Лабораторна робота №5

Виконання частотного та динамічного аналізу зварної конструкції

Відкриваємо збірку CNC_ROUTER і створюємо Нове дослідження – Частота (New Study – Frequency (Рис.1.1).

| Asse | mbly | Layout | Sketch | Marku |
|-------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|-------|
| 1 | | 。 隐 4 | 4 | ► (|
| | | re v Study | | 2 |
| ~ | × - | н | | |
| Mess | age | | ^ | |
| Study strain comp | stresse s and f onents | es, displace actor of sa with linear | ements, fety for material | |
| Name | 2 | | ^ | |
| | Static | 1 | | |
| Gene | ral Sim | ulation | ^ | |
| 4 | Statio | : | | |
| | | se 2D mplificatio | n | |
| | □ In F€ | nport Study atures | / | |
| QŲ | Frequ | uency | | |
| | | | | |

Рис.1.1. Створення нового дослідження

У зв'язку з не функціональністю болтових з'єднувачів елементи, які показані на Рис.1.2 треба вилучити з аналізу. Виділити всі елементи (ZDTU_Holder 1-10), натиснути права кнопка миші – Exclude from Analysis.



Рис.1.2. Вилучення елементів із аналізу

В дереві побудови є елемент **Traversa** (Рис.1.3), до якого будуть прикладатися навантаження при виконанні динамічного дослідження, то визначаємо цей об'єкт як балка. Права кнопка миші – **Treat all solid bodies as Solid.**



Рис.1.3. Елемент Traversa

Створюємо закріплення: правою кнопкою миші натиснути Fixtures – Fixed Geometry. Вибираємо Immovable (No translation) і визначаємо вузли, які хочемо зафіксувати (Рис.1.4).



Рис.1.4. Фіксування вузлів

Будуємо сітку. В дереві побудови шукаємо сітку (**Mesh**) – натискаємо правою кнопкою миші і вибираємо **Create Mesh**. Сітка побудована (Puc.1.5).



Рис.1.5. Результат побудови сітки

Наступний крок це налаштування модального аналізу. В Дереві побудови дослідження знайти **Частота1***, натиснути правою кнопкою і вибрати властивості

(**Properties**). В **Number of frequencies** задаємо кількість частот – 20, всі інші параметри за умовчанням (Рис.1.6).

| O Number of frequer | icies | 20 | | |
|--|---|--|-----------------|------------|
| Calculate frequ (Frequency Shif | encies closest to: t) | 0 | Hertz | |
| OUpper bound frequ | iency: | 0 | Hertz | |
| Decouple the mixed | d free body modes | | | |
| Frequency cap: | Automatic | \sim | | |
| | 0 Hei | rtz | | |
| | ata ha iliana ana ada t | | | |
| Use inplane effect | | | | |
| Use inplane effect | stabilize model | | | |
| Use inplane effect | IDWORKS document | folder | | |
| Use inplane effect Use soft spring to Save Results Save results to SOL Results folder | IDWORKS document | folder ktop\11_21 (| CNC Router_ZDTU |) (|
| Use inplane effect Use soft spring to Save Results Save results to SOL Results folder Average stresses a | IDWORKS document C:\Users\Yana\Des t mid-nodes (high-qu | folder ktop\11_21 (iality solid m | CNC Router_ZDTU |) F |

Рис.1.6. Визначення кількості частот

Запускаємо дослідження – **Run This Study.** Результат дослідження зображено на Рис.1.7.



Рис.1.7. Результати досліджень

Аналіз коливання можна подивитися наступним чином. В Дереві побудови знаходимо **Result**, права кнопка миші - вибрати **List Resonant Frequencies** і відкриється вікно з результатами (Puc.1.8).

| Mode No. | Eroquena (Ded/acc) | Eroquena (Herta) | Dariad(Seconds) | | |
|----------|--------------------|------------------|-----------------|-----|--------------------|
| Mode No. | 1741 | 27 709 | Penou(Seconds) | | 3.373e-01 |
| 2 | 288 17 | 45 864 | 0.021803 | | 0,0100 01 |
| 3 | 324.87 | 51 705 | 0.019341 | | 2 998e-01 |
| 4 | 449.09 | 71,475 | 0.013991 | | |
| 5 | 484,38 | 77,091 | 0,012972 | | 2.623e-01 |
| 6 | 505,09 | 80,388 | 0,01244 | | |
| 7 | 534,23 | 85,026 | 0,011761 | | 2 2 48 e-01 |
| 8 | 543,66 | 86,526 | 0,011557 | | 2,2406 0 |
| 9 | 555,59 | 88,424 | 0,011309 | | 1.874e-01 |
| 10 | 581,09 | 92,483 | 0,010813 | | 1,0740-0 |
| 11 | 586,99 | 93,422 | 0,010704 | | 1.400 - 01 |
| 12 | 613,71 | 97,675 | 0,010238 | | 1,4996-0 |
| 13 | 645,91 | 102,8 | 0,0097276 | | 1 1 2 1 - 0 |
| 14 | 728,91 | 116,01 | 0,00862 | L . | _ 1,124e-0 |
| 15 | 784,61 | 124,87 | 0,0080081 | • | 7 405 44 |
| 16 | 800,9 | 127,47 | 0,0078452 | | _ 7,495e-02 |
| 17 | 834,08 | 132,75 | 0,007533 | | |
| 18 | 837,55 | 133,3 | 0,0075018 | | |
| 19 | 842,79 | 134,13 | 0,0074552 | | |
| | 070.01 | 120.07 | 0.0071905 | | 0.000e+0 |

Рис.1.8. Результати резонансних частот

| Визначаємо масову | участь. В Дереві побудови | и знаходимо Result , | права кнопка миші |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| - вибрати List Mass Partici | pation і відкриється вікно | з результатами (Рис | c.1.9.) |

| Aass Partici | pation (Normalize | ed) | | | - | × |
|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|------|
| Study name: | łастота 1 | | | | | |
| Mode No. | Freq (Hertz) | Xdirection | Y direction | Z direction | | |
| 1 | 27,709 | 0,66086 | 1,2716e-15 | 3,8956e-15 | | |
| 2 | 45,864 | 1,0319e-12 | 0,076875 | 1,7666e-07 | | |
| 3 | 51,705 | 0,01493 | 5,1219e-12 | 5,9764e-14 | | |
| 4 | 71,475 | 1,122e-13 | 3,9824e-05 | 0,0037201 | | |
| 5 | 77,091 | 5,3838e-15 | 3,7289e-05 | 0,70496 | | |
| 6 | 80,388 | 1,1089e-14 | 0,020805 | 0,0079136 | | |
| 7 | 85,026 | 1,7792e-13 | 0,00099682 | 0,012631 | | |
| 8 | 86,526 | 7e-13 | 0,0056212 | 0,0078495 | | |
| 9 | 88,424 | 0,00015156 | 5,489e-11 | 3,3918e-10 | | |
| 10 | 92,483 | 0,13822 | 6,1828e-14 | 6,8819e-13 | | |
| 11 | 93,422 | 6,2814e-12 | 0,00032957 | 0,0040046 | | |
| 12 | 97,675 | 0,0022113 | 1,059e-14 | 3,07e-14 | | |
| 13 | 102,8 | 2,0483e-13 | 0,0026693 | 0,00027305 | | |
| 14 | 116,01 | 1,9874e-15 | 0,015684 | 7,9223e-05 | | |
| 15 | 124,87 | 5,3935e-17 | 0,029398 | 5,4657e-06 | | |
| 16 | 127,47 | 9,0821e-14 | 0,01344 | 0,0017964 | | |
| 17 | 132,75 | 0,021665 | 7,8756e-14 | 2,8488e-13 | | |
| 18 | 133,3 | 0,0017518 | 2,5419e-13 | 1,2326e-11 | | |
| 19 | 134,13 | 9,075e-14 | 0,0017602 | 0,069398 | | |
| 20 | 139,07 | 7,4459e-14 | 0,0059931 | 0,0016001 | | |
| | | Sum X = 0,83979 | Sum Y = 0,17365 | Sum Z = 0,81423 | | |
| Close | | | Save | | | Help |

Рис.1.9. Результати з визначення масової участі (20 частот)

Аналізуючи дані, можна зробити висновок, що коливання в основному відбуваються по осі X, і щоб оцінити результат коливання в повному обсязі – 20 частот виявляється замало.

Тому в Дереві побудови дослідження знаходимо знову **Частота1***, натискаємо правою кнопкою миші і вибираємо властивості (**Properties**). В **Number of frequencies** задаємо кількість частот – 80, всі інші параметри за умовчанням, як було на Рис.6. Запускаємо дослідження **Run This Study.** Результат дослідження зображено на Рис.1.10. Для подальшого детального аналізу можна натиснути Save і зберегти значення в Excel.

| lode No. | Freq (Hertz) | X direction | Y direction | Z direction | | - |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------------|--|---|
| 1 | 27,709 | 0,66086 | 1,2716e-15 | 3,8956e-15 | | |
| 2 | 45,864 | 1,0319e-12 | 0,076875 | 1,7666e-07 | | |
| 3 | 51,705 | 0,01493 | 5,1219e-12 | 5,9764e-14 | | |
| 4 | 71,475 | 1,122e-13 | 3,9824e-05 | 0,0037201 | | |
| 5 | 77,091 | 5,3838e-15 | 3,7289e-05 | 0,70496 | | |
| 6 | 80,388 | 1,1089e-14 | 0,020805 | 0,0079136 | | |
| 7 | 85,026 | 1,7792e-13 | 0,00099682 | 0,012631 | | |
| 8 | 86,526 | 7e-13 | 0,0056212 | 0,0078495 | | |
| 9 | 88,424 | 0,00015156 | 5,489e-11 | 3,3918e-10 | | |
| 10 | 92,483 | 0,13822 | 6,1828e-14 | 6,8819e-13 | | |
| 11 | 93,422 | 6,2814e-12 | 0,00032957 | 0,0040046 | | |
| 12 | 97,675 | 0,0022113 | 1,059e-14 | 3,07e-14 | | |
| 13 | 102,8 | 2,0483e-13 | 0,0026693 | 0,00027305 | | |
| 14 | 116,01 | 1,9874e-15 | 0,015684 | 7,9223e-05 | | |
| 15 | 124,87 | 5,3935e-17 | 0,029398 | 5,4657e-06 | | |
| 16 | 127,47 | 9,0821e-14 | 0,01344 | 0,0017964 | | |
| 17 | 132,75 | 0,021665 | 7,8736e-14 | 2,8496e-13 | | |
| 18 | 133,3 | 0,0017518 | 2,5414e-13 | 1,2327e-11 | | |
| 19 | 134,13 | 9,0799e-14 | 0,0017602 | 0,069398 | | |
| 20 | 139,07 | 6,8061e-14 | 0,0059931 | 0,0016001 | | |
| 21 | 141,33 | 0,015198 | 2,0124e-11 | 5,0273e-13 | | |
| 22 | 141,82 | 1,9705e-11 | 0,016078 | 0,00055972 | | |
| 23 | 150,56 | 7,6228e-15 | 0,0019853 | 0,026499 | | |
| 24 | 155,38 | 7,4485e-15 | 5,2784e-06 | 0,0049345 | | |
| 25 | 158,62 | 1,9433e-13 | 0,00075815 | 4,4215e-05 | | |
| 26 | 159,43 | 0,024136 | 2,864e-16 | 7,7558e-16 | | |
| 27 | 175,95 | 5,9586e-06 | 4,6506e-09 | 1,3391e-10 | | |
| 28 | 175.99 | 3.7521e-13 | 0.058461 | 0.0016134 | | |

Рис.10. Результати дослідження з визначення масової участі (80 частот)

На Рис.1.11. зображено загальний вигляд даних результатів досліджень після експортування в Excel.

| Mode No. | Freq (Hertz) | X direction | Y direction | Z direction |
|----------|-----------------------|---|-------------|-------------|
| 1 | 27,709 | 0,66086 | 1,27E-15 | 3,90E-15 |
| 2 | 45,864 | 1,03E-12 | 0,076875 | 1,77E-07 |
| 3 | 51,705 | 0,01493 | 5,12E-12 | 5,98E-14 |
| 4 | 71,475 | 1,12E-13 | 3,98E-05 | 0,0037201 |
| 5 | 77,091 | 5,38E-15 | 3,73E-05 | 0,70496 |
| 6 | 80,388 | 1,11E-14 | 0,020805 | 0,0079136 |
| 7 | 85,026 | 1,78E-13 | 0,00099682 | 0,012631 |
| 8 | 86,526 | 7,00E-13 | 0,0056212 | 0,0078495 |
| 9 | 88,424 | 0,00015156 | 5,49E-11 | 3,39E-10 |
| 10 | 92,483 | 0,13822 | 6,18E-14 | 6,88E-13 |
| 11 | 93,422 | 6,28E-12 | 0,00032957 | 0,0040046 |
| 12 | 97,675 | 0,0022113 | 1,06E-14 | 3,07E-14 |
| 13 | 102,8 | 2,05E-13 | 0,0026693 | 0,00027305 |
| 14 | 116,01 | 1,99E-15 | 0,015684 | 7,92E-05 |
| 15 | 124,87 | 5,39E-17 | 0,029398 | 5,47E-06 |
| 16 | 127,47 | 9,08E-14 | 0,01344 | 0,0017964 |
| 17 | 132,75 | 0,021665 | 7,87E-14 | 2,85E-13 |
| 18 | 133,3 | 0,0017518 | 2,54E-13 | 1,23E-11 |
| 19 | 134,13 | 9,08E-14 | 0,0017602 | 0,069398 |
| 20 | 139 <mark>,</mark> 07 | 6,81E-14 | 0,0059931 | 0,0016001 |
| 21 | 141,33 | 0,015198 | 2,01E-11 | 5,03E-13 |
| 22 | 141,82 | 1,97E-11 | 0,016078 | 0,00055972 |
| 23 | 150,56 | 7,62E-15 | 0,0019853 | 0,026499 |
| 24 | 155,38 | 7,45E-15 | 5,28E-06 | 0,0049345 |
| 25 | 158,62 | 1,94E-13 | 0,00075815 | 4,42E-05 |
| 26 | 159,43 | 0,024136 | 2,86E-16 | 7,76E-16 |
| 27 | 175,95 | 5,96E-06 | 4,65E-09 | 1,34E-10 |
| 1 | | and the second se | | |

Рис.1.11. Вигляд результатів досліджень після експортування в Excel

На основі частотного дослідження створюємо динамічне дослідження. Для цього знизу на вкладці дослідження, в нашому випадку це Частота 1 натиснути правою кнопкою миші Copy Study (Puc.1.12). Таким чином ми скопіюємо дослідження для подальших змін.



Рис.1.12. Копіювання дослідження

Вибираємо Linear Dynamic і в Options вибираємо Harmonic і створюємо нове динамічне дослідження (Рис.1.13).



Рис. 1.13. Створення динамічного дослідження

Задаємо коефіцієнт демпфування. В Дереві побудови правою кнопкою миші натискаємо на **Damping** і вибираємо **Edit/Define** (Рис.1.14).



Рис.1.14. Задавання параметрів демпфування

В **Damping Ratios** задаємо 0.04 і натискаємо ОК. Коефіцієнт демпфування заданий (Рис.1.15.).



Рис.1.15. Коефіцієнт демпфування

В Дереві побудови правою кнопкою миші натискаємо **Dynamic 1 from (Частота 1)*** і вибираємо **Properties**. У вкладці **Harmonic Options** верхній ліміт (**Upper limit**) ставимо найвище значення частот, яке у нас вийшло в частотному досліджені при 80 заданих частотах. В нашому випадку це 495 (Рис.1.16).

| Harmo | onic | | | | | | \times |
|--------|---------------|-------------------------|------------|--------------|-------|---------------|----------|
| Freque | ency Options | Harmonic | Options | Notification | Remar | k | |
| | Operating fre | equency lim | nits | | | | 1 |
| | Unite | - q acc y | Ovelos /so | c (Uz) | | | |
| | | l | 0 | c (i iz) | | | |
| Ē | Lower limit | : +• | 495 | | - | | |
| - | opper inni | | 155 | | _ | | |
| L | | | | | | | |
| | | | | | Adva | anced Options | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | ОК | : | Отмена | Справка |
| | | | | | | | |

Рис.1.16. Верхній ліміт частот

Тепер задаємо навантаження. Правою кнопкою миші натикаємо External Loads і вибираємо Uniform Base Excitation (Puc.1.17.).



Рис.1.17. Вибір навантаження

Вибираємо балку, на яку будемо накладати навантаження і напрямок дії навантаження – де значення буде 0.1 мм (Рис.1.18.)

| Uniform Base Excitation | 0 | |
|--|------|--|
| Message | ^ | |
| The excitation is applied to all locations restrained the specified directions. | d in | |
| Type Displacement Velocity Acceleration | ^ | |
| Face<1>@Frame_ZDTU(update)<1> | | |
| Displacement mm Displacement mm Displacement mm Displacement mm Displacement mm Displacement mm Displacement mm Displacement Di | | |
| Variation with Frequency | ^ | |

Рис.1.18. Визначення напрямку навантаження

Після заданих параметрів запускаємо розрахунок дослідження – **Run This Study.** Результат дослідження зображено на Рис.1.19.



Рис.1.19. Результат дослідження

Далі знаходимо **Result**, натискаємо правою кнопкою миші і вибираємо **Define Response Graph.**

За промовчанням система пропонує вибрати конкретний вузол, але ми обираємо вузол де ми задавали навантаження, тобто елемент – наша балка. Вибираємо Y axis: **Displacement – UY: Y Displacement, mm.** (Puc.1.20).

| Image: Image | ▶ 🧐 ZDTU_CNC_ROUTER | Study name: Dynamic 1 from [¹ Mesh type: |
|--|---------------------------------|---|
| Response ^ | | • |
| All nodes At remote locations Node 495 Node 496 Node 497 Node 498 Node 499 Node 500 Node 501 | | |
| X axis: | Location:: 499 | |
| Frequency V | X, Y, Z Location: 909; 545; 2,4 | 41e+03 mm |
| Y axis: | | |
| Displacement | | |
| UY: Y Displacement | | |
| mm ~ | | |

Рис. 1.20. Задані параметри

Побудовану епюру показано на Рис.1.21.



Response Graph

Рис.21. Отримана епюра

Літературні джерела

1.SOLIDWORKSWebHelp[Електронний ресурс]// DassaultSystèmes.—2029.—Режим доступу до ресурсу:https://help.solidworks.com/2019/English/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm?verRedirect=1

2.SOLIDWORKS Tech Blog [Електронний ресурс]// DassaultSystèmes.—2024.—Режим доступу до ресурсу:https://blogs.solidworks.com/tech/

3. J. Ed A. Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks [Електронний ресурс] / Akin J. Ed // Rice University. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <u>https://www.clear.rice.edu/mech403/HelpFiles/FEAC_final.pdf</u>.