

COMPARATIVE STUDY OF STRUCTURAL ANALYSIS APPLIED TO AGRICULTURAL MACHINES BODIES AND ACCOMPLISHED WITH SOLID WORKS AND AUTODESK INVENTOR PROGRAMS

STUDIU COMPARATIV DE ANALIZA STRUCTURALA APLICATA LA ORGANE DE MASINI AGRICOLE SI REALIZAT CU PROGRAMELE SOLIDWORKS SI AUTODESK INVENTOR

Eng. Sfiru R., Ph.D. Eng. Constantin N., Eng. Ludig M., Math. Cârdei P., Ph.D. Eng. Muraru V.

INMA Bucharest / Romania

Tel: 021.269.32.76; E-mail: raluca_sfiru@yahoo.com

Abstract: This study comprises two structural analyses applications, having as subject the same structure, very common for agricultural machinery designed to tillage, namely a beam, [5], [7]. The two applications are made in well known CAD¹ programs, each including its own structural analysis module: SolidWorks and Autodesk Inventor. The study aims to demonstrate the easiness with which the analysis is performed in either of the two programs, but especially, the way in which the results of the two analyses converge. The converged results are able to show, that the use of one or other of the programs is irrelevant, of course, in terms of the analysis modules, that both programs have. In this study it compares the performances in terms of linear static analysis (check the resistance) and the modal analysis (analysis in frequencies or calculating of a number of structure natural frequencies). It can be said that, the results obtained without doing an additional study of convergence and stability on meshing are satisfactory, possibly good enough in the case of the maximum equivalent stress in the structure.

Keywords: structural analysis, agricultural machinery, comparative solutions

INTRODUCTION

The geometric model is a tridimensional one made in CAD SolidWorks program and it was exported in Autodesk Inventor for analysis, for training. The beam thickness is set to 10 mm, the outer diameter of small holes situated at the top of the plate is 5 mm and the large hole has a diameter of 10 mm. Those three holes situated at the top of the shank forms a catching system of the beam on the portant structure of soil working machine. One of the holes with smaller diameter is pierced on the half of the beam thickness (5 mm), namely from the back of the beam.

The general calculus of resistance is mainly aimed to determine the equivalent stress field (structure is built entirely of metal) in the structure. It is noted, the extreme values and their locations, for possible consolidation, or in case of small requests in relation to the resistance capacity of the material, the shape optimization for weight reduction [1], [2], [3].

It is also important the determination, within the same resistance classic calculation of the relative displacement field (vector field with three components by the three axes). The resultant relative displacement is called strain in engineering language (not to be confused with specific strain, tensorial field calculated in linear theory as the gradient of the relative displacement).

Rezumat: Acest studiu cuprinde doua aplicatii de analiza structurala, avand ca subiect aceeași structura des intalnita la masinile agricole destinate lucrurilor solului, o bârsa, [5], [7]. Cele doua aplicatii sunt efectuate in programe CAD¹ foarte cunoscute, fiecare incluzand modulul sau de analiza structurala: SolidWorks si Autodesk Inventor. Studiul urmareste sa demonstreze usurinta cu care analiza se efectueaza in oricare dintre cele doua programe, dar, mai ales, masura in care rezultatele celor doua analize converg. Rezultatele convergente sunt in masura sa arate ca utilizarea unuia sau altuia dintre programe este indiferenta, binenteles in ceea ce priveste modulele de analiza pe care le posedă ambele programe. In acest studiu performantele se compara in termenii analizei statice liniare (verificarea la rezistenta) si analizei modale (analiza in frecvente sau calculul unui numar de frecvente proprii ale structurii). Se poate afirma ca rezultatele obtinute, fara a face un studiu suplimentar de convergenta si stabilitate pe discretizare, sunt satisfacatoare, eventual suficient de bune in cazul tensiunii echivalente maxime in structura.

Cuvinte cheie: analiza structurala, masini agricole, solutii comparative

INTRODUCERE

Modelul geometric este unul tridimensional, a fost creat în programul CAD SolidWorks și a fost exportat în Autodesk Inventor pentru analiza în scopul instruirii. Grosimea barsei are valoarea 10 mm, diametrul exterior al gaurilor mici de la partea superioară a plăcii este de 5 mm, iar gaura mare are diametrul de 10 mm. Cele trei găuri de la partea superioară formează un sistem de prindere al barsei la structura portantă a mașinii de lucru. Una dintre gaurile de diametru mai mic este străpunsă pe jumătate din grosimea barsei (5 mm), anume cea din partea dorsală a barsei.

Calculul general de rezistență are ca obiectiv principal determinarea câmpului de tensiune echivalentă (structura este construită integral din metal) în structura. Se urmăresc valorile extreme și locațiile acestora, pentru eventuala lor consolidare, sau în cazul unei solicitări mici în raport cu capacitatea de rezistență a materialului, optimizarea de formă pentru reducerea masei [1], [2], [3].

De asemenea este importantă determinarea, în cadrul aceluiași calcul clasic de rezistență, a câmpului de deplasare relativă (câmp vectorial cu trei componente după cele trei axe de coordonate). Deplasarea relativă rezultantă se numește în limbaj ingineresc deformare (a nu se confunda cu deformatia specifică, câmp tensorial calculat în teoria liniară ca gradientul deplasării relative).

¹ Computer Aided Design

MATERIALS AND METHODS

Structural model

The structural model of a working body, ensemble or subassembly has five main components:

- geometry of the structure;
- bearing or border conditions or conditions related to the external environment;
- loading or tasks;
- material or materials used to build the structure;
- meshing.

This was made on the basis of hypothetical conditions.

For this study, the structural model defined above by meshing of its main components is the same for both computer programs used. The beam structure geometry is represented in Fig.1, where, also appear the main geometric characteristics of the structure. The images are taken from both programs by means of which the problem was addressed.

MATERIALE SI METODE

Modelul structural

Modelul structural al unui organ de lucru, ansamblu sau subanambly, are cinci componente principale:

- geometria structurii;
- rezemarea sau conditiile la frontiera sau conditiile de legatura cu mediul exterior;
- incarcarea sau sarcinile;
- materialul sau materialele din care este construita structura;
- discretizarea.

Acesta a fost realizat pe baza unor conditii ipotetice.

Pentru acest studiu, modelul structural definit mai sus prin discretizarea componentelor sale principale este acelasi pentru ambele programe de calcul folosite. Geometria structurii – bara – este reprezentata in fig.1, unde apar si principalele caracteristici geometrice ale structurii. Imaginile sunt preluate din ambele programe cu ajutorul carora s-a abordat problema.

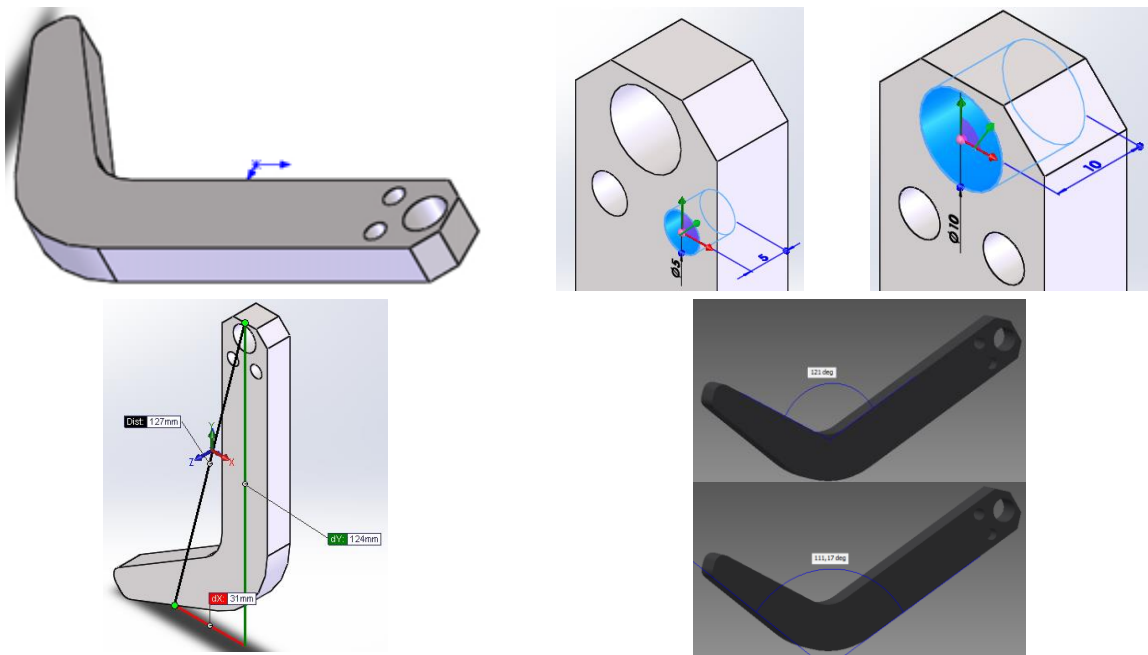


Fig. 1 - The structure geometry with the main features /

The material characteristics from which the beam is built can be extracted from the analysis report of any of programs and are given in Table 1.

Caracteristicile materialului din care este construita bara se pot extrage din raportul de analiza al oricarui dintre programe si sunt date in tabelul 1.

Table 1

The material properties used (carbon steel)

The reference model	Properties	
	Name	Plain Carbon Steel
	Model type	Linear Elastic Isotropic
	Default breaking criterion	Unknown
	Breaking limit	2.20594e+008 N/m ²
	Breaking strength	3.99826e+008 N/m ²
	Mass density	7800 kg/m ³
	Elastic modulus	2.1e+011 N/m ²
	Poisson's ratio	0.28
	Thermal expansion coefficient	1.3e-005 /Kelvin

The chosen material (Plain Carbon Steel) is part of the materials library of SolidWorks program. For Autodesk Inventor program this material was introduced by the operator in the database.

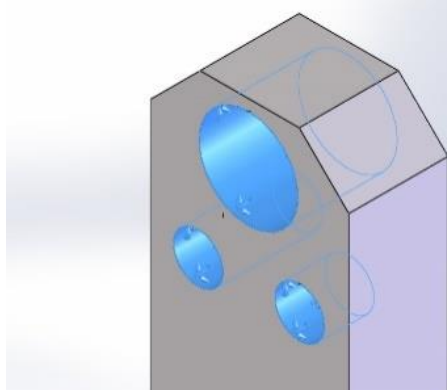
Bearing

Bearing the structure or border conditions (or in the language of some software manufacturers that include modules of finite element method, linking conditions with external environment) are naturally required in the areas where the beam is mounted on the bearing structure - cylindrical surfaces of the three holes grouped at the top of the structure. The way in which the bearing is made is called mounting of the geometry in both programs we worked and is materialized in canceling translations of all meshing nodes located on the beam surfaces fixing holes on the bearing structure. In Fig.2 are given the representations of the bearing areas of the structure in both solving alternatives (the one that uses the SolidWorks program and the other that uses Autodesk Inventor).

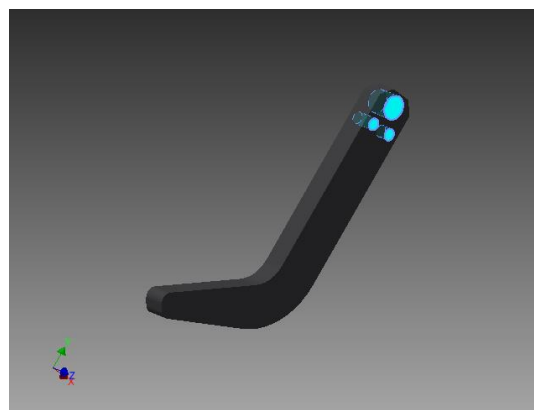
Materialul ales (Plain Carbon Steel) face parte din biblioteca de materiale a programului SolidWorks. Pentru programul Autodesk Inventor acest material a fost introdus de operator in baza de date.

Rezemarea

Rezemarea structurii sau conditiile pe frontiera (sau in limbajul unora dintre producatorii de programe ce includ module de metoda elementului finit, conditiile de legatura cu mediul exterior), se impun in mod natural in zonele de prindere a barsei la structura portanta – suprafetele cilindrice ale celor trei gauri grupate la partea superioara a structurii. Modul in care se face rezemarea este numit fixare a geometriei in ambele programe in care s-a lucrat si se concretizeaza in anularea translatiilor tuturor nodurilor discretizarii situate pe suprafetele gaurilor de fixare a barsei pe structura portanta. In fig.2 se dau reprezentarile zonelor de rezemare a structurii in ambele variante de rezolvare (cea care foloseste programul SolidWorks si cea care foloseste programul Autodesk Inventor).



SolidWorks



Autodesk Inventor

Fig. 2 - Bearing the structure by canceling translations in all nodes on the hatched surfaces

Loading

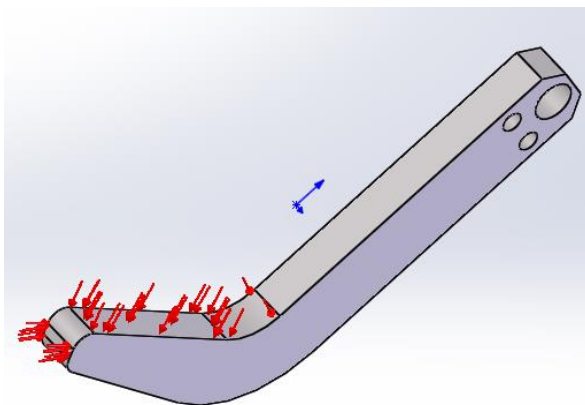
Loading the structure or applying tasks can be done in various ways. In this paper are addressed issues of continue bodies mechanics, The loads may be the nature of forces, some pressures, moments or gravitational, possibly even all being able to participate to the complex loads.

In this example, the action of the soil on the soil working bodies found in the soil is shaped by a pressure to the intensity of 10^6 Pa, that was applied to all surfaces marked in fig.3 by arrows or / and by hatching.

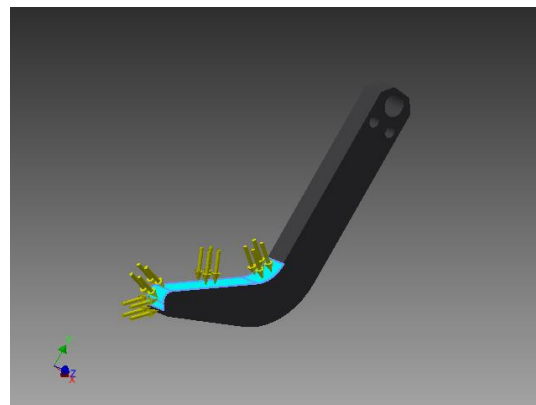
Incarcarea

Incarcarea structurii sau aplicarea sarcinilor se poate face in diverse moduri. In aceasta lucrare fiind abordate probleme de mecanica corpurilor continue, incarcările pot fi de natura unor forte, a unor presiuni, momente sau gravitationala, eventual chiar toate putand participa la solicitarile complexe.

Pentru acest exemplu, actiunea solului asupra organelor de lucru aflate in sol s-a modelat printr-o presiune cu intensitatea de 10^6 Pa, aplicata pe toate suprafetele marcate in fig.3 prin sageti sau/si prin hasurare.



SolidWorks



Autodesk Inventor

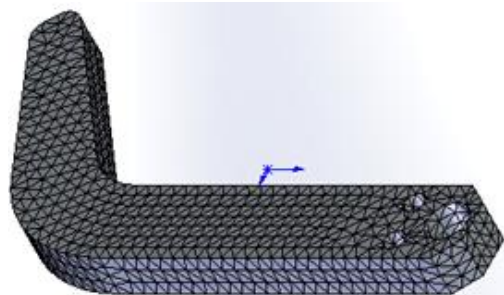
Fig.3 - Loading the structure with the pressure of 100000 Pa on the surfaces marked with arrows or hatched

Obviously, in order to model the soil – working body interaction can also be used other models extremely complicated in terms of bearing and loading.

Some alternative models are obtained very simply by reversing the loading areas with those of bearing or changing loads from pressures in forces. The complex models, often hybrid are obtained taking in consideration the soil and a part or all the bearing structure.

Meshing

Meshing in the two types of programs is graphically represented in Fig.4 and the main characteristics in each of the variants are given below.



Evident, pentru modelarea interacțiunii sol – organ de lucru, se pot folosi și alte modele extrem de complicate în ceea ce privește rezemarea și încărcarea.

Unele modele alternative se obțin foarte simplu, inversând zonele de încărcare cu cele de rezemare sau schimbând încărcările din presiuni în forțe. Modele complexe, de cele mai multe ori hibride, se obțin considerând și solul și o parte sau toată structura portantă.

Discretizarea

Discretizarea, în cele două variante de programe este reprezentată grafic în fig.4 iar caracteristicile principale în fiecare dintre variante este tabelată mai jos.

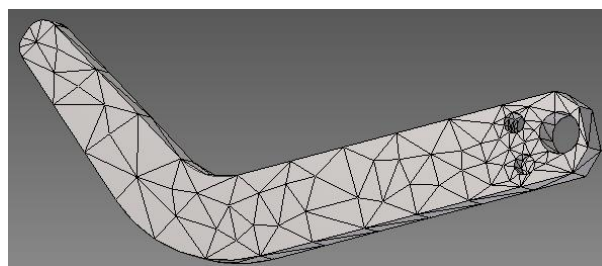


Fig.4 - The intersection of the structure meshing network with its border for each of the two programs used SolidWorks (right) and Autodesk Inventor

Meshing of the structure in both variants corresponds meshing on the two programs, automatically set to the established resolution by the software producers and their main characteristics appear in Table 2. These meshing can be refined or simplified, in order to obtain a more precise result or in a less time. A convergence analysis to refine the meshing networks is given in Table 5.

Discretizările structurii, în ambele variante corespund la discretizările pe care cele două programe sunt setate automat la rezoluția stabilită de producătorii programelor și caracteristicile lor principale apar în tabelul 2. Aceste discretizări se pot rafina sau se pot simplifica în vederea obținerii unui rezultat mai exact sau în timp mai scurt. O analiză de convergență la rafinarea rețelelor de discretizare este dată în tabelul 5.

Table 2

The main characteristics of the meshing, automatically set for both programs used

Characteristic	SolidWorks	Autodesk Inventor
Number of nodes	12314	3027
Number of elements	7527	1665

RESULTS

The main results of the linear elastic structural analysis are: the values of the relative displacement vector, the values of specific deformation tensor and the Cauchy's stress tensor in each node of the meshing network.

With these values are calculated: the resultant relative displacement, the resultant specific deformation or its equivalent and the Von Mises equivalent stress [1], [2], [3], [4], [6]), terms in which is estimated the way how the structure meets the demands imposed. In this article, for economic reasons, at the static analysis we have discussed only the last three characteristics of the solution.

The main results of the analysis in frequency (or modal analysis, [6]) consist of the first n frequencies of own spectrum, the n number being set by the user and the deformed shapes of the structure being set when it vibrates on the selected frequencies of own spectrum.

The relative displacement

The relative displacement resulted is an important parameter of structures deformation. For agricultural machinery designed for tillage, a too high value of relative displacement can lead to a poor quality of agricultural works. The arrow of the sowing machines bearing structure

REZULTATE

Principalele rezultate ale analizei structurale liniar elastice sunt: valorile vectorului deplasare relativă, valorile tensorului deformație specifică și ale tensorului tensiune Cauchy, în fiecare nod al rețelei de discretizare.

Cu aceste valori, se calculează deplasarea relativă rezultantă, deformația specifică rezultantă sau echivalentă și tensiunea echivalentă (Von Mises, [1], [2], [3], [4], [6]), termeni în care se apreciază măsura în care structura face față sollicitărilor aplicate. Pentru acest articol, din motive de economie, la analiza statică s-au luat în discuție numai ultimele trei caracteristici ale soluției.

Principalele rezultate ale analizei în frecvențe (sau analiza modală, [6]) constau în primele n frecvențe ale spectrului propriu, numărul n fiind setat de utilizator, și formele deformație ale structurii atunci când aceasta vibrează pe frecvențele selectate ale spectrului propriu.

Deplasarea relativă

Deplasarea relativă rezultantă este un parametru important al deformării structurilor. Pentru mașinile agricole destinate lucrărilor solului, o valoare prea mare a acesteia putând conduce la calitatea necorespunzătoare a lucrărilor agricole. Sageata structurii portante a mașinilor agricole de

should be limited, so not to alter the distances between seeded rows, for example.

In fig.5 are given by comparison the states of the resultant relative displacement on the beam border, states provided by the two finite element analysis programs used. It is noted, the coincidence of the maximum values and the concordance of the distribution of the values of resultant relative displacement field.

semanat trebuie sa fie limitata pentru a nu altera distantele dintre randurile semanate, de exemplu.

In fig.5 sunt date comparativ stari de deplasare relativa rezultanta pe frontiera barsei, stari furnizate de cele doua programe de analiza cu elemente finite folosite. Se observa coincidenta valorilor maxime si concordanta distributiei valorilor campului de deplasare relativa rezultanta.

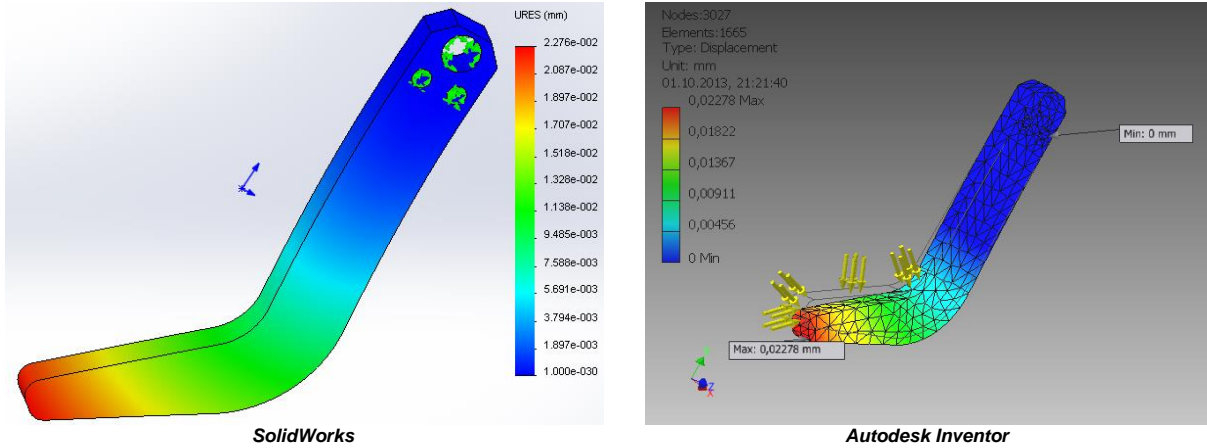


Fig.5 - The map of the resultant relative displacement on the border structure provided by the finite element analysis module of each of the two programs

The convergence study of the solutions with meshing from Table 5 demonstrates, even more clearly, convergence of the solutions of the two programs.

Studiul de convergenta a solutiilor cu discretizarea, din tabelul 5 demonstreaza inca si mai clar convergenta solutiilor celor doua programe.

The Von Mises equivalent stress

The Von Mises equivalent stress [1], [2], [3], [4], [6] is the measure of the stress in metal structures and is used for comparing with the yield strength, towards which, in order to functioning in elastic range, it must be smaller.

Tensiunea echivalenta (Von Mises)

Tensiunea echivalenta (Von Mises), [1], [2], [3], [4], [6], este masura tensiunii in structurile metalice care se foloseste pentru compararea cu tensiunea limita de curgere, fata de care, in scopul functionarii in domeniul elastic, trebuie sa fie mai mica.

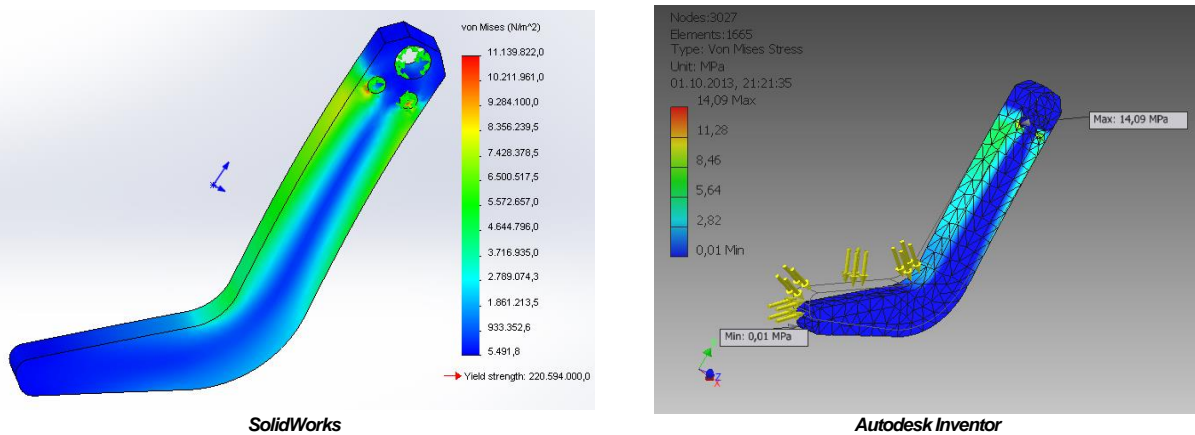


Fig.6 - The map of the Von Mises equivalent stress on the structure border provided by the finite element analysis module of each of the two programs

In fig.6 are represented the equivalent stress fields on the beam border, fields resulted by using structural analysis programs, mentioned above. Although, as distribution in the structure, the two fields are similar, qualitatively, the maximum value indicated by the Autodesk Inventor program is by 26.48% higher than the maximum value indicated by SolidWorks program.

In fig.6 sunt reprezentate campurile de tensiune echivalenta pe frontiera barsei, campuri rezultate prin folosirea programelor de analiza structurala sus mentionate. Desi ca distributie in structura, cele doua campuri se aseamana, calitativ, valoarea maxima indicata de programul Autodesk Inventor este cu 26,48 % mai mare decat valoarea maxima indicata de programul SolidWorks.

Since the difference is significant, a convergence study has been made, which results are given in Table 5, but this study raises new questions. These questions

Deoarece diferenta este semnificativa s-a facut un studiu de convergenta ale carui rezultate sunt date in tabelul 5 si care nu face decat sa ridice noi semne de

are not related to the training of the engineer, but can be setup details of the very complex numerical analysis.

The resultant specific deformation

The tensor of specific deformation is the gradient of the relative displacement in relation to spatial variables and its components and are used to calculate the components of Cauchy stress tensor, when the structure works in elastic linear field.

intrebare. Aceste intrebari nu tin in seama de pregatirea inginerului utilizator neaparat, pot fi detalii de setare a analizei numerice deosebit de complexe.

Deformația specifică rezultantă

Tensorul deformației specifice este gradientul deplasării relative în raport cu variabilele spațiale, iar componentele acestuia se folosesc pentru calculul componentelor tensorului tensiunilor Cauchy atunci când structura lucrează în domeniul elastic liniar.

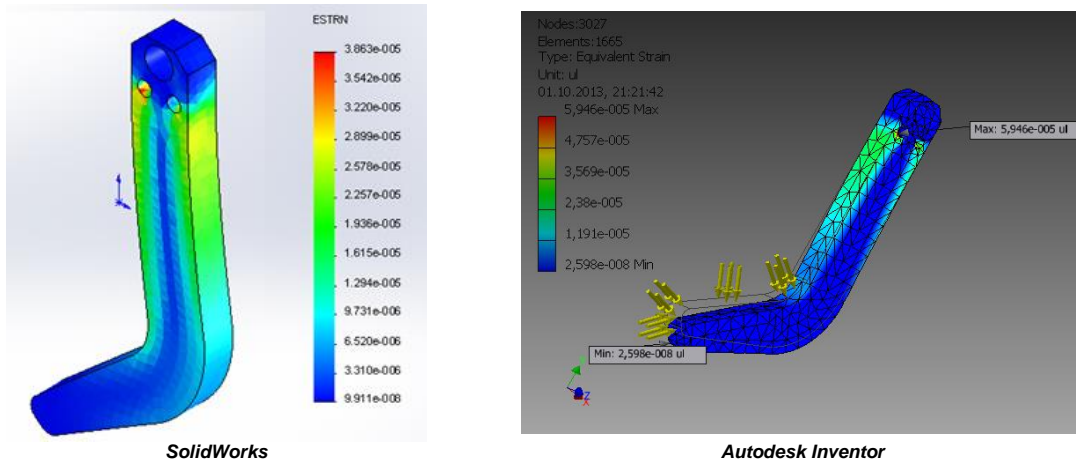


Fig.7 - The map of equivalent strain on the structure border provided by the finite element analysis module of each of the two programs

Using the components of the specific deformation tensor is calculated the equivalent specific or total deformation, which is a measure of the specific deformation in metallic structures. The distribution of the equivalent specific deformation on the structure border for both solutions is given in fig.7. As the equivalent stress, the specific deformation for the given solution using Autodesk Inventor program is approximately 28% higher.

Folosind componentele tensorului deformație specifică se calculează deformația specifică echivalentă sau totală, care este o măsură a deformației specifice în structurile metalice. Distribuția câmpului de deformație specifică echivalentă pe frontiera structurii, pentru ambele soluții, este dată în fig.7. Ca și tensiunea echivalentă, deformația specifică la soluția dată cu ajutorul programului Autodesk Inventor este cu aproximativ 28 % mai mare.

The safety factor

The safety factor is calculated relatively to the yield strength stress and varies on the structure border in the two variants of solving, according to maps in Fig.8

Factorul de siguranță

Factorul de siguranță se calculează relativ la tensiunea limită de curgere și variază pe frontiera structurii, în cele două variante de rezolvare, conform hărților din fig.8.

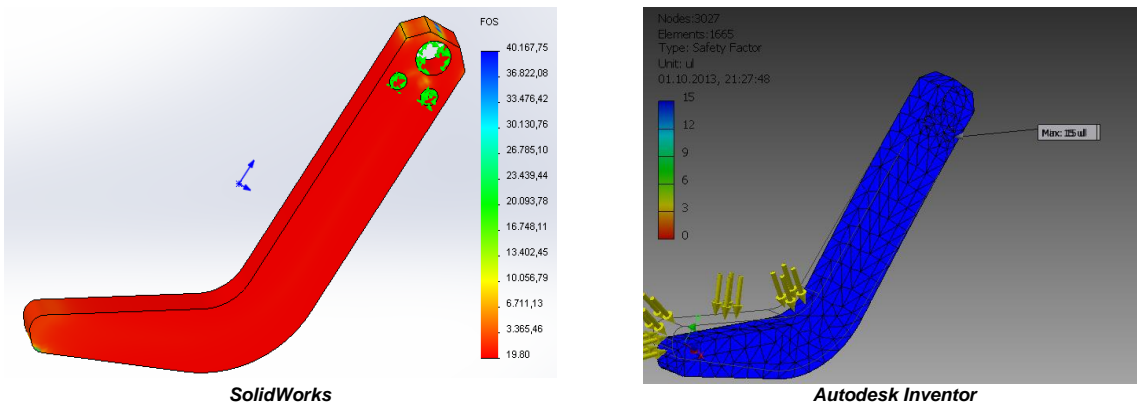


Fig.8 - The map of the safety factor on the structure border provided by the finite element analysis module of each of the two programs

Between the minimum values of the safety factor in the two variants of solving is transmitted approximately the same difference, as between the maximum values of the equivalent specific deformation and the equivalent stress.

Și între valorile minime ale factorului de siguranță în cele două variante de rezolvare, se transmite aproximativ aceeași diferență ca între valorile maxime ale deformației specifice echivalente și tensiunii echivalente.

For SolidWorks solution, the minimum safety factor is 19 and for the Autodesk Inventor solution, the minimum

este 19 iar pentru soluția Autodesk Inventor valoarea

value of the safety factor is 15. Therefore, a difference of about 27%, comparable to that resulted from the maximum values of the specific deformation fields and the equivalent stress in the structure, exists.

Transmission of the error is completely natural, considering that works with the same material and the calculation relation is extremely simple for the safety factor.

Modal analysis

The modal analysis, [6], determines the own frequencies (first few) and own vibration modes of the structures. Knowledge of these features help to avoid some resonant regimes in determining by vizualization of some causes of vibration, or some malfunction of equipment, defects due to variation on a characteristic frequency of one of the components.

In fig.9...13 are presented the deformation forms of the beam, when it vibrates in its own first five modes.

minima a factorului de siguranta este 15. Prin urmare, exista o diferenta de aproximativ 27 %, comparabila cu cea rezultata din valorile maxime ale campurilor de deformatie specifica si tensiune echivalente in structura.

Transmiterea erorii este absolut fireasca tinand seama ca se lucreaza cu acelasi material si relatia de calcul este extrem de simpla pentru factorul de siguranta.

Analiza modala

Analiza modala, [6], determina frecventele proprii (primele cateva) si modurile proprii de vibratie ale structurilor. Cunoasterea acestor caracteristici ajuta la evitarea in lucru a unor regimuri rezonante, in determinarea prin vizualizare a unor cauze de vibratie, sau a unor defecte de functionare a unor instalatii, defecte datorate variatiei pe o frecventa proprie a uneia dintre componente.

In fig.9...13 sunt desenate formele de deformatie ale bânsei atunci cand aceasta vibreaza in primele cinci moduri proprii.

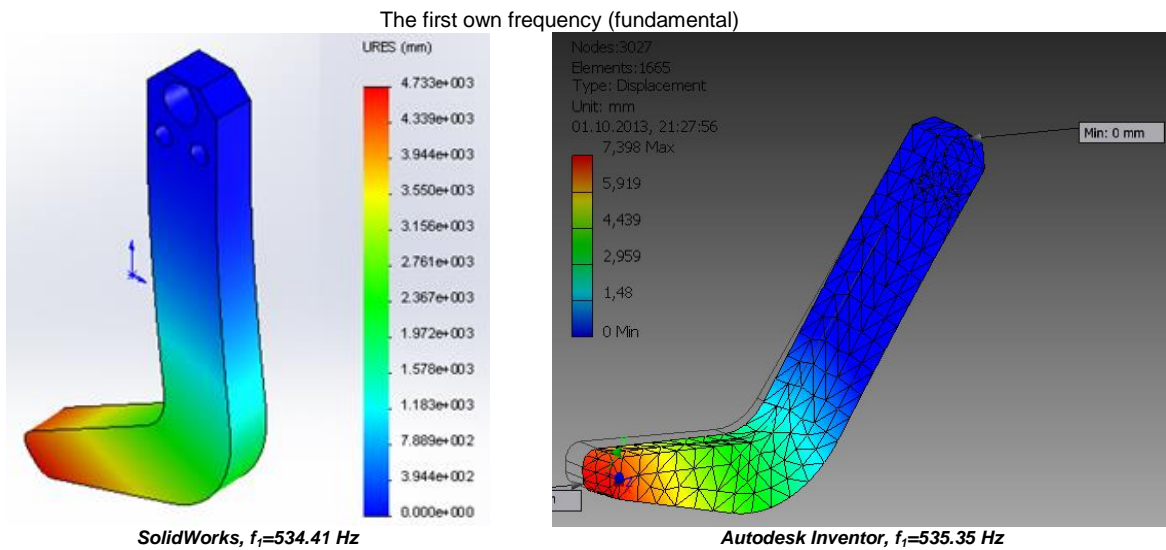


Fig.9 - The deformed shape of the structure at vibration in its first own mode

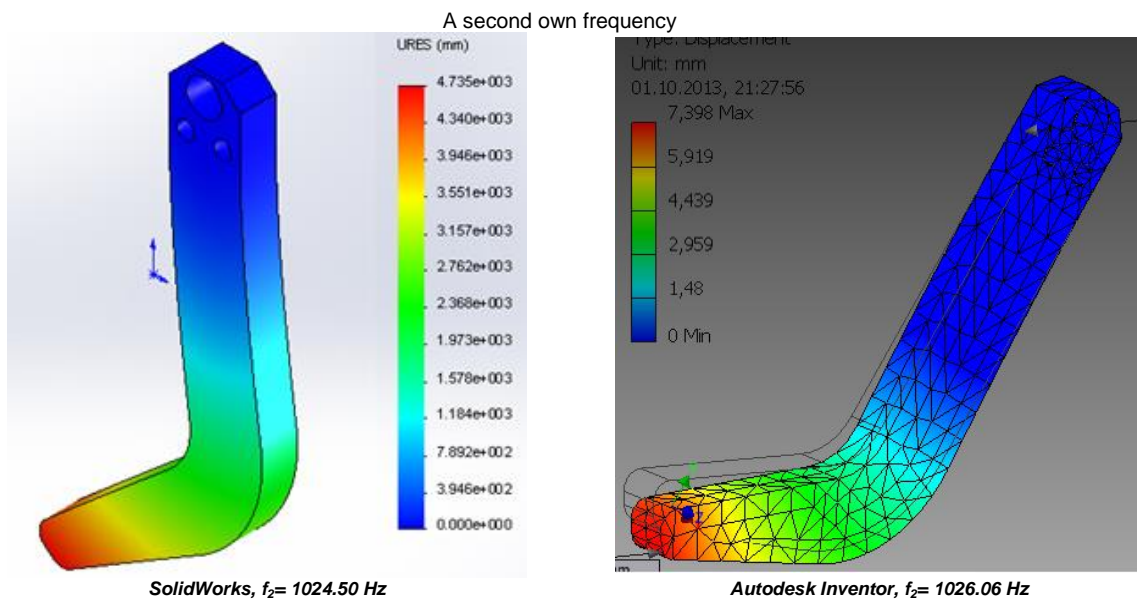


Fig.10 - The deformed shape of the structure at vibration in the second own mode

A third own frequency

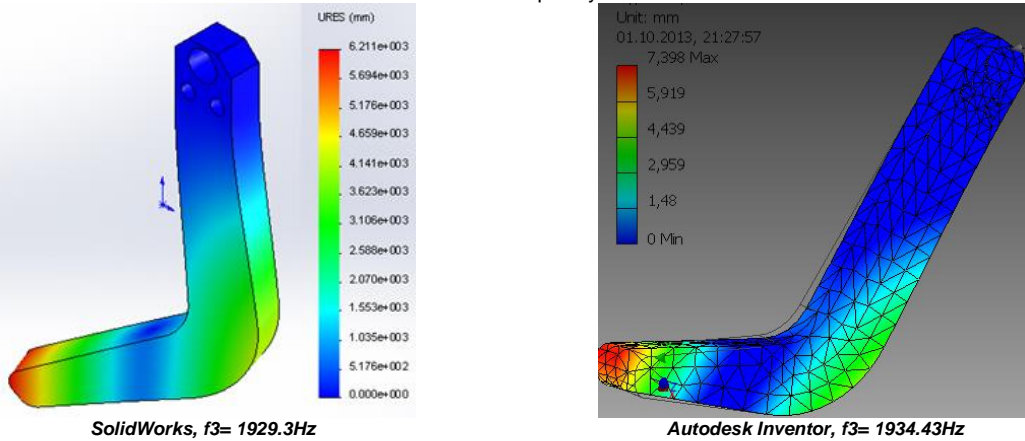


Fig.11 - The deformed shape of the structure at vibration in the third own mode

A fourth own frequency

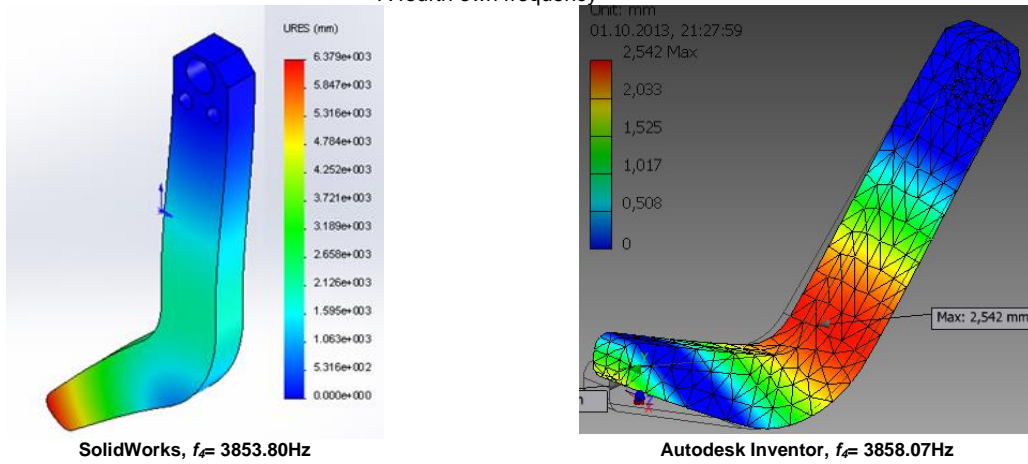


Fig.12 - The deformed shape of the structure at vibration in the fourth own mode

A fifth own frequency

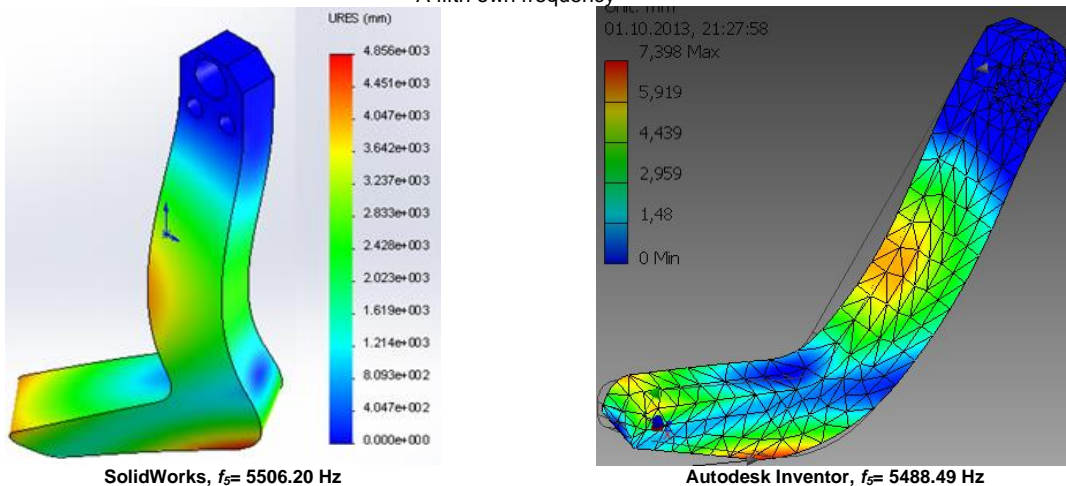


Fig.13 - The deformed shape of the structure at vibration in the fifth own mode

Comparative synthesis

An efficient comparison of the results of the two structural analysis programs for the same structure under stress conditions in the same way can be done using Table 3 and Table 4.

Sinteza comparativa

O comparatie eficienta a rezultatelor celor doua programe de analiza structurala pentru o aceeași structura solicitata in acelasi mod, se poate face folosind tabelul 3 si tabelul 4.

Table 3

Autodesk Inventor Program

Number of nodes	Number of elements	Maximum equivalent stress [MPa]	Maximum resultant relative displacement [mm]
1459	760	14.00	0.02274
1664	888	15.45	0.02275
1713	910	12.04	0.02274
1962	1058	12.18	0.02276
2120	1144	13.79	0.02277
3027	1665	14.09	0.02278
4223	2420	15.84	0.02280
6939	4075	15.16	0.02280
20408	12971	15.47	0.02281
121907	82946	18.56	0.02282
778348	550974	30.23	0.02284

Table 4

SolidWorks Program

Number of nodes	Number of elements	Maximum equivalent stress [MPa]	Maximum resultant relative displacement [mm]
5230	2997	10.95	0.02275
8283	4914	10.39	0.02276
12314	7527	11.14	0.02276
17589	11023	11.14	0.02276
19331	12106	11.52	0.02278
21270	13431	12.08	0.02278
31512	20342	14.84	0.02279
33145	21381	11.62	0.02279
51821	34154	11.86	0.02279
53008	34925	12.21	0.02279
79171	52962	13.97	0.02281

Table 5

Comparative synthesis of results

Term	SolidWorks	Autodesk Inventor
Structure weight [kg]	0.215963	0.215963
Maximum resultant relative displacement [mm]	0.022760	0.0227788
Maximum equivalent stress [MPa]	11.14	14.095
Minimum safety factor	19.80	15.00
Fundamental natural frequency [Hz]	534.41	535.35

CONCLUSIONS

The structural analysis solutions of the beam for linear static analysis and modal analysis are partially satisfactory. If the modal analysis is more than satisfactory, the static analysis gives results only in terms of resultant relative displacement, but not satisfying enough, regarding the specific deformation and equivalent stress, namely, exactly in the most interesting part, from engineering point of view. These issues remain an open question to be studied at a deeper level, possibly contacting software manufacturers.

COSMOS/M structural analysis program, that is integrated in the current CAD SolidWorks program can give results (for a large number of types of finite elements with which it is working) both in nodes and on the elements.

The module of numerical solutions that solves the problem of finite element method in COSMOS program, evaluates stresses on each element of the module at a specific location within each element, in a point of the element (called Gaussian points or quadrature points). These points form the numerical basis of numerical integration schemes used in the finite elements codes. The number of selected points in this basis depends on the type and the quality of each element type.

The string of stresses obtained in the Gaussian points network inside each element are extrapolated in the nodes of each element.

CONCLUZII

Solutiile analizei structurale ale barsei la analiza static liniara si analiza modala sunt partial satisfacatoare. Daca analiza modala este mai mult decat satisfacatoare, analiza statica da rezultate convergente numai in termenii deplasarii relative rezultante, dar nu suficient de satisfacatoare in privinta deformatiei specifice si tensiunii echivalente, adica exact in partea cea mai interesanta din punct de vedere ingineresc. Aceste aspecte raman o problema deschisa care trebuie cercetata la un nivel mai profund, eventual contactand si producatorii programelor.

Programul de analiza structurala COSMOS/M care este integrat in actualul program CAD SolidWorks, poate da rezultatele (pentru o mare parte dintre tipurile de elemente finite cu care lucreaza) atat in noduri cat si pe elemente.

Modulul de solutii numerice care rezolva problema de metoda elementelor finite in programul COSMOS, evalueaza tensiunile pentru fiecare element al modelului la o locatie specifica in interiorul fiecarui element – intr-un punct al elementului (numite puncte Gaussiene sau puncte de cuadratura). Aceste puncte formeaza o baza numerica a schemelor de integrare numerica folosite in codurile elementelor finite. Numarul de puncte selectate in aceasta baza depinde de tipul si calitatea fiecarui tip de element.

Sirul tensiunilor obtinute in retea Gaussianiana de puncte in interiorul fiecarui element sunt extrapolate in nodurile fiecarui element.

The nodal stress or stress in a some node is the average of all points from the Gaussian network, included in elements that have in one of the peaks the considered node.

The elemental stress or the stress in an element is the stress exactly calculated in the Gaussian points network (one and only one such point exists in each element). It is found that, the elemental values of the stress are the mean values of the nodal values from all element nodes. Most of the time, between the two types of stress values are differences, sometimes quite large, at least in some areas, usually in the most stressed.

The big difference between the nodal values and the elements shows that, the meshing should be refined to achieve the appropriate closeness or convergence.

REFERENCES

- [1]. Ahrendts J. and collective (1995) - *Engineer Manual (Hutte. Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften)*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [2]. Buzdugan Gh. (1980) - *Strength of Materials*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [3]. Comănescu A., Suciu I., Weber Fr., Comănescu D., Mănescu T., Grecu B., Miklos I. (1982) - *Mechanics, Strength of materials and machine bodies*, Didactic and Pedagogic Publishing House, Bucharest;
- [4]. Iacob C., Gheorghiuță I.S., Soare M., Dragoș L. (1980) - *Mechanical Dictionary*, Scientific and Encyclopedic Publishing House, Bucharest;
- [5]. Letosnev M.N. (1959) - *Agricultural Machinery*, Agro-Forestry State Publishing House, Bucharest;
- [6]. Marin C. (1997) - *Strength of materials and elasticity theory elements*, Biblioteca Publishing House, Târgoviște;
- [7]. Ștefan A. & collective (1972) - *Dictionary of agricultural mechanics*, Publisher CERES, Bucharest;
- [8]. Vedantham V. (2008) - *Nodal versus Elemental Stresses*, <http://www.3dvision.com/wordpress2008/04/18/nodal-versus-elemental-stresses/>

Tensiunea nodala, sau tensiunea intr-un nod oarecare, este media aritmetica a tuturor punctelor din rețeaua gaussiană incluse în elementele care au într-unul dintre varfuri nodul considerat.

Tensiunea elementală sau tensiunea intr-un element este exact tensiunea calculată în rețeaua de puncte gaussiane (cate un astfel de punct și numai unul există în fiecare element). Se constată că valorile elementale ale tensiunii sunt valorile medii ale valorilor nodale din toate nodurile elementului. De cele mai multe ori, între cele două tipuri de valori ale tensiunii există diferențe, uneori destul de mari, cel puțin în anumite zone, de obicei cele mai tensionate.

Diferența mare între valorile nodale și elementale arată că discretizarea trebuie rafinată pentru a atinge gradul de apropiere sau de convergență convenabil.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Ahrendts J. și colectivul (1995) - *Manualul inginerului (Hutte. Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften)*, Editura Tehnică, București;
- [2]. Buzdugan Gh. (1980) - *Rezistența materialelor*, Editura Tehnică, București;
- [3]. Comănescu A., Suciu I., Weber Fr., Comănescu D., Mănescu T., Grecu B., Miklos I. (1982) - *Mecanica, Rezistența materialelor și organe de mașini*, Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [4]. Iacob C., Gheorghiuță I.S., Soare M., Dragoș L. (1980) - *Dicționar de mecanică*, Editura Științifică și Enciclopedică, București;
- [5]. Letosnev M.N. (1959) - *Mășini Agricole*, Editura Agro-Silvică de Stat, București;
- [6]. Marin C. (1997) - *Rezistența materialelor și elemente de teoria elasticității*, Editura Biblioteca, Târgoviște;
- [7]. Ștefan A. & colectivul (1972) - *Dicționar de mecanică agricolă*, Editura CERES, București;
- [8]. Vedantham V. (2008) - *Nodal versus Tensiuni Elementale*, <http://www.3dvision.com/wordpress2008/04/18/nodal-versus-elemental-stresses/>