється) файл (з розширенням імені **.dat** або **.nas**. **Увага:** назва – без пробілів, знаків #”\$*\=|/:?<>, кирилиці), на діалоговій панелі „**NASTRAN Analysis Control**”, що з’явиться (див. рис.4.6-а), обирається у списку „**Analysis Type**” потрібний тип задачі. У списках „**Loads**” (навантаження), „**Constraints**” (закріплення) та „**Initial Conditions**” (початкові умови) повинні з’явитися імена відповідних *активних* наборів, які можна змінити на інші (якщо інші набори створювалися).

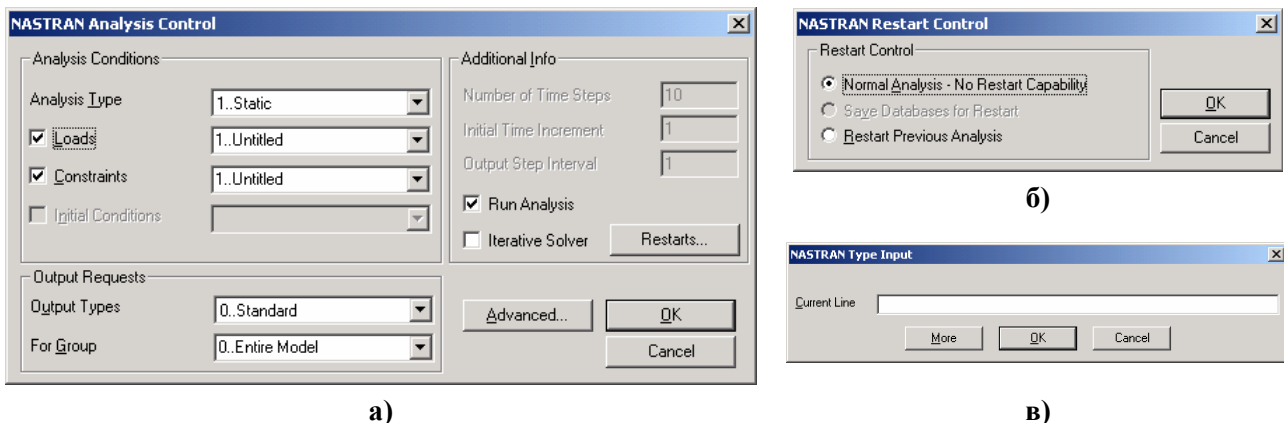


Рис.4.6. Діалогові панелі: а) – одиничного запуску процесу розрахунку крайової задачі; б) – настроювання рестарту; в) – введення текстового рядка

У секції „**Additional Info**” можуть становитися активними діалогові поля для введення додаткової інформації. Їх заповнення буде розглянуто у Розділах 5, 6 і 7 при описуванні конкретних типів задач.

У секції „**Output Request**” (завдання для виводу) можна обрати тип набору результатів: стандартний (**0..Standard**), тільки температура (**1..Temperatures Only**), температура та потік (**2..Temperatures and Fluxes**) або усі вектори (**3..All**) для задачі про тепловий стан; стандартний (**0..Standard**), тільки переміщення (**1..Displacements Only**), переміщення та напруження (**2..Displacements and Stress**) або всі (**3..All**) для задачі про напружено-деформований стан. Там же можна призначити завчасно створену групу, в яку буде поміщено результати. Встановленням опції „**Iterative Solver**” можна призначити ітераційний метод розв’язування системи алгебраїчних рівнянь (САР), яка породжена методом скінченних елементів (за замовчанням застосовується „прямий” метод). Рекомендують при значній кількості рівнянь САР.

Якщо *відключити* опцію „**Run Analysis**”, то задача розв’язуватися не буде, лише заповниться даними файл вхідних (для MSC.Nastran) даних задачі (з розширенням імені **.dat**). Звичайно після цього можна дати команду „**OK**”.

Але на діалоговій панелі „**NASTRAN Analysis Control**” є й додаткові можливості.

4.2.2. Настроювання рестарту процесу розрахунку крайової задачі

Кнопкою „**Restarts...**” діалогової панелі „**NASTRAN Analysis Control**” можна викликати діалогову панель налаштування рестарту „**NASTRAN Restart Control**” (див. рис.4.6-б). На ній є три варіанта: „**Normal Analysis – No Restart Capability**” (звичайний аналіз без рестарту), „**Save Databases for Restart**” (зберігати дані для рестарту) та „**Restart Previous Analysis**” (провести рестарт попереднього аналізу). В останньому випадку викликається діалогова панель „**Restart From Database**” для пошуку файлу рестарту типу ***.master**. Рестарт необхідний для декількох типів задач, про що буде вказано у наступних розділах.

4.2.3. Одиначний розширений запуск процесу розрахунку крайової задачі

Кнопкою „Advanced...” діалогової панелі „NASTRAN Analysis Control” можна розпочати низку діалогів для зміни параметрів, що записуються до зони загальних параметрів задачі на початку або наприкінці файла з розширенням імені *.dat. Зокрема, тут можна створити завдання для одночасного запуску *декількох* варіантів навантаження в крайовій задачі.

Потрібно мати на увазі, що файл з розширенням імені *.dat має 4 групи (секції) даних:

- файлові параметри (секція „File management Statements”);
- параметри типу розрахунку (секція „Executive and Solution Control”);
- параметри варіантів розрахунків і даних розрахунку (секція „Case Control”);
- масив даних скінченно-елементної моделі задачі (секція „Bulk Data”).

4.2.3.1. Параметри секцій „File management Statements” та „Executive and Solution Control”

Спочатку з’являється діалогова панель „NASTRAN Executive and Solution Control” (див. рис.4.7), на якій можна змінити імена робочих файлів, вказати версію MSC.Nastran (2001 або попередні), призначити максимальне допустимий час розв’язування задачі у хвилинах (**Max Time (in minutes)**).

У полі „Solution Number” вказується значення (або її цифровий код) змінної **DMAP**, яка відповідає типу задачі і може мати значення, вказані у таблиці 4.1. Значення встановлюється тут відповідно до обраного типу на попередній панелі „NASTRAN Analysis Control” (див. рис.4.6-а), але можуть редагуватися користувачем з клавіатури.

Параметри „Diagnostics” можуть мати значення від 1 до 64 (див. Додаток 7). Їх можна вказувати через кому. Вони допомагають встановити деякі причини помилок при розв’язуванні задач. Повідомлення виводяться у файли з розширенням імені *.f06, *.pch.

Опцією „Iterative Solver” призначається ітераційний метод розв’язування системи алгебраїчних рівнянь (САР). Його можна застосовувати лише для деяких типів задач: 101, 106, 108, 111, 153 (коди – у таблиці 4.1), коли опція стає активною. Робити це рекомендують лише при значній кількості рівнянь у САР.

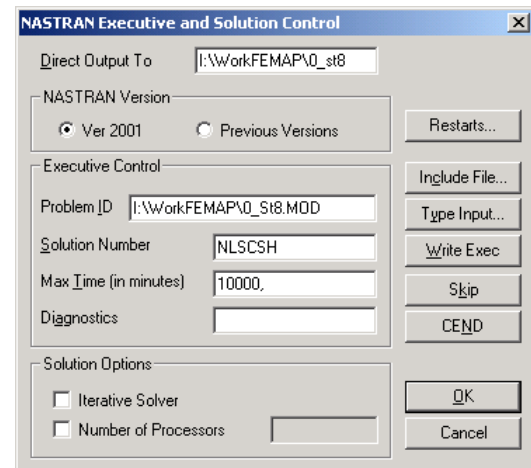


Рис.4.7. Діалогова панель для змін параметрів аналізу

Таблиця 4.1. Кодування основних типів крайових задач у MSC.Nastran

Стан	Значення	Код	Тип крайової задачі
НДС	SESTATIC	101	Лінійний статичний аналіз
	SEMODES	103	Власні частоти та форми коливань
	SEBUCKL	105	Стійкість
	NLSTATIC	106	Нелінійний статичний аналіз
	SEDFREQ	108	Частотний / гармонійний аналіз
	SEDTRAN	109	Нестаціонарний динамічний аналіз / процес у часі
	SEMFREQ	111	Модальний частотний аналіз
	SEMTRAN	112	Модальний нестаціонарний динамічний аналіз
	NLTRAN	129	Нестаціонарний перехідний динамічний аналіз, лінійний або нелінійний
ТС	DESOPT	200	Оптимізація
	NLSCSH	153	Стаціонарний тепловий аналіз
	NLTCSH	159	Нестаціонарний тепловий аналіз

Увага: MSC.Nastran має ще декілька типів задач (див. табл.Д8.3 і табл.Д8.4 Додатку 8).

Опцією „**Number of Processors**” можна вказати кількість процесорів у ПЕОМ (>1).

На панелі є декілька електронних кнопок:

- „**Restart**” – див. Розділ 4.2.2;
- „**Write Exec**” дозволяє записати у файл проекту (*.dat) сформовану інформацію;
- „**Include File ...**” – можна додати у файл проекту (*.dat) всі рядки з іншого файлу *текстового* формату, наприклад, зі вже сформованими командами та/або параметрами задачі, або з поясненнями; Якщо перед цим ініціювати кнопку „**Write Exec**”, то запис здійсниться наприкінці файлу, інакше – на початку;
- „**Type Input...**” – ввести будь-який текст (команду, параметр) за допомогою діалогового вікна, що з’являється (див. рис.4.6-в). Для початку нового рядка є кнопка „**More**”. Рядок-коментар потрібно розпочинати символом \$. Кнопка „**Cancel**” відмінює введення лише поточного рядка;
- „**Skip**” – пропустити введення у файл проекту параметрів цієї діалогової панелі;
- „**CEND**” записує до файлу *.dat команду **CEND** (записати змінну **CEND** – признак кінця секції), після чого (а також після команди „**OK**”) з’являється наступна діалогова панель „**NASTRAN Case Control**” (див. рис.4.8-а);
- „**CANCEL**” – завершення формування файлу проекту (*.dat), початок розрахунку.

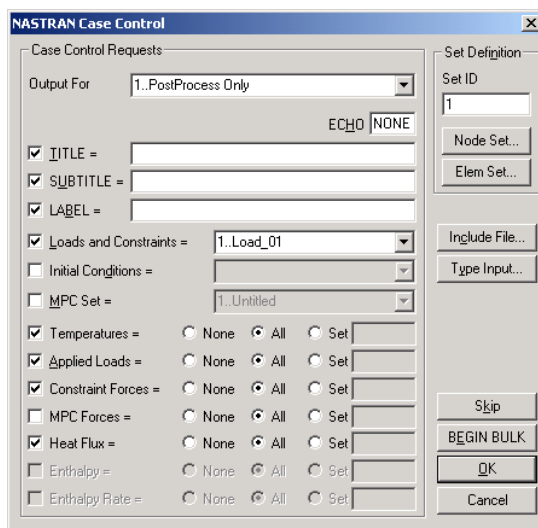
4.2.3.2. Параметри секції „Case Control”

Загальне призначення секції даних „Case Control”:

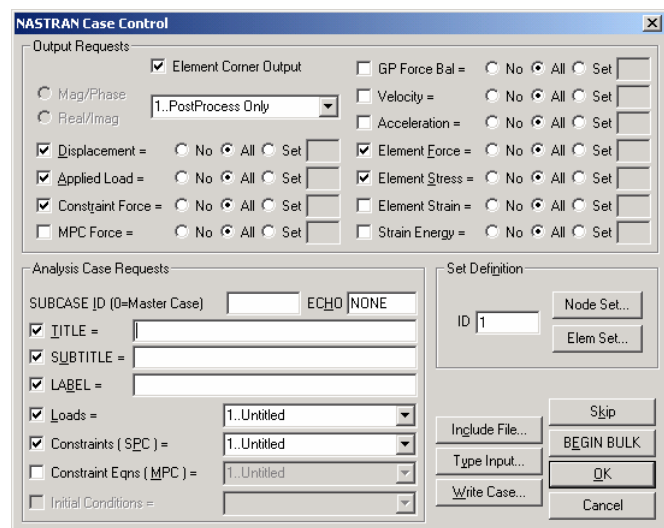
- обирання наборів навантажень та закріплень для створення декількох варіантів або ланцюга розрахунків;
- призначення команд і параметрів виводу результатів.

Увага: для MSC.Nastran можна ввести дуже значну кількість команд і значень, що їх пояснюють, причому більшість з них не обираються з діалогових панелей, а вводяться у текстовому режимі за допомогою кнопки „Type Input...” або обиранням текстового файлу зі задалегідь описаними командами за допомогою кнопки „Include File...”. Перелік, призначення та формат цих команд можна знайти у „**Help**” MSC.visualNastran 2003: **Help** → **More Resources** → **PDF Documentation** → **MSC.Nastran 2001 Quick Reference Guide, Section 4 Quick Reference Guide** (стор. 137 ... 482). Цей документ поміщено у файл qrg.pdf.

На діалоговій панелі „**NASTRAN Case Control**” у секції „**Case Control Requests**” (див. рис.4.8-а, для задач про тепловий стан) або „**Output Requests**” (див. рис.4.8-б, для задач про напружено-деформований стан) можна змінити параметри виводу результатів. Також для задач про НДС можна призначити набори граничних умов для початкового (**Master Case**) та наступних (**SubCase**) варіантів.



а)



б)

Рис.4.8. Діалогові панелі для змін параметрів виводу результатів для: а) – ТС; б) – НДС

За замовчанням у полі „**Output For**” встановлено значення „**1..PostProcess Only**”, що означає виведення результатів задачі тільки у файл з розширенням імені *.op2. Якщо встановити „**0..Print Only**”, то це буде текстовий файл з розширенням імені *.f06, а якщо „**3..Punch Only**” – *.pch. Є й комбінації вказаних варіантів.

Набраний користувачем текст у діалогових полях „**TITLE**”, „**SUBTITLE**” та „**LABEL**” (заголовок, підзаголовок та метка) буде виводитися з початку кожної сторінки виводу на принтер першим, другим та третім рядком відповідно.

У секції „**Set Definition**” за допомогою кнопок „**Node Set...**” та „**Elem Set...**” можна обрати вузли та скінченні елементи, для яких будуть виводитися результати розрахунків (за замовчанням – для всіх).

Призначення кнопок „**Include File...**” „**Type Input...**” та „**Skip**” описано вище.

Параметр „**ECHO**” може мати такі варіанти значень: „**SORT**” (сортувати дані (за абеткою) у файлі виводу *.f06), „**UNSORT**” (не сортувати) або „**NONE**” (не виводити).

Для задачі про *тепловий* стан тіла у полях секції „**Case Control Requests**”:

- можна вказати (змінити) набори, які будуть застосовуватися: „**Loads and Constraints =**” (навантажень і зв’язків), „**Initial Conditions =**” (початкових умов) та „**MPC Sets =**” (зв’язків, що задані рівняннями);

- за допомогою тих радіокнопок, що є активними, можна вказати, чи виводити усі (**All**), не виводити (**None**) або виводити тільки відповідно до набору, який буде вказано номером, тобто ID (**Set**). В останньому випадку такої набір створюється за допомогою кнопок „**Node Set...**” та „**Elem Set...**”. Варіанти результатів: температура (**Temperatures**), прикладені навантаження (**Applied Load**), реакції зв’язків (**Constraint Forces**), реакції зв’язків, що задані рівняннями або СЕ типу **RIGID (MPC Forces)**, теплові потоки (**Heat Flux**), ентальпія (**Enthalpy**), швидкість зміни ентальпії (**Enthalpy Rate**).

Для задачі про НДС тіла:

- у секції „**Output Requests**” можна відключити опцію „**Element Corner Output**” (виводити у кутах СЕ), тоді результати будуть приводитися до центрів СЕ. За допомогою тих радіокнопок, що є активними, можна вказати, чи виводити усі (**All**), не виводити (**None**) або виводити тільки відповідно до набору, який буде вказано номером, тобто ID (**Set**) результати розрахунків. В останньому випадку такої набір створюється за допомогою кнопок „**Node Set...**” та „**Elem Set...**”. Варіанти результатів: зміщення (**Displacement**), прикладені навантаження (**Applied Load**), реакції зв’язків (**Constraint Forces**), реакції зв’язків, що задані рівняннями або СЕ типу **RIGID (MPC Forces)**, баланс сил у вузлах СЕС (**GP Force Bal**), швидкість (**Velocity**), прискорення (**Acceleration**), елементні (внутрішні) навантаження: згинаючі моменти і моменти, що крутять, нормальні сили та сили, що перерізають (**Element Force**), напруження (**Element Stress**) та деформації (**Element Strain**) у СЕ, енергія деформування (**Strain Energy**);

- у полях секції „**Analysis Case Requests**” можна почати процес створення *декількох* варіантів граничних умов (ГУ) для СЕС тіла. Для цього у полі (**SUBCASE ID (0=Master Case)**) спочатку вводиться номер 0 (головний набір „**Master Case**”). Для нього потрібно призначити *загальні* для всіх розрахунків набори, які будуть застосовуватися: „**Loads =**” (навантажень), „**Constraints (SPC) =**” (зв’язків у вузлах), „**Constraints Eqns (MPC) =**” (зв’язків, що задані рівняннями), „**Initial Conditions =**” (початкових умов). Після активізації кнопки „**Write Case...**” номер субнабору, тобто варіанту ГУ автоматично зміниться (на одиницю): **SUBCASE ID 1**, потім **SUBCASE ID 2**, ... Для кожного з них потрібно призначити додаткові *індивідуальні* набори навантажень, зв’язків, початкових умов; можна надати їм оригінальні коментарі, заголовки, мітки тощо. На завершення створення субнаборів ініціюється кнопка „**BEGIN BULK**”.

Примітка 4.1. Якщо умови *закріплення (Constraint Set)* тіла – незмінні та створено декілька наборів навантажень (**Load Set**), то декілька варіантів навантажень можна створити іншим чином: на діалоговій панелі „**NASTRAN Analysis Control**” (див. рис.4.6-а) з’являється

додаткова кнопка „**Loads**”, за допомогою якої можна обрати набори навантажень у потрібному порядку.

Примітка 4.2. При послідовному застосуванні декількох наборів ГУ у MSC.Nastran вважається, що реалізується поетапний еволюційний процес, при якому на кожному наступному етапі тіло навантажується „від досягнутого рівня”. Це дозволяє виконувати безперервні розрахунки при досить складних програмах навантаження. Однак можливості завдати циклічне навантаження за принципом: „умови для одного циклу та кількість таких циклів”, на жаль, не передбачена.

Кнопкою „**BEGIN BULK**” (а також кнопкою „**OK**”) у файл моделі задачі (файл *.dat) буде записано команда **BEGIN BULK.**, після чого процес призначень продовжується.

Якщо задача – про тепловий стан тіла, то з’являється панель „**Nonlinear Control Option**” (див. рис.4.9-а). У полях секції „**Convergence Tolerances**” можна змінити точність одержання результатів для температури (**Temperature**), по ГУ (**Load**) та за енергією (**Work**). Якщо задача – нестационарна (див. Розділ 5.2), то у секції „**Step Control**” можна змінити параметри процесу: кількість часових кроків (**Number of Time Steps**), початковий часовий крок (**Initial Time Increment**), часовий інтервал (у секундах) для формування результатів розрахунків (**Output Step Interval**) та максимальну кількість ітерацій (нелінійної задачі) на кожному кроці. Радіокнопками можна обрати один з варіантів призначення наступних часових кроків: адаптивним (**Adaptive**, за замовчанням) або незмінним (**Constant Interval**).

4.2.3.3. Параметри секції „Bulk Data”

Остання діалогова панель – „**NASTRAN Bulk Data**” (див. рис.4.9-б).

У секції „**Format**” за замовчанням обрано „**Small Field**”, тобто короткий формат запису даних у файли (8 позицій для дійсних чисел, якими звичайно є координати вузлів, характеристики матеріалів та інші дані). Коли ця точність запису даних не задовольняє, потрібно обрати „**Large Field**” (по 16 позицій) для усіх даних або для вказаних у лобках. **Увага:** формат „**Large Field**” значно збільшує об’єм робочих файлів MSC.Nastran.

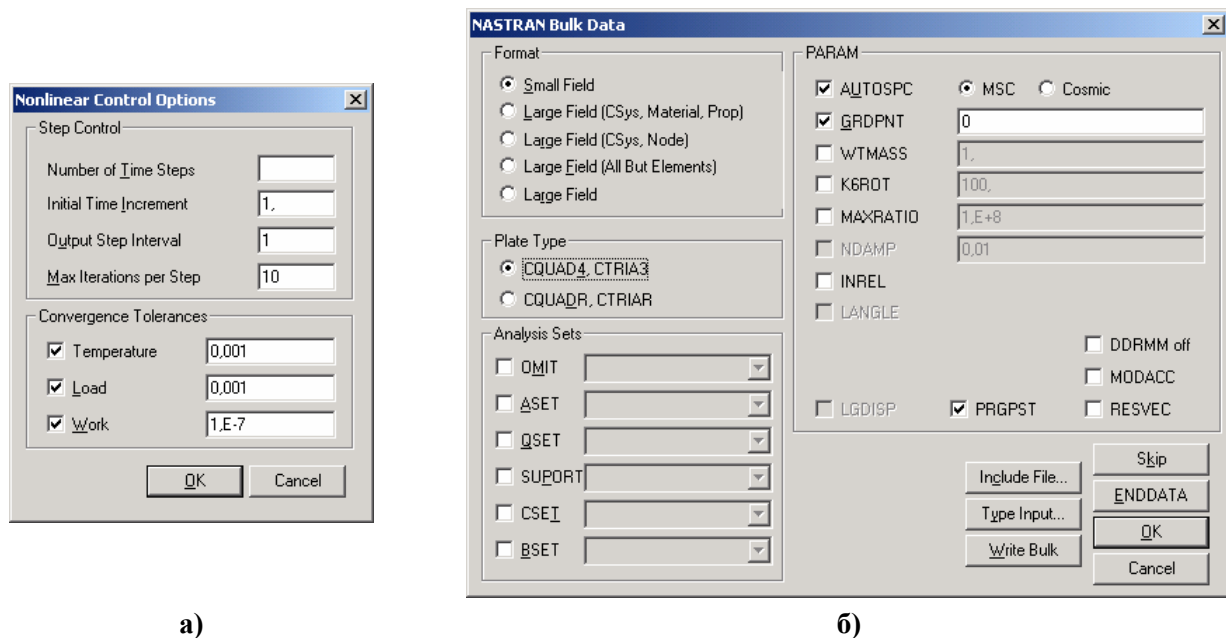


Рис.4.9. Діалогові панелі для змін параметрів: а) – пов’язаних із нестационарністю та нелінійністю задачі теплопровідності; б) – формату даних та інших

У секції „**PARAM**” можна змінити або додати до моделі декілька внутрішніх параметрів, які керують процесом розв’язування задачі.

Радіокнопками „**MSC**” та „**Cosmic**” обирається один з варіантів програми Nastran: **MSC.Nastran** або **Cosmic.Nastran**, для якої створюється завдання.

Параметри мають такі значення:

- „**AUTOSPC**” (від AUTOMATIC Single-Point Constraint) – автоматично робити спроби створювати одноточкові зв’язки (автозакріплення), якщо тіло або його частини можуть двигатися як жорстке ціле. **Увага:** навіть якщо це вдалося (не було фатальної помилки), то буде відповідне повідомлення. Потрібно знайти, виправити помилку та знов виконати розв’язок. У файлі проекту *.f06 створюється таблиця „сингулярних” вузлів „**SINGULARITY TABLE**”, де застосовуються такі позначення: „**G**” – вузол, „**S**” – скалярна точка, „**FAILED DIRECTION**” – проблемний напрямок, „**STIFFNESS RATIO**” – відносна жорсткість, „**F**” та „**BF**” – вказівки на відсутність зв’язків („старий” статус) „**S**” та „**SB**” – накладені зв’язки („новий” статус). Крім того, в тому же файлі при активній опції „**PRGPST**” буде створена таблиця „**FORCE BALANCE**”. В ній у стовпці з назвою „**SOURCE**” потрібно знайти слово ***TOTALS*** та, якщо у рядку баланс сил не виконується (є ненульові значення), то залишилося зчитати на першій позиції рядка номер вузла. Розрахунок з відключеної опцією „**AUTOSPC**” може застосовуватися для перевірки моделі на відсутність помилок у закріпленнях ступенів свободи вузлів;

- „**GRDPNT**” – номер вузла, відносно якого розраховуються масово-інерційні характеристики тіла (виводяться у файл *.f06). Якщо **GRDPNT**=0 (за замовчанням), то вони розраховуються відносно початку координатної системи;

- „**WTMASS**” – число, на яке помножуються всі маси моделі (коефіцієнт мас). За замовчанням **WTMASS** =1;

- „**K6ROT**” – коефіцієнт фіктивної жорсткості при повертанні навколо нормалі до поверхні SE типу PLATE першого порядку апроксимації (**CTRIA3** – 3 вузла та **CQUAD4** – 4 вузла). За замовчанням для типів задач 106, 129, 153 і 159 (див. таблицю 4.1. у Розділі 4.2.3.1) він дорівнює 100, для інших – нулю. Рекомендовані значення: від 0 до 100, найбільші – для нелінійного та частотного аналізу. В якості альтернативи в секції „**Plate Type**” можна замість „**CQUAD4**, **CTRIA3**” обрати радіокнопку „**CQUADR**, **CTRIAR**”. Тоді всі SE типу PLATE не будуть контролювати ступень свободи „**R3**”, тобто обертання вузлів SE навколо нормалі до площини SE (це – лише інший варіант апроксимації розв’язку). Введене значення „**K6ROT**” – ігнорується. SE „**CQUADR**” та „**CTRIAR**” рекомендують застосовувати для плоских конструкцій без значних згинаючих зусиль (розв’язки – наближені до мембранних);

- „**MAXRATIO**” – максимально допустиме відношення діагонального члена матриці жорсткості (або теплопровідності) до недіагонального з трикутної матриці після розкладення вихідної матриці на дві трикутні згідно з методом Холецкого. За замовчанням **MAXRATIO** =1.E+08. Інакше матриця вважається виродженою (фатальна помилка). Це буває у двох випадках: коли тіло не закріплено або коли у скінченно-елементній моделі є спряження SE з дуже різними жорсткостями;

- „**NDAMP**” – величина „коефіцієнту демпфірування”, що вводиться штучно для стабілізації процесу обчислення для задач типу 129, 159 (нелінійні нестационарні задачі, див. таблицю 4.1. у Розділі 4.2.3.1). За замовчанням **NDAMP**=0.01. Величина **NDAMP**=0 відміняє це штучне „демпфірування”.

У секції „**PARAM**” ще є такі опції:

- „**INREL**” – опція обчисленням сил інерції. За замовчанням опція не ініційована – не обчислювати. При ініціації опції додатково необхідно застосовувати параметр „**SUPPORT**” (див. нижче);

- „**LANGLE**” – опція застосування алгоритму „карданний підвіс” для більш точного обчислення великих кутів повороту (більше 90 градусів) вузлів SEC при розв’язуванні крайових задач зі значними переміщеннями. Застосовується одночасно з опцією „**LGDISP**”;

- „**LGDISP**” – опція керування алгоритмом значних переміщень. Якщо її відключити, то буде застосовуватися формула (Д5.6) Додатку 5 (малі деформації). При включеній опції (тоді **LGDISP** =1), буде застосовуватися формула (Д5.5) Додатку 5 (значні деформації), крім того, сили будуть „слідкувати” за переміщеннями та повертаннями об’єктів, до яких вони прикладені. Якщо опцію „**LGDISP**” – відключити та, за допомогою кнопки „**Type Input**”,

ввести рядок такого змісту: **PARAM,LGDISP,2** (тоді **LGDISP =2**), то сили не будуть такими, що „слідкують”, але деформації будуть вважатися значними (формула (Д5.5));

- „**PRGPST**” – виводити таблицю сингулярних вузлів у файл *.**f06** (див. вище про параметр „**AUTOSPC**”);

- „**MODACC**”. За замовчанням **MODACC=-1** (опція не активна). При ініціації опції (**MODACC=0**) автоматично ініціюється опція „**DDRMM off**” (**DDRMM=-1**) та навпаки, після цього при динамічному аналізі буде використовуватися метод прискорення мод з використанням набору „**QSET**” (див. нижче). При **MODACC=1** (за допомогою кнопки „**Type Input**” ввести рядок **PARAM,MODACC,1**) додатково враховуються дані набору „**SUPPORT**” (див. нижче). Значення **MODACC>0** не рекомендується застосовувати для задач гідродинаміки;

- „**DDRMM off**”. За замовчанням **DDRMM=0** (опція не активна). Про інший варіант – див. при опцію „**MODACC**”;

- „**RESVEC**”. За замовчанням **RESVEC=NO**. Якщо опцію ініціювати (**RESVEC=YES**), то у файл *.**f06** буде виведена діагностика для навантажень, що були підключені у полі „**Set**” для „**Applied Loads**” на панелі „**NASTRAN Case Control**” (див. рис.4.8-б), а також для інерційних або одиничних сил (динамічний аналіз). Якщо тіло – не закріплено, то необхідно підключити набір „**SUPPORT**” (див. нижче).

Опції розділу „**Analysis Set**” призначені для підключення додаткових умов закріплення тіла. Вони можуть використовуватися при розв’язанні задач статички для механізмів, а також – динаміки, у першу чергу – при розрахунках власних форм та частот коливань для прискорення розрахунків. Для останнього випадку в MSC.Nastran можуть бути застосованими один з двох методів: Гайана (**Gayan**) або метод узагальненої динамічної редукції (**GRD** – від **Generalized Dynamic Reduction**).

Всі ступені свободи вузлів **SEC** у MSC.Nastran згруповані за декількома признаками у множини, серед яких розрізняють оригінальні множини (**EXCLUSIVE**) та їхні об’єднання (**UNION**). У таблиці 4.2 наведені коди цих множин і деякі пояснення.

Таблиця 4.2. Кодування множин ступенів свободи у MSC.Nastran

EXCLUSIVE (оригінальні)	UNION (об’єднання)
M – з міжвузловими зв’язками (MPC)	MS – ступені свободи зі зв’язками „ Constraint ”. $MS = M + S$, де $S = SB + SG$
SB – граничні умови 1-го роду (SPC) та AUTOSPC	
SG – з постійними зв’язками, одного вузла	
O (OSET) – взаємопов’язані через рівняння глобальної CAP ступені свободи	F – вільні ступені свободи. $F = A + O$, де $A (ASET) = R + Q + C + B$
R (SUPPORT) – кінематичні зв’язки (узагальнені ступені свободи руху як твердого тіла)	
Q (QSET) – узагальнені ступені свободи (для методу GDR)	L = B + C
C (CSET) – вільні ступені свободи (для методу GDR)	T = L + R
B (BSET) – ступені свободи, що фіксуються (для методу GDR)	N = F + S

Примітка 4.3. Міжвузлові зв’язки (MPC) створюються рівняннями або **CE** типу **RIGID**. Динамічна редукція – видалення зі вже зібраної **CAP** деякої кількості рівнянь (ступенів свободи).

Після ініціації відповідної опції зі списку обирається один із наборів (їх потрібно створити заздалегідь за допомогою команди **Model→Constraint→ ...**). Очевидно, що до цих наборів можна залучати лише деякі ступені свободи з множини **F**, тобто з вільних. Опції такі:

- „**ASET**” (від **Analysis Set**) – для списку базових ступенів свободи із множини „**A**”, на основі яких за методом Гайана буде будуватися розв’язок у вигляді розкладу по цим ступеням. До цього списку не повинні входити ступені свободи зі списку, що підключається до задачі на діалоговій панелі рис.4.8-б. Всі вільні ступені свободи, що не включаються до „**A**”, вважаються членами множини „**O**” (див. Таблицю 4.2);

- „**OMIT**” (пропустити) – для списку ступенів свободи, що не входять до множин „**MS**” та „**A**”, тобто це деякі ступені свободи з множини „**O**”. Вказані у списку ступені свободи будуть вилучені з CAP у процесі аналізу, тобто форми та частоти коливань у цих напрямках розраховуватися не будуть, що скорочує час, потрібний для аналізу. Якщо список „**ASET**” не обрано, то всі ступені свободи, що не увійшли до списку „**OMIT**”, вважаються обраними до списку „**ASET**”. **Увага:** звичайно у цей список поміщують ступені свободи одного з напрямків (**X**, **Y** або **Z**), що майже не позначається на значеннях інших частот;

- „**SUPPORT**” (підтримка) – для списку ступенів свободи, що будуть повністю закріплені. Застосовуються для статичних задач типу 101, 105 і 200 (розрахунок незакріплених тіл, механізмів; додатково потрібно ініціювати опцію „**INREL**” – див. вище) та динамічних задач;

- „**QSET**”, „**CSET**” та „**BSET**” – підключення наборів зі ступенями свободи, що відповідають Таблиці 4.2, для методу узагальненої динамічної редукції (**GRD**);

Якщо за допомогою кнопки „**Type Input**” до файлу ***.dat** ввести рядок **PARAM, USETPRT,0**, то у файл ***.f06** будуть виведені таблиці зі всіма множинами ступенів свободи.

Кнопкою „**Write Bulk**” всі зроблені призначення будуть записані до загальних даних моделі задачі (файл ***.dat**). Потім кнопкою „**ENDDATA**” (або „**OK**”) наприкінці файлу дописується цей параметр і контрольна сума, а діалогова панель зникає.

Примітка 4.4. У MSC.Nastran є біля 200 параметрів (можна знайти у „**Help**” **MSC.visualNastran 2003: Help**→**More Resources**→**PDF Documentation**→**MSC.Nastran 2001 Quick Reference Guide, Table 6-1** (стор. 1503...1516). Цей документ поміщено у файл qrg.pdf).

4.2.4. Процес розрахунку крайової задачі

Після остаточного подання команди на проведення аналізу на екрані монітора можуть з’явитися повідомлення FEMAP, що потребують відповіді „**Так**” або „**Ні**”, попередження про деякі не фатальні помилки, а іноді – навіть фатальні. Зокрема, може з’явитися запит про збереження оновленого файлу моделі; повідомлення про те, що SE будуть модифіковані (це стосується вісесиметричних SE: чотирикутні автоматично перетворюються в трикутні); що деякі граничні умови не можуть бути переданими від геометричних об’єктів до SE або вузлів (про подолання цієї проблеми див. Розділ 4.1.4.6); інші.

Процес розрахунку крайової задачі проводиться програмою-аналізатором **nastran.exe**. Їй передається інформація про повне ім’я файлу ***.dat** (або ***.nas**), в якому збережена модель крайової задачі. Впродовж процесу аналізу на „робочому столі” Windows є активною панель монітору процесу аналізу.

Увага: при кожному запуску процесу розрахунку створюються нові версії допоміжних файлів. Тому час від часу їх необхідно переглядати та видаляти непотрібні (особливо файли рестарту **.dball**, **.master**). Крім того, програма створює значні та дуже значні за розміром тимчасові файли, що зникають при закінченні розрахунків, тому на магнітному носії потрібно мати достатній вільний простір для їх розміщення.

4.2.5. Створення шаблонів аналізу крайових задач

У FEMAP є інструменти створення шаблонів крайових задач, які зручно застосовувати для повторних розрахунків, а також для запуску розрахунків із застосуванням інших аналізаторів (не MSC.Nastran) безпосередньо з FEMAP командою **File**→**Analysis**.

Увага: тут буде розглядатися тільки варіант створення шаблону для MSC.Nastran і FEMAP Structural. **FEMAP Structural** – це вбудований у FEMAP спрощений аналізатор, який може розв’язувати крайові задачі типу 101, 103, 105 і 153 (див. Табл.4.1).

Для створення шаблону командою **Model**→**Analysis...** викликається діалогова панель „**Analysis Set Manager**” (див. рис.4.10-а). Спочатку вона пуста. Кнопкою „**New**” викликається діалогова панель „**Analysis Set**” (див. рис.4.10-б), де потрібно вказати назву нового шаблону (**Title**), обрати зі списків програму для аналізу (**Analysis Program**) та тип крайової задачі (**Analysis Type**). Після команди „**OK**” на діалоговій панелі „**Analysis Set Manager**” буде

сформовано шаблон задачі (див. рис.4.10-а). Можна створити декілька таких шаблонів. За допомогою кнопки „Active...” викликається діалогова панель „Activate Analysis Set” (див. рис.4.10-в), де один з шаблонів призначається активним або проводиться їх дезактивація (0..None - Ignore). Кнопкою „Save...” здійснюється запис шаблонів у файл **analysis.esp** (у робочій папці), а кнопкою „Load...” – їх читання з цього або іншого файлу. За допомогою кнопки „Copy” створюється копія виділеного шаблону, „Delete...” – проводиться видалення шаблонів, для обирання яких буде застосовано стандартну процедуру. Якщо для задачі було сформовано декілька наборів навантажень або закріплень, то буде активною кнопка „MultiSet...” – для створення багатоваріантного завдання для аналізу. Кожну складову шаблону можна редагувати: кнопкою „Edit...” викликається потрібна діалогова панель. Кнопкою „Done” здійснюється вихід з діалогової панелі „Analysis Set Manager”, а кнопкою „Analyze...” розпочинається процес аналізу задачі, шаблон якої був активним. Майже кожна діалогова панель, що викликається, має кнопку „Next...”, яка викликає наступну (відповідно шаблону) діалогову панель для завдання на ній потрібних параметрів.

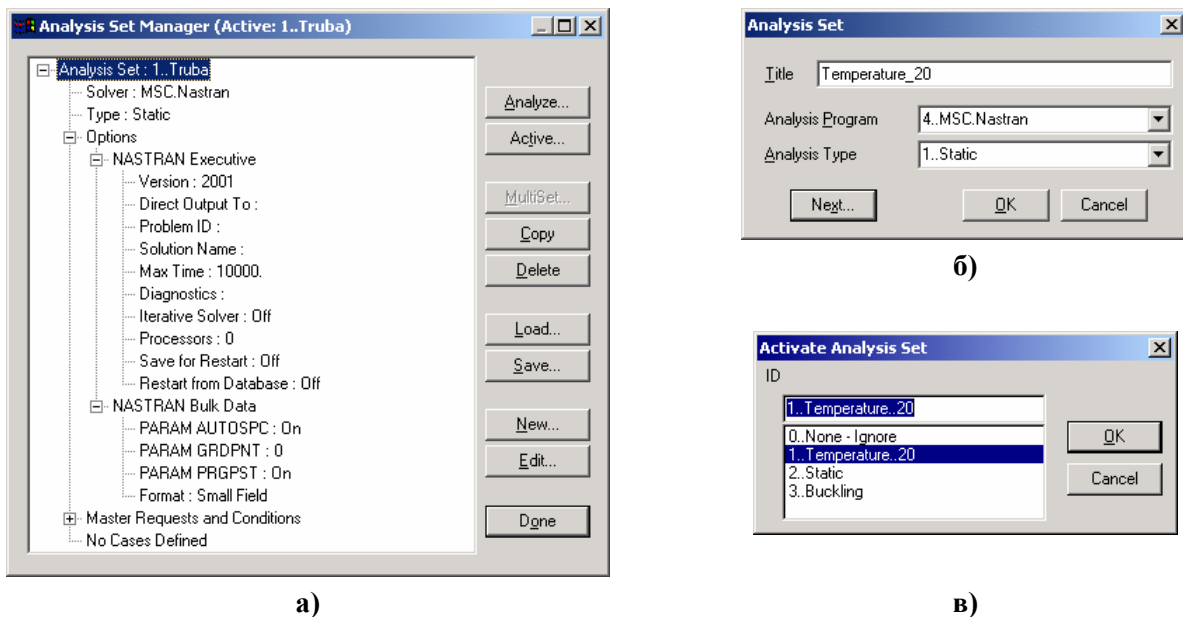


Рис.4.10. Діалогові панелі:

а) – загального керування шаблонами; б) – створення нового шаблону; в) – активізації шаблону

Підрозділ „NASTRAN Executive” розділу „Option” настроюється за допомогою діалогової панелі „NASTRAN Executive and Solution Option” (див. рис.4.11-а). Вона подібна до панелі „NASTRAN Executive and Solution Control” (див. рис.4.7), але додатково має дві секції. Секція „Restart Control” має опції, які є на діалоговій панелі „NASTRAN Restart Control” (див. рис.4.6-б та пояснення у Розділі 4.2.2). За допомогою кнопки „Browse...” можна знайти файл рестарту (з розширенням імені *.master), яке з’явиться у рядку „From”. Секція „Manual Control” має опцію „Skip Standard Executive Control”, яка аналогічна кнопці „Skip” на рис.4.7. Кнопки „Start Text” і „End Text” дозволяють вводити пояснення та параметри (у текстовому режимі) до файлу *.dat на початок або кінець секції „Executive Control” цього файлу.

Підрозділ „NASTRAN Bulk Data” розділу „Option” настроюється за допомогою діалогової панелі „NASTRAN Bulk Data Option” (див. рис.4.11-б), яка майже подібна панелі „NASTRAN Bulk Data” (див. рис.4.9-б та пояснення у Розділі 4.2.3.3). Ще є секція „Manual Control”, така ж, як й на рис.4.11-а.

У залежності від типу задачі розділ „Option” може мати й інші підрозділи:

- „NASTRAN Modal/Buckling” – настроюється за допомогою діалогової панелі „NASTRAN Dynamic Analysis” (див. рис.7.2-а та пояснення в Розділі 7.3.1);
- „NASTRAN Modal XYPlot” – настроюється за допомогою діалогової панелі „NASTRAN XY Output for Modal Analysis” (див. рис.7.2-б та пояснення в Розділі 7.3.1);

- „**NASTRAN Response Spectrum Generation**” – настроюється за допомогою діалогової панелі „**NASTRAN Output for Response Spectrum Analysis**” (див. рис.7.4-б та пояснення в Розділі 7.3.2.4);

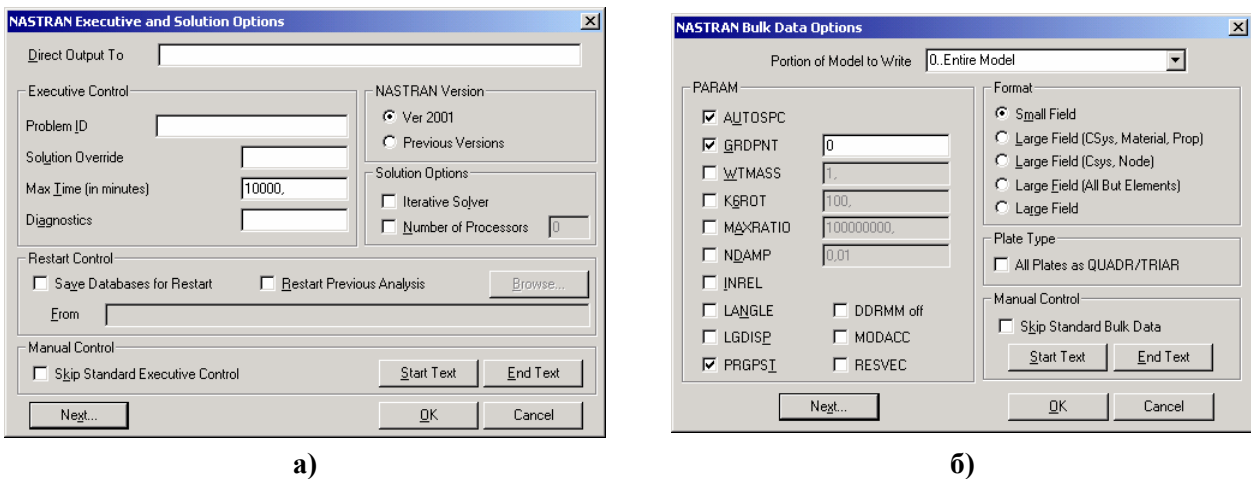


Рис.4.11. Діалогові панелі настроювання даних та параметрів секцій „Executive Control” (а) та „Bulk Data” (б) файлу *.dat

- „**NASTRAN Response Spectrum Application**” – настроюється за допомогою діалогової панелі „**NASTRAN Dynamic Analysis**” (див. рис.7.5 та пояснення в Розділі 7.3.2.5);
- „**NASTRAN Random Output2**” – настроюється за допомогою діалогової панелі „**NASTRAN Output for Random Analysis**” (див. рис.7.6-а та пояснення в Розділі 7.3.4);
- „**NASTRAN PSD Correlation**” – настроюється за допомогою діалогової панелі „**NASTRAN Power Spectral Density Factors**” (див. рис.7.7 та пояснення в Розділі 7.3.4);
- „**NASTRAN Nonlinear**” – настроюється за допомогою діалогової панелі „**Nonlinear Control Option**” (див. рис.4.9-а та пояснення до нього).

Останній розділ шаблону – „**Master Requests and Conditions**” (основні вимоги та умови). На однойменній діалоговій панелі (див. рис.4.12) можна задати ім'я набору, а при активній опції „**Skip Standard**” за допомогою кнопок „**Start Text**” та „**End Text**” – внести текстові рядки на початок або кінець секції „**Case Control**” файлу *.dat.

Наступна діалогова панель – „**Boundary Conditions**” (див. рис.4.13-а). На ній у секції „**Primary Sets**” обираються основні набори навантажень (**Loads**), закріплень (**Constraints**), початкових умов (**Initial Conditions**) і рівнянь зв'язків (**Constraints Equations**). У секції „**Other DOF Sets**” підключаються інші набори зі ступенями свободи вузлів (аналогічна секції „**Analysis Set**” на рис.4.9-б).

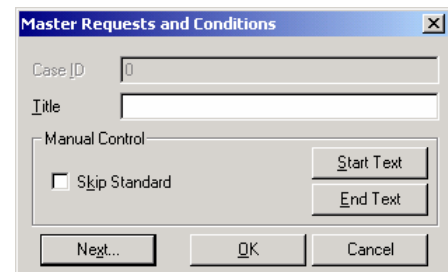


Рис.4.12. Діалогова панель розділу „Master Requests and Conditions”

Остання діалогова панель – „**Output Requests**” (див. рис.4.13-б). На ній вказуються набори для результатів аналізу, що потрібно створити для вузлів (**Nodal**) та елементів (**Elemental**). На відміну від секції „**Output Requests**” діалогової панелі „**NASTRAN Case Control**” (див. рис.4.8) тут можна вказати „**0..Full Model**” (повна модель) або обрати заздалегідь створену групу (вузлів або CE). У секції „**Customization**” опцією „**Element Corner Result**” можна вказати, що результати розрахунку потрібно виводити тільки у вузлах СЕС. Для частотного аналізу можна встановити опцію „**Output Modes (a,b,c THRU d)**” і вказати потрібні моди за вказаним шаблоном, а також змінити варіант виводу результатів: „**Magnitude/Phase**” (амплітуда/фаза) або „**Real/Imaginary**” (дійсна/мніма). У списку „**Results Destination**” можна обрати варіант виводу даних (**0..Default**, **1..Print Only**, **2..PostProcess Only**, **3..Print and Post-Process**, **4..Punch Only**, **5..Punch and PostProcess**). Коли активне поле „**Echo Model**”, можна вказати варіант моделі (див. Розділ 4.2.3.2).

Якщо потрібно створити шаблон багатоваріантного аналізу, то потрібно спочатку кнопкою „New...” створити пустий шаблон (тільки перша дія) та ініціювати кнопку „MultiSet...”. Почергово будуть з’являтися стандартні діалогові панелі для обирання наборів закріплень та навантажень, після чого шаблон буде містити всі можливі варіанти аналізу, які тепер можна налаштувати окремо.

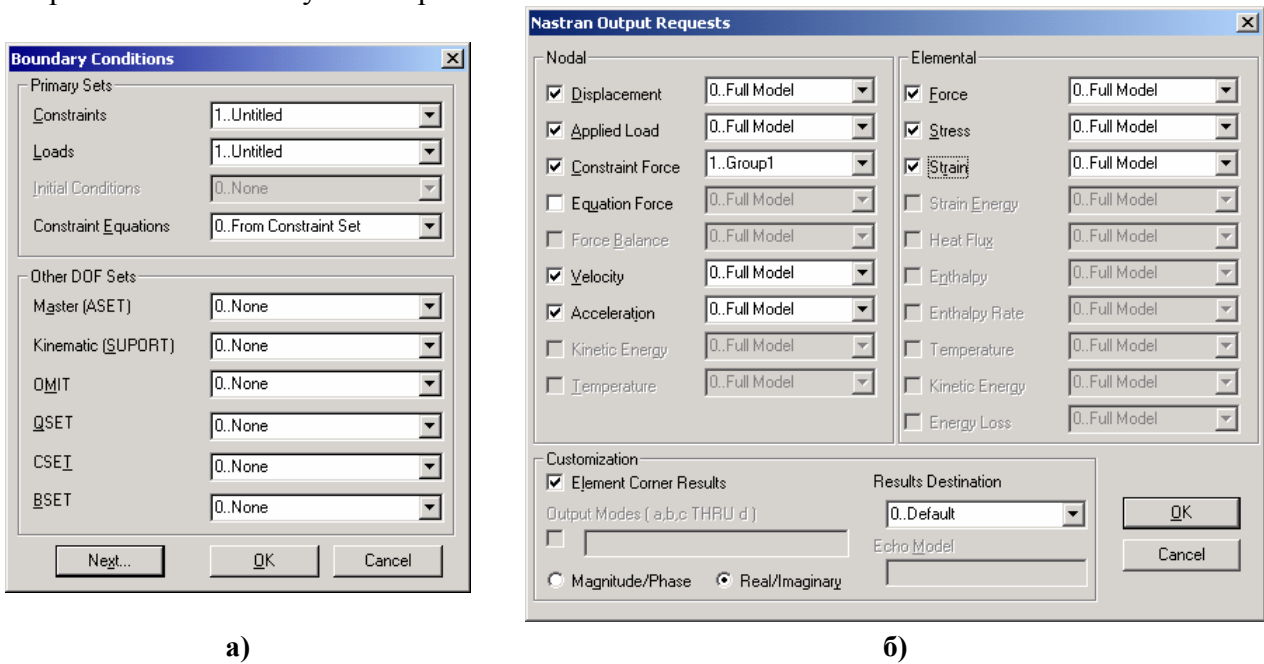


Рис.4.13. Діалогові панелі призначення: а) – вхідних наборів; б) – вихідних наборів

Увага: якщо у проекті є активний шаблон, то після команди **File→Analysis...** та завантаження імені файлу *.dat програма MSC.Nastran відразу же починає аналіз.