

APLICAȚIA 13

ANALIZA STATICĂ A STRUCTURILOR DE TIP REZERVOR SOLICITATE TERMIC

13.1 Descrierea aplicației

Câmpurile termice care apar în structurile de tip rezervor conduc la obținerea unor tensiuni ale căror valoare și distribuție este util să fie cunoscute, în etapa proiectării produsului. Distribuția și valoarea tensiunilor au o importanță deosebită în proiectarea asamblării dintre structura de încălzire și rezervor.

În figura 13.1 se prezintă schema unei structuri mecanice de tip boiler, formată dintr-un rezervor și o structură de încălzire, utilizată pentru încălzirea apei; asamblarea dintre sistemul de încălzire și rezervor este realizată prin intermediul unui element de tip fitting.

Aplicația își propune determinarea valorilor maxime ale tensiunii echivalente *Von Mises* și, respectiv, a deplasării, produse de câmpul termic care acționează asupra sistemului de încălzire cu temperatura $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ și de accelerația gravitațională $g=9,81\text{ m/s}^2$. În acest sens, modelarea legăturii cu baza a rezervorului se realizează prin intermediul unei restricții care presupune anularea celor 6 grade de libertate posibile.

Structura analizată este realizată din oțel OL37, cu următoarele caracteristici mecanice: modulul de elasticitate longitudinală $E = 2,1 \cdot 10^5\text{ N/mm}^2$; coeficientul contracției transversale (*Poisson*) $\nu = 0,3$; densitatea $\rho=7800\text{ kg/m}^3$.

13.2. Preprocesarea modelului de analiză

13.2.1 Modelarea geometrică

Obținerea schiței de referință a rezervorului se realizează în modulul **Sketcher**, care se accesează

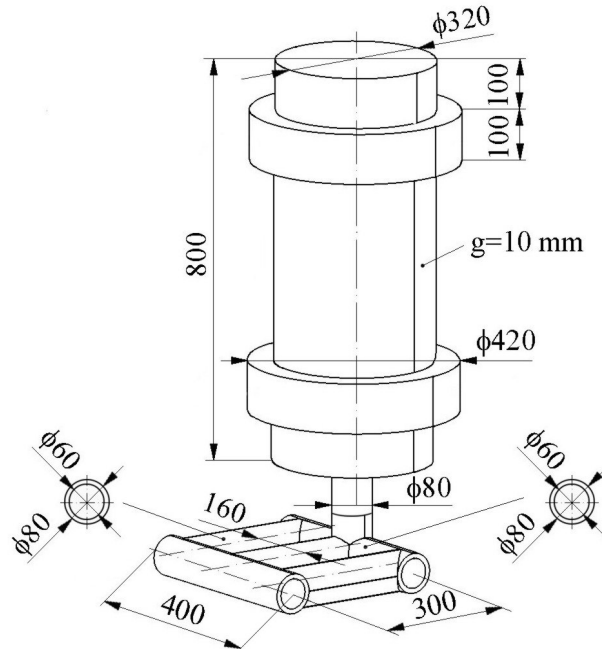


Fig.13.1

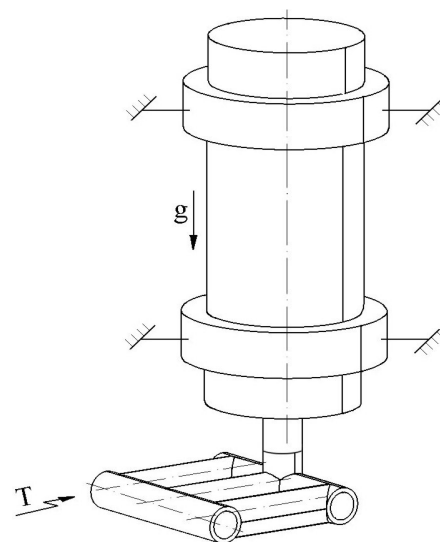







Fig.13.2

prin parcurgerea succesivă a comenzilor **Start** ⇒ **Mechanical Design** ⇒ **Part Design** ⇒  (Sketcher) ⇒ xy plane.

Profilul secțiunii longitudinale a rezervorului se creează prin:  (**Profile**) se desenează conturul închis al secțiunii longitudinale ⇒  (**Constraint**) se introduc succesiv cotele profilului ⇒  (**Axis**) se desenează o axă orizontală, identică cu axa Ox ⇒  (Exit Workbench) (fig.13.3).

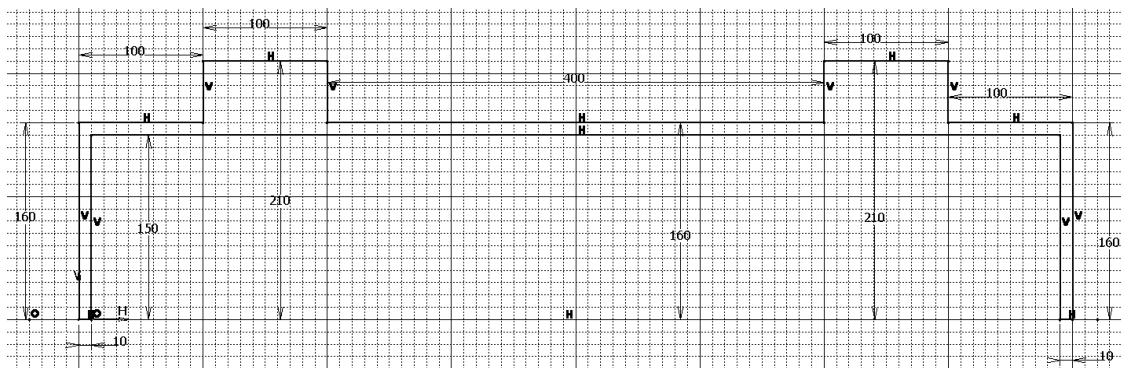



Fig.13.3

Rezervorul se obține prin rotirea profilului creat anterior în jurul propriei axe  (**Shaft**), **Shaft Definition, First angle: 360 deg; Second angle: 0 deg; Profile Selection: Sketch.1; Axis Selection: selectarea axei, OK** (fig.13.4).

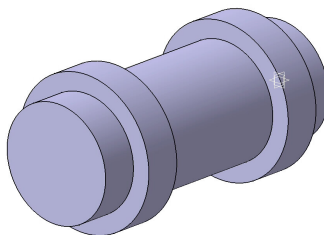
















Fig.13.4

Schița conductei de legătură cu sistemul de încălzire se generează prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a cilindrului ⇒  (**Circle**) se desenează cercul care definește conducta de admisie a apei calde ⇒  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercul să fie concentric cu cercul cilindrului ⇒  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului ($D=80\text{ mm}$) ⇒  (**Circle**) se desenează cercul care definește partea interioară a conductei de admisie a apei calde ⇒  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercul să fie concentric cu cercul cilindrului ⇒  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului ($D=60\text{ mm}$) ⇒  (Exit Workbench) (fig.13.5).

Generarea conductei se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 100 mm (lungimea conductei)  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 100, Selection: Sketch.2, OK**.

Schița golului conductei se creează prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a conductei extrudate ⇒  (**Circle**) se desenează cercul care definește partea interioară a conductei de admisie a apei calde ⇒  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune

condiția ca cercul să fie concentric cu cercul exterior al conductei \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului ($D=60\text{ mm}$) \Rightarrow  (**Exit Workbench**).

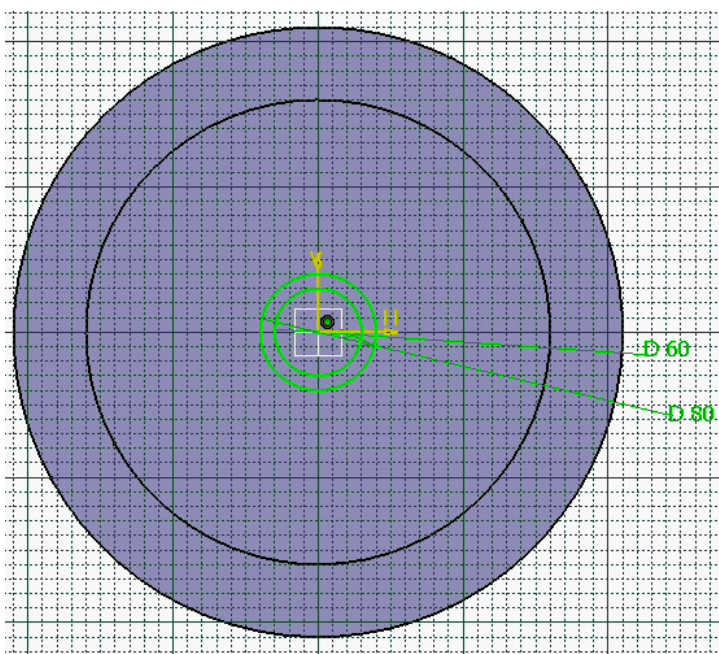




Fig.13.5

Golul conductei se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cercul); **Type: Dimension;** **Depth:** 110 mm adâncimea găurii, **OK** (fig.13.6).

Obținerea schiței de referință a conductelor structurii de încălzire se realizează în modulul **Sketcher**, care se accesează prin parcurgerea succesivă a comenzilor **Start** \Rightarrow **Mechanical Design** \Rightarrow **Part Design** \Rightarrow  (**Sketcher**) \Rightarrow **xy plane**.

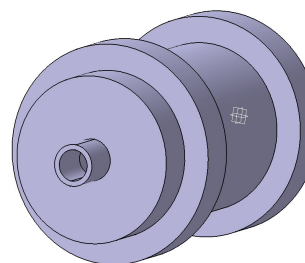








Fig.13.6

Profilul secțiunii frontale a conductelor se creează prin:  (**Circle**) se desenează 3 cercuri care definesc secțiunea transversală maximă a bazei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca centrele cercurilor să fie situate pe axa H a sistemului de referință \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercurilor ($D=80\text{ mm}$) \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea distanței dintre centrele cercurilor ($l=160\text{ mm}$) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.7).

Generarea conductelor se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 300 mm (lungimea conductelor)  (**Pad**), **Pad Definition, Length:** 300, **Selection:** Sketch.1, **OK**.

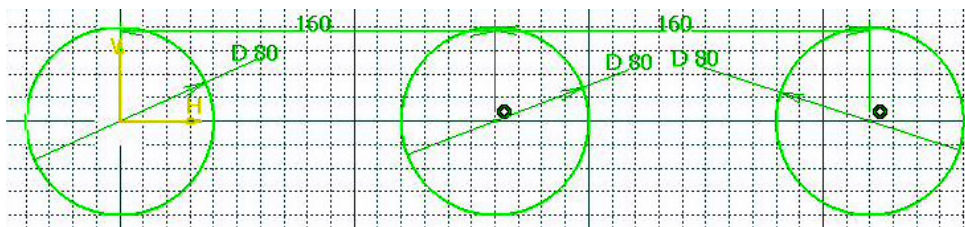







Fig.13.7

Schița golului conductelor se creează prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a unei conducte \Rightarrow  (**Circle**) se desenează 3 cercuri care definesc secțiunea transversală a golului conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercurile desenate să fie concentrice cu cercurile ce definesc peretele exterior al conductelor \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercurilor ($D=60$ mm) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.8).

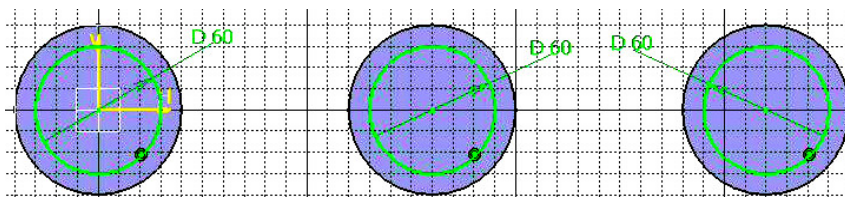











Fig.13.8

Golul conductelor se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cele 3 cercuri); **Type: Dimension; Depth: 300** mm adâncimea găurilor, **OK**.

Pentru obținerea conductelor transversale se parcurge succesiunea de comenzi:  (**Plane**), **Plane type: Offset from plane; Reference: yz plane; Offset: 40** mm \Rightarrow  (**Sketcher**) se selectează planul creat \Rightarrow  (**Circle**) se desenează 2 cercuri care definesc peretele conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca centrul unui cerc să fie în centrul sistemului de referință, iar celălalt centru situate pe axa verticală \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercurilor ($D=80$ mm) \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce distanța dintre centrele cercurilor ($l=300$ mm) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.9).

Generarea conductelor transversale se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 400 mm (lungimea conductelor)  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 400, Selection: Sketch.3, OK**.

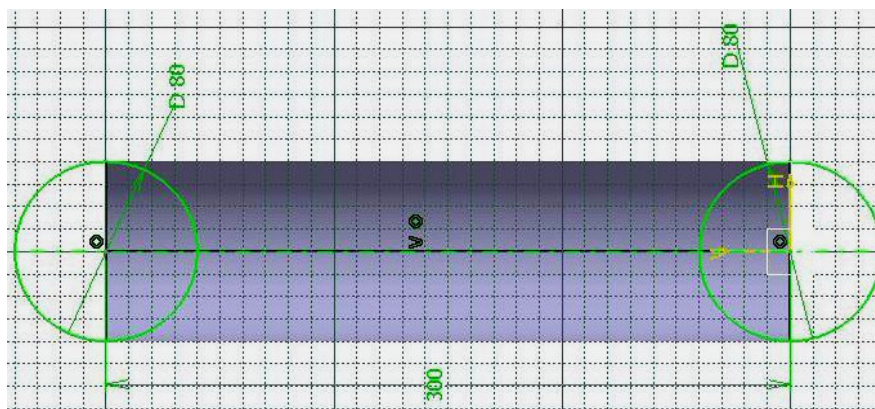







Fig.13.9

Schița golului conductelor transversale se creează prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a unei conducte \Rightarrow  (**Circle**) se desenează 2 cercuri care definesc secțiunea transversală a golului conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercurile desenate să fie concentrice cu cercurile ce definesc peretele exterior al conductelor \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercurilor ($D=60\text{ mm}$) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.10).

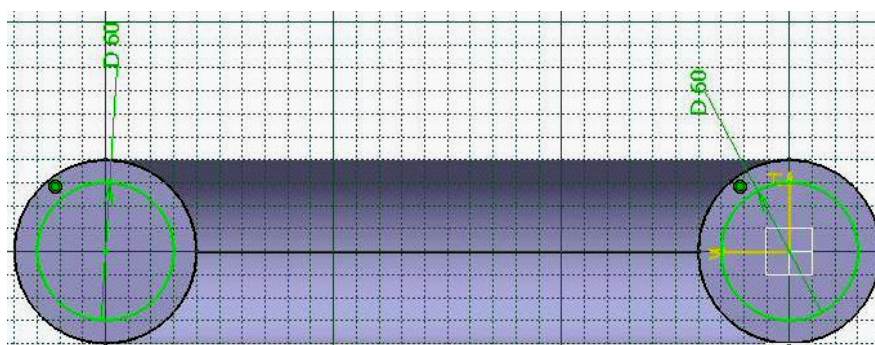










Fig.13.10

Golul conductelor se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cele 2 cercuri); **Type: Dimension; Depth: 400 mm** adâncimea găurilor, **OK**.

Pentru obținerea conductei care face legătura cu rezervorul se parcurge succesiunea de comenzi:  (**Plane**), **Plane type: Offset from plane; Reference: zx plane; Offset: 40 mm** \Rightarrow  (**Sketcher**) se selectează planul creat \Rightarrow  (**Circle**) se desenează cercul care definește peretele conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca centrul cercului să fie situat pe axa orizontală \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea

diametrului cercului ($D=80$ mm) \Rightarrow  (*Constraint*) se introduce distanța dintre centrul cercului și axa verticală a sistemului de referință ($l=160$ mm) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.11).

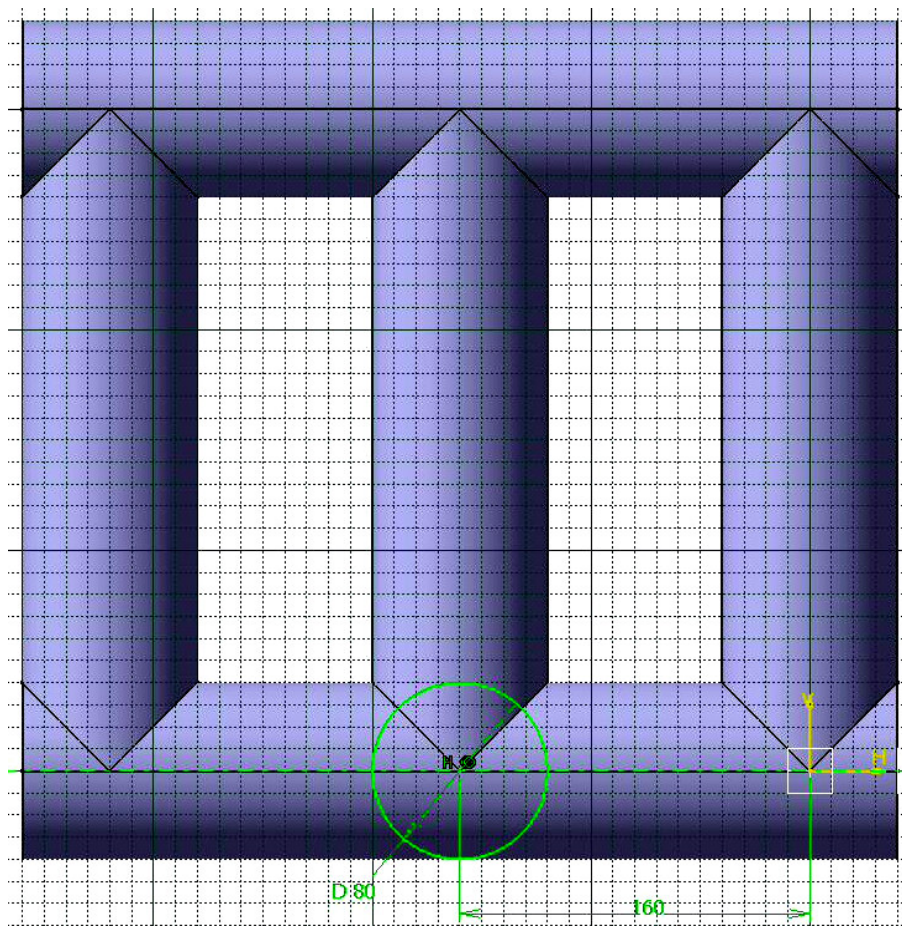















Fig.13.11

Generarea conductei de legătură cu rezervorul se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 40 mm în jos și cu 50 mm în sus  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 40 în jos, Selection: Sketch.5, OK** \Rightarrow  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 50 în sus, Selection: Sketch.5, OK**.

Schița golului conductei de legătură se creează prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a conductei \Rightarrow  (**Circle**) se desenează cercul care definește secțiunea transversală a golului conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercul desenat să fie concentric cu cercul ce definește peretele exterior al conductei \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului ($D=60$ mm) \Rightarrow  (**Exit Workbench**).

Golul conductei se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cercul); **Type: Dimension; Depth: 60 mm** adâncimea găurii, **OK**.

Cercurile care definesc secțiunea transversală a părții de legătură a conductei se obțin prin:  (**Sketcher**) se selectează suprafața frontală a conductei \Rightarrow  (**Circle**) se desenează 2 cercuri care definesc secțiunea transversală a părții de legătură a conductei \Rightarrow  (**Constraint Defined in Dialog Box**) se pune condiția ca cercurile desenate să fie concentrice cu cercul ce definește peretele exterior al conductei \Rightarrow  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercurilor ($D=60$ mm și $D=40$ mm) \Rightarrow  (**Exit Workbench**) (fig.13.12).

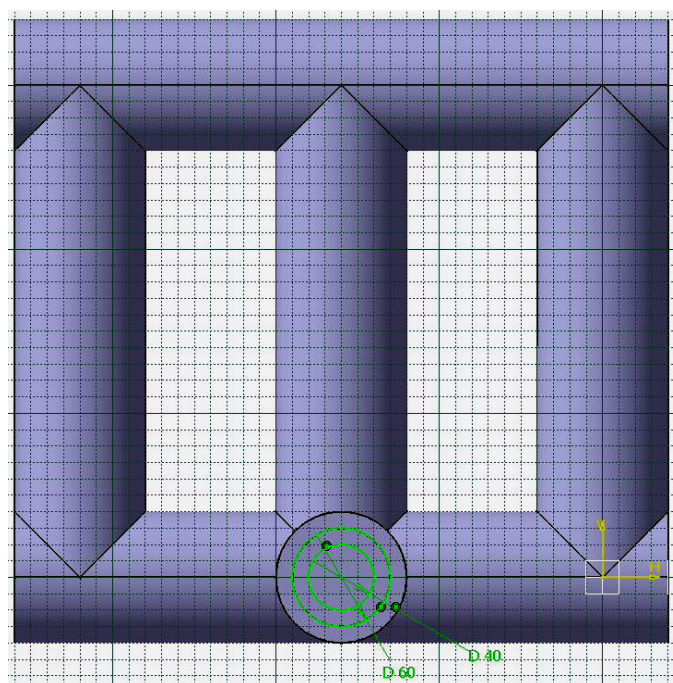



Fig.13.12

Generarea porțiunii de legătură a structurii de încălzire cu rezervorul se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 20 mm (lungimea porțiunii)  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 400, Selection: Sketch.7, OK** (fig.13.13).

Inserarea părților componente ale subansamblului se realizează prin parcurgerea succesiunii de comenzi **Start \Rightarrow Mechanical Design \Rightarrow Assembly Design**.

 (**Existing Component**) (**Insert \Rightarrow Existing**

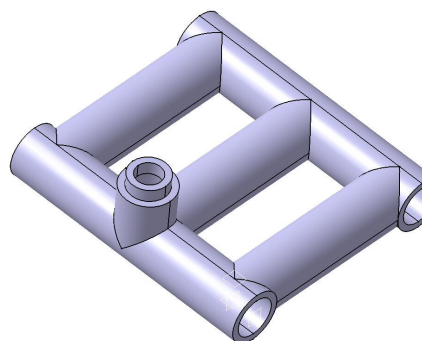


Fig.13.13

Component) ⇒ *activare specificația Products* ⇒ *selectare fișier sursă* ⇒ *se inserează succesiv elementele componente ale structurii.*

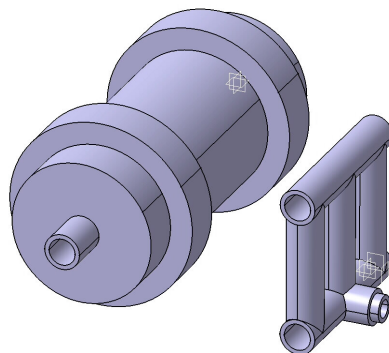





Fig.13.14

Deplasarea elementelor inserate se efectuează prin  (**Manipulation Pa...**) *selectarea direcției de manipulare, urmată de manipularea propriu-zisă a unui corp, OK* (fig.13.14).

Subansamblul se creează utilizând constrângerile geometrice

dintre diferite componente.  (**Contact Constraint**) *se selectează suprafețele plane comune*

⇒  (**Coincidence Constraint**) *se selectează suprafețele cilindrice comune* ⇒  (**Update All**) (fig.13.15)

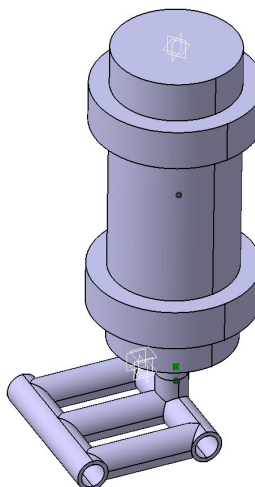



Fig.13.15

13.2.2. Modelarea materialului

Introducerea valorilor caracteristicilor materialului necesare pentru analiza cu elemente finite se face utilizându-se biblioteca de materiale a mediului CATIA, din care se alege material metalic din grupa oțelurilor (**Steel**), pentru care se modifică valorile modului de elasticitate (modulul lui *Young*) și coeficientului *Poisson*, ținând seama de valorile indicate ca date de intrare *selectare ansamblu*

Product.1 ⇒  (**Apply Material**) ⇒ **Libray (ReadOnly) Metal, Steel dublă selecție** ⇒ **Properties, Feature Properties, Feature Name: Steel; Analysis, Young Modulus 2,1e+011N_m2,**

Poisson Ratio 0,3, Cancel, OK.

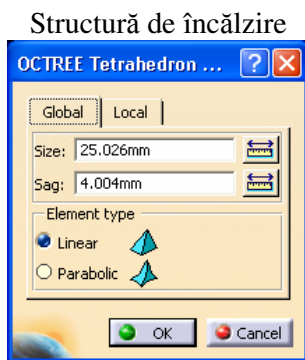


Fig.13.16


13.2.3 Modelarea cu elemente finite


Pentru generarea modelului cu elemente finite se parcurg comenzile **Start** ⇒ **Analysis & Simulation** ⇒ **Generative Structural Analysis** ⇒ **New Analysis Case Static Analysis, OK** care presupun analiza statică a ansamblului în condițiile unor

constrângeri impuse și a unor încărcări independente de timp.



Pentru elementele componente ale structurii, dimensiunea elementelor finite **Size** și abaterea maximă admisă pentru modelarea geometrică **Sag** se aleg conform figurii 13.16 (activarea meniului se realizează prin dublu click pe **OCTREE Tetrahedron Mesh.1**: se aleg succesiv elementele de tip **Part** din arborecența de specificații).

13.2.4 Modelarea constrângerilor

Modelarea legăturilor între conducta de admisie a apei calde în rezervor și conducta structurii de încălzire se realizează prin  (**Pressure Fitting Connection**), **Pressure Fitting Connection**; **Supports**: se selectează restricția geometrică de tip coincidență de axe dintre cele două conducte **1 Constraint**; **Overlap**: 0 mm, **OK**.

Legătura cu baza impusă modelului se definește prin anularea celor 6 grade de libertate posibile asociate suprafețelor laterale ale rezervorului:  (**Clamp**), **Clamp Name**: **Clamp.1**, **Supports**: **2 Faces** selectarea suprafețelor laterale ale rezervorului, **OK** (fig.13.17).

13.2.5 Modelarea încărcărilor

Încărcările se modelează sub forma unei accelerații gravitaționale ce acționează asupra elementelor componente ale structurii  (**Acceleration**) se selectează succesiv cele două elemente ale subansamblului; **Acceleration vector**: X 9.81m_s², Y 0N, Z 0N, **OK** (v. fig.13.17) și sub forma unui câmp termic ce acționează asupra structurii de încălzire  (**Temperature Field**) se selectează structura de încălzire; **Temperature**: 373Kdeg, **OK** (100°C = 373 K) (v. fig.13.17).

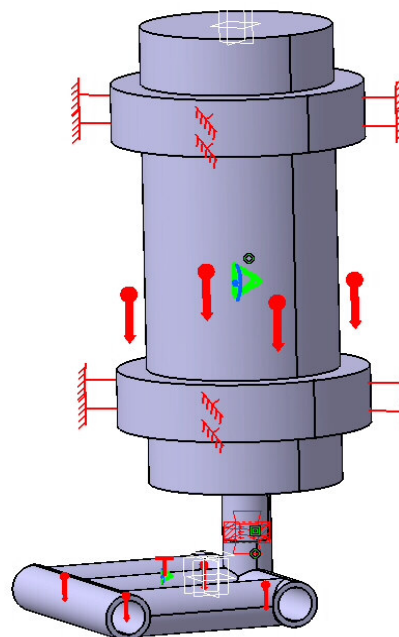

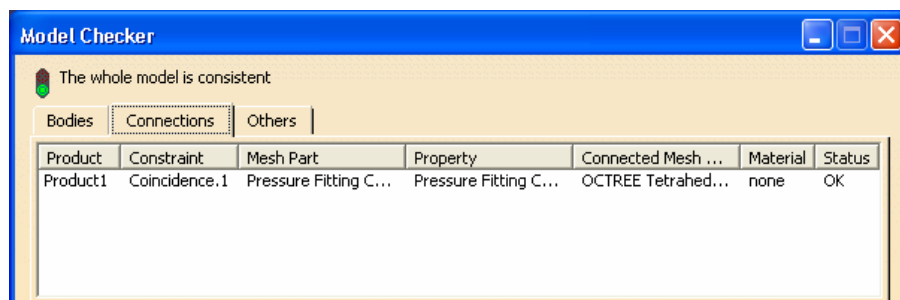


Fig.13.17

13.3 Verificarea modelului

În etapa verificării modelului se obțin informații despre corectitudinea modelului creat:  (**Model Checker**), **OK**; ledul verde este aprins și însoțit de un mesaj de confirmare a corectitudinii întocmirii modelului (fig.13.18).



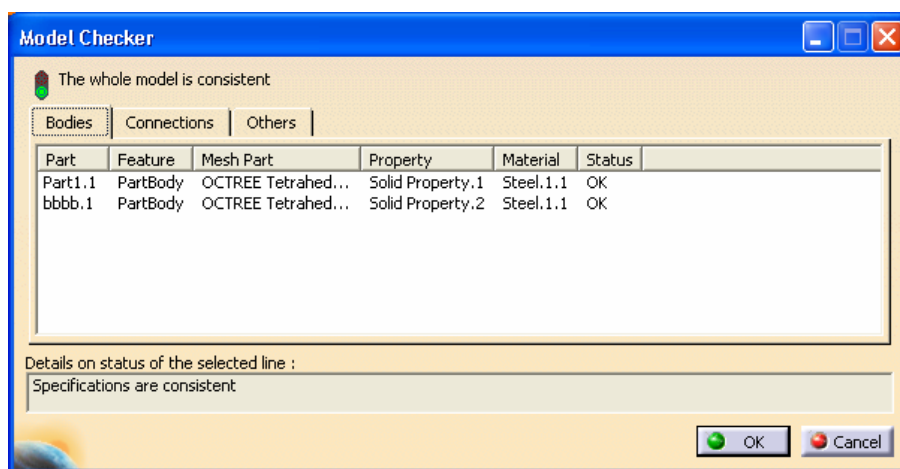



Fig.13.18

13.4 Rezolvarea modelului

Rezolvarea modelului se realizează automat de către soft:  (**Compute**) ⇒ **Compute** ↓ **All**; **OK** ⇒ **Computation Resources Estimation**, **Yes**; **Computation Status ...** (fig.13.19).

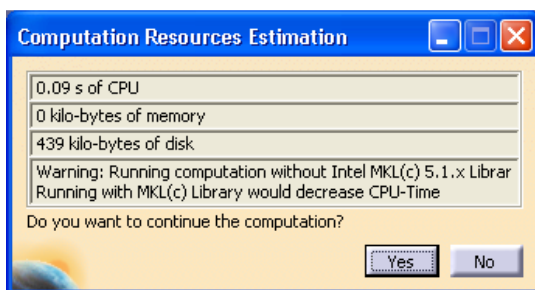







Fig.13.19

13.5 Postprocesarea rezultatelor

Starea deformată a modelului se vizualizează prin activarea comenzii  (**Deformation**) (fig.13.20); modificarea factorului de scară se realizează prin activarea icon-ului  (**Deformation Scale Factor**). Starea animată se vizualizează prin  (**Animate**).

Câmpul de deplasări se vizualizează prin comanda  (**Displacement**) (fig.13.21). iar tensiunile echivalente *Von Mises* prin  (**Stress Von Mises**) (fig.13.22).

13.6 Concluzii

Din analiza câmpurilor de deplasări se evidențiază faptul că deplasările maxime sunt reduse (0,384 mm)

Maximul tensiunilor echivalente *Von Mises* se regăsește în zona asamblării presate și are valoarea 165 MPa. Pentru micșorarea acestor tensiuni se adoptă măsuri constructive și/sau tehnologice (mărirea zonei de legătură a asamblării presate, utilizarea unor materiale cu proprietăți mecanice superioare).

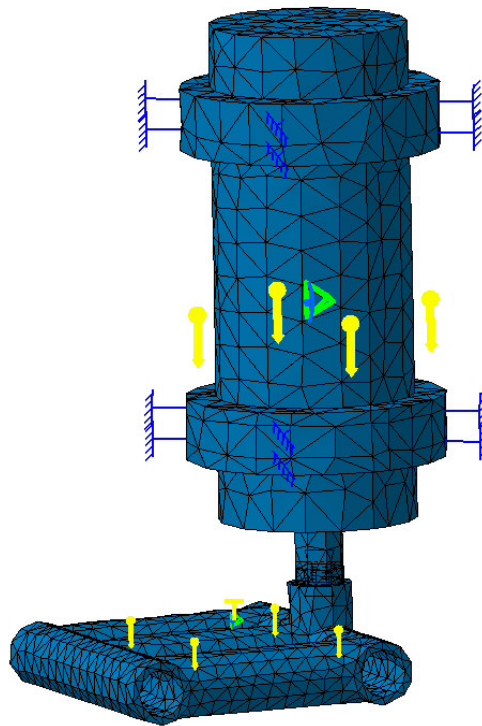


Fig.13.20

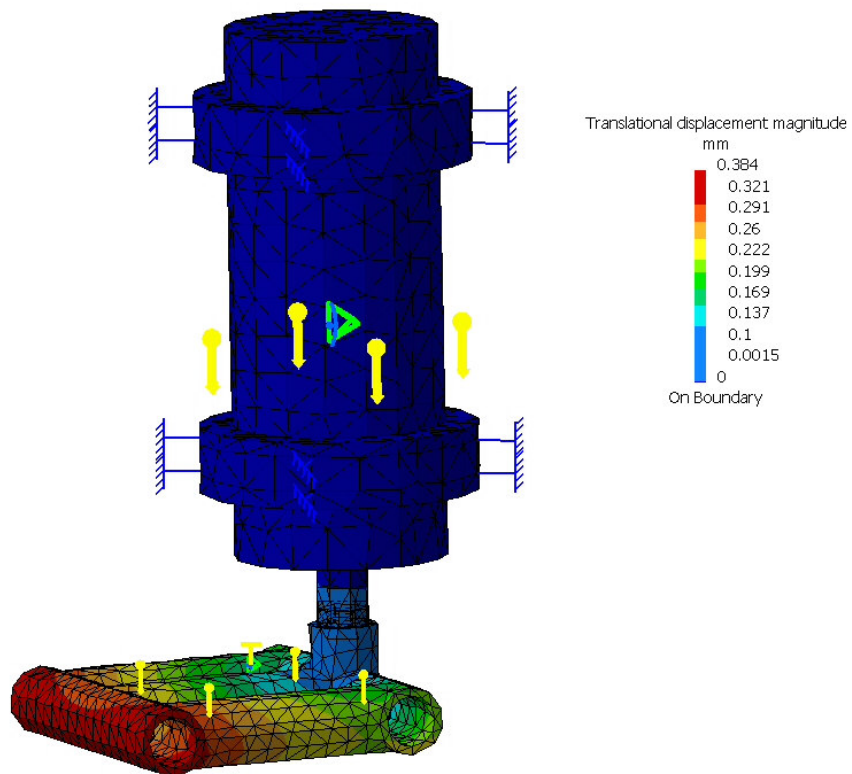


Fig.13.21

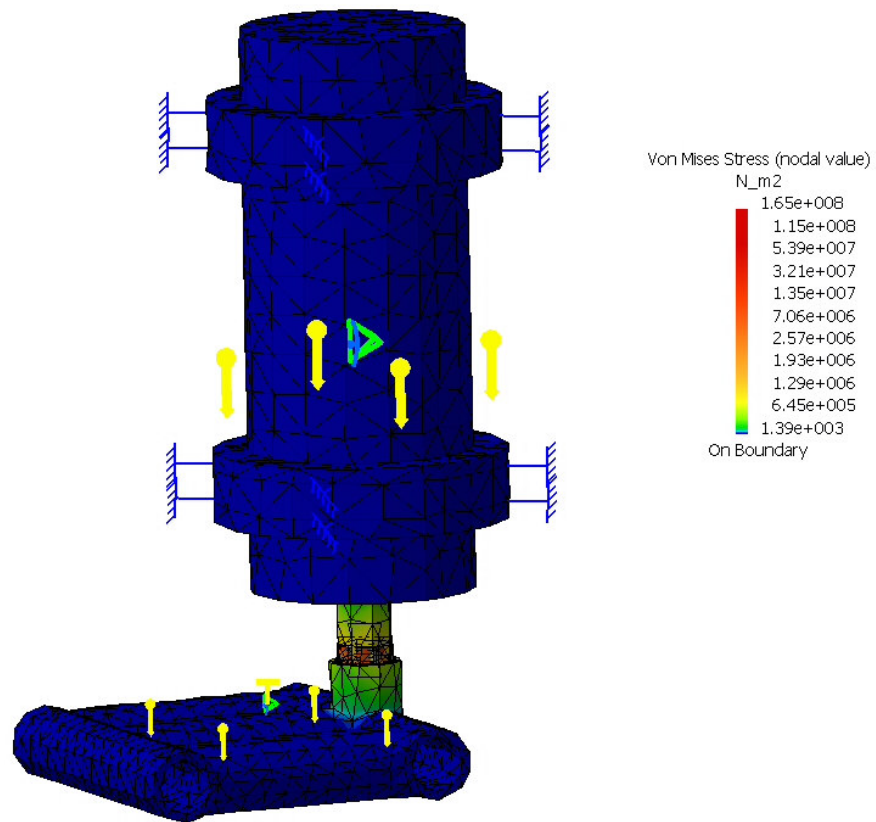


Fig.13.22