UDK: 004.42

Stručni rad

PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA Autodesk INVENTOR U INŽENJERSKIM ANALIZAMA

APPLICATION SOFTWARE PACKAGE Autodesk INVENTOR IN ENGINEERING ANALYSIS

Vladeta Jevremović¹, Milica Todorović¹, Zvonko Petrović¹, Nataša Spasojević¹ ¹Visoka tehnička mašinska škola strukovnih studija Trstenik <u>vladeta.jevremovic@vtmsts.edu.rs</u>

Rezime: Zahvaljujući novim softverskim rešenjima, tj. softverskim paketima, moguće je detaljno predstaviti 3D prikaz željenog dela (sklopa, postrojenja) kako modela i tehničke dokumentacije, tako i njihovo ispitivanje na naprezanje, tj. proračun opterećenja istih. U ovom radu biće predstavljen primer modela konzolnog nosača i njegov proračun na opterećenje u softverskom paketu Autodesk Inventor.. **Ključne reči:** Inženjerska analiza, Autodesk Inventor .

Abstract: Thanks to new software solutions, ie. software packages, it is possible to present a detailed 3D view of the desired part (assembly, plants) to model and technical documentation, as well as their stress test, ie. load calculations thereof. This paper presents an example of a model interface pad his budget to the load in the software package Autodesk Inventor.

Key words: Engineering analysis, Autodesk Inventor.

1. UVOD

Programski paket *Inventor* pruža značajne prednosti pri konstruisanju, izradi tehničke dokumentacije, dizajnu i izradi prezentacija uz primenu svih raspoloživih alata. Prednosti *Autodesk Inventora*:

- Fleksibilnost prilikom konstruisanja;

- Oblikovanje površina i tela modela;



Slika 1. Primeri primene konstruisanja pomoću CAD softvera Autodesk Inventor

- Integracija u jednu kompaktnu celinu;
- Povezivanje parametara (promena u jednoj fazi oblikovanja odražava se u drugim fazama)
- Parametarsko modeliranje.

2. IZRADA DIGITALNE DOKUMENTACIJE PROIZVODA

Kod trodimenzionalnog konstruisanja budući proizvod i njegovi sastavni delovi kreiraju se, prikazuju i pamte kao prostorni (zapreminski) objekti, što oni u stvarnosti i jesu. Dvodimenzionalni prikaz, prikazuje prostorni karakter objekta korišćenjem opštih pravila, kao što su projekcije, preseci itd. Trodimenzionalni, 3D prikaz ima veliku prednost pogotovo kod primene računara u procesu konstruisanja. Takav objekat poseduje sve informacije potrebne za izradu, proračun i analizu, simulaciju i kontrolu. Realan izgled modela pruža posebnu pogodnost i za industrijski dizajn. Crtež se dobija na automatizovan način na osnovu dobijenog 3D modela.



Slika 2 prikazuje grafičku pozadinu softvera *Autodesk Inventor*, gde se vidi radni prostor prostor za stvaranje 2D skice, odnosno profila. Slika 3 prikazuje pozadinu za stvaranje 3D modela

Slika 2. 2D Sketch Panel Slika 3. 3D Sketch Panel

Autodesk Inventor koristi šest osnovnih radnih modula (radnih prostora) i to:

 Part Feature modul – u kojem se vrši modeliranje delova, a za razliku od AutoCADa i po ugledu na Mechanical Desktop proširen je i na sklopove i postoji mogućnost ograničavanja i definisanja novog dela između delova u sklopu;

 Sheet Metal modul – u okviru ovog modula moguće je dizajniranje delova od lima, i moguć je prikaz razvijene površine delova od lima;

- Assembly modul - u kojem se vrši sklapanje pojedinih delova i sklopova;

- Weldment modul – koji služi za modeliranje zavarenih konstrukcija;

- *Presentation* modul – modul u kojem se vrši prezentacija načina sklapanja delova i putanja po kojima se to sklapanje izvodi, ali i mogućnost animacije prezentacije, odnosno vizualizacija rada i njeno snimanje u odgovarajućem video formatu (*.avi);

- Drawing Manager modul – u kojem se vrši tehnička razrada crteža delova i sklopova, sa svim potrebnim detaljima, uključujući i datoteke sastavnica po većini standarda.

U programu je moguće koristiti nekoliko nacionalnih standarda, kao što su ANSI, DIN, GOST pored kojih je dat još i ISO standard.

Autodesk Inventor omogućuje jednostavno sklapanje više delova u jednu celinu, odnosno u pod-sklopove i sklopove. Kotiranje je automatizovano i parametarsko, što znači promenom dimenzija modela menja se i konstrukcijska dokumentacija vezana za izmenjeni deo.



3.0. MODEL KONZOLNOG NOSAČA

Slika 4 . Skica za izradu modela konzole i sklop nosača

Nosači su neizbežni elementi gotovo svake konstrukcije. Čestu primenu imaju u visokogradnji, izgradnji mostova, dalekovoda, dizalica i sl. Zavisno od međusobnog spoja nosači se dele na rešetkaste konstrukcije i okvirne nosače.

Konzolne dizalice svoju primenu nalaze u proizvodnji za posluživanje različitih uređaja i manjih tehnoloških celina. Proizvode se u više različitih varijanti zavisno od zahteva tehnološkog procesa u sklopu kojeg se ugrađuju.

Mogu biti stubne (SKD) ili zidne (ZKD). Konzolne dizalice mogu imati ograničen ugao rotacije ili neograničenu rotaciju (puni krug) konzolne grane.

Svuda gde je neophodno da se tereti pokreću direktno na radnom mestu ove dizalice su pravi izbor. One omogućavaju rasterećenje radnika i znatno ubrzavaju radne procese. Zahvaljujući širokom izboru veličina i oblika, konzolne dizalice ispunjavaju najrazličitije zahteve u pogledu nominalnog opterećenja, dohvata i istovarivanja. Mogu jednostavno da se pričvrste na zid, postave da stoje slobodno ili montiraju na mašine ili postojeće sisteme. Dužina strele može da se kreće do 12m, a u zavisnosti od dužine, nosivost ide do 12.5t.

U našem slučaju biće ispitana stubna konzolna dizalica, visine glavnog stuba 4500mm -Ø300mm x 810mm, pomoćnog stuba od standardnog kutijastog profila DIN 200x200x8mm dužine strele 4500mm od standardnog I profila - IPB200, ojačana standardnim T profilom – T100, opterećena silom od 10000N≈1000kg.

Sklop je direktno radjen u radnom području Assemble. Model standardnih profila stubne konzolne dizalice je urađen pomoću menija Design, opcije Insert Frame. Jako je bitno napomenuti da se u AutoDesk Inventoru svaki spoj između delova tj. Constrain smatra krutom vezom, kao da je npr. svaki sastav obavljen zavarivanjem.

Iz prethodno uradjene skice, u kojoj su pomoću tačaka određene dužine nosača, pri završenoj skici, standardnom procedurom, prelazi se u područje Design, opcija Insert Frame. U prozoru Insert bira se početna i krajnja tačka koje su prethodno urađene u području Sketch, slika 4., zatim vrstu standarda (u ovom slučaju standard DIN) i dimenzije nosača.

Kod izrade ovakvih tipova modela obavezno je uraditi odabir vrste materijala, u ovom slučaju tokom odabira vrste profila odabir materijala se vrši automatski (čelik srednjeg kvaliteta-Steel, Mild). Samim tim i svi ostali delovi biće izrađeni od istog materijala. Na slici 4.prikazan je i sklop dela konzolnog nosača.

Ostali *constrain*-ovi korišćeni za sklapanje stubne cevi su spajanje gornje površine cevi i donje površne gornjeg nosača, što se radi odabirom opcije *Flush* u delu Solution što predstavlja spajanje površina u istom pravcu. Zatim se u područiju *Type* bira opcija *Mate* i u područiju *Solution* bira opcija *Mate* i vrši se odabir osa gornjeg, donjeg nosača i stubne cevi.



Slika 5. Model konzolnog nosača

Edge

С

8. Opcija Fixed

Svi navedeni delovi su izrađeni i sklopljeni standardnom procedurom, sa tačno definisanim materijalom, koji se zadaje jednostavnim desnim klikom na model u stablu, opcija *iProperties – Physical –* i u padajućem meniju *Material* vrši se odabir materijala. Sklop Modela konzolnog nosača prikazan je na slici 5.

4.0. PRORAČUN OPTEREĆENJA NA PRIMERU KONZOLNOG NOSAČA

Programski paket Autodesk Inventor nam nudi izuzetno veliki broj mogućnosti, pored skiciranja, modeliranja, izrade tehničke dokumentacije i sklopova tako i područja za ispitivanje i proračun delova i sklopova na razna vrsta opterećenja sa detaljnim proračunom i slikovitim prikazom ponašanja modela pri određenim opterećenjim i uslovima rada.

Posle otvaranja već gotovog modela, odlazimo u područje rada *Environments*, gde se nalaze opcije za razne vrste analiza, a ovde će biti prikazan postupak za analize i proračun opcijom *Stress Analysis*, slika 6.



6. Područije rada Environments sa opcijama

Ulaskom u opciju *Stress Analysis* nudi se više različitih mogućnosti, slika 7. od kojih će biti opisane one potrebne za analizu ovog konzolnog nosača.



U opciji Create Simulation po otvaranju nove sumalcije počinje se sa unošenjem ograničenja i sila potrebnih za izradu ovakve vrste proračuna i simulacije. U području *Constraints* bira se opcija *Fixed*, slika 8., pomoću koje se određuje gde je konzolni nosač fiksiran, oslonjen. U ovom slučaju biće fiksiran na vrhu i dnu stubne cevi koja nosi celu konzolu.



Po odabiru oslonaca prelazi se na definisanje sile, opcija *Force*, Slika 9., u kojoj se biraju pravac i smer (u odnosu na koordinatni sistem X, Y, Z) sile, veličina sile. Prilikom ovog proračuna vršiće se ispitivanje na silu od 10000N.

Control result
 Control result</l

Slika 10. Opcija Simulate

Po odabiru vrste sila, opterećenja, constrainova prelazi se na opciju *Simulate*, koja prikazuje da je spreman za izradu simulacije (slika 10.).

Po završetku simulacije, u stablu modela pojaviće se svi proračuni i simulacije koje su urađene ovim postupkom. U stablu modela pojaviće se sve vrste analiza.

Ξ	Simu	lation:1	Kozo	Ini	nosac

Analyzed File:	komplet KONZOLNA DIZALICA - RA
Autodesk Inventor Version:	2015 (Build 190159000, 159)
Creation Date:	2/2/2015, 9:47 PM
Simulation Author:	Natasa Sasojevic S18/2013
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author Nataša Spasojević

Project

Part Number	komplet KONZOLNA DIZALICA - RAM22
Designer	Nataša Spasojević
Cost	\$0.00
Date Created	1/5/2015

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	781.72 kg	
Area	17430800 mm^2	
Volume	99582100 mm^3	
Center of Gravity	x=790.416 mm y=2881.2 mm z=0.00306659 mm	

Note: Physical values could be different from Physical values u

General objective and settings: Design Objective Single Point Simulation Type Static Analysis Last Modification Date 2/9/2015, 3:33 PM Detect and Eliminate Rigid Body Modes No Separate Stresses Across Contact Surfaces No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

U paleti alata nalazi se opcija *Adjusmed* x... gde se može po završetku izabrati:

- *Undeformed* što predstavlja stanje kao kao da nije uopšte opterećeno,
- Actual što predstavlja stvarno stanje opeterćenja,
- x0,5, x1, x2, x5... što prestavlja stvarno stanje uvećano za 0.5, 1, 2, 5

puta u odnosu na stvarno opterećenje.

Name	Generic		
	Mass Density	1 g/cm^3	
General	Yield Strength	0 MPa	
	Ultimate Tensile Strength	0 MPa	
	Young's Modulus	0.0000001 GPa	
Stress	Poisson's Ratio	0 ul	
	Shear Modulus	0.00000005 GPa	
Part Name(s)	Glavna_skica Skeleton0002		
Name	Steel, Mild		
	Mass Density	7.85 g/cm^3	
General	Yield Strength	207 MPa	
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa	
	Young's Modulus	220 GPa	
Stress	Poisson's Ratio	0.275 ul	
	Shear Modulus	86.2745 GPa	
Part Name(s)	DIN ITR 200 00000002 DIN T100 0000003 DIN 200x200x8 0000004 Stubna cev Poklpac Rebro Postolje Donji poklopac		

Reaction Force and Moment on Constraints

10065.3 N

0 N 3967.6 N

-9249.75 N

-103.753 N

Slika 11. Tabela Material(s)

Posle ovog postupka odlazi se na opciju Report, bira se opcija Complete i ide se na OK i pojavljuje se u novom prozoru pretraživača kompletan proračun za sve sile i momente, sva naprezanja, u svim pravcima, uredno popunjeno u tabelama sa svim brojnim vrednostima. Svaku vrstu oterećenja i naprezanja prati odgovarajuća slika iz odgovarajućeg ugla.

Konačni proračun celog konzolnog nosača dobijen u Stress Analysis Report-u, biće predstavljen sa svim tabelama i vrednostima

naprezanja nosača i slikama.

Na samom početku Report-a su predstavljeni neki osnovni podaci, kao sto su ime projekta, datum projekta, ime autora, i ne-

ki gabaritni podaci kao što su težina celog sklopa, zapremina i površina celog sklopa, centar gravitacije po x, yi z osi. U tabeli Ma-

terial(s). sli-

ka 11. vide

Slika 13. Von Mises Stress

se karakteristike materijala korišćeni prilikom izrade sklopa, počevši od naziva i vrste materijala, njegovih karakteristika kao što su masa, gustina, napon tečenja, napon kidanja, Jungov koeficijent, Poasonov odnos, do naziva delova sklopa od kojih je isti napravljen.

Tabele Results (slika 12) sa rezultatima proračuna opterećenja konzolnog nosača

Reaction Force Reaction Moment Magnitude Component (X,Y,Z) Magnitude Component (X,Y,Z) -3870.59 N -255.586 N m 19292.2 N 33310.8 N m 40.092 N m 19676.7 N

Slika 12. Results

Fixed Constraint:2
Result Summary

Constraint Name

Fixed Constraint: 1

Results

Name	Minimum	Maximum
Volume	99582100 mm^3	
Mass	781.72 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	250.897 MPa
1st Principal Stress	-26.9871 MPa	280.765 MPa
3rd Principal Stress	-127.406 MPa	45.8417 MPa
Displacement	0 mm	5.10677 mm
Safety Factor	0.825041 ul	15 ul
Stress XX	-106.693 MPa	199.307 MPa
Stress XY	-57.6483 MPa	27.6285 MPa
Stress XZ	-125.919 MPa	122.147 MPa
Stress YY	-59.1282 MPa	126.902 MPa
Stress YZ	-62.8337 MPa	56.1723 MPa
Stress ZZ	-95.5549 MPa	103.718 MPa
X Displacement	-0.570572 mm	0.325039 mm
Y Displacement	-5.09522 mm	0.155029 mm
Z Displacement	-0.104445 mm	0.313132 mm
Equivalent Strain	0 ul	0.00103018 ul
1st Principal Strain	-0.0000125761 ul	0.00117514 ul
3rd Principal Strain	-0.000501719 ul	0.00000803444 ul
Strain XX	-0.000421172 ul	0.000703056 ul
Strain XY	-0.000334098 ul	0.00016012 ul
Strain XZ	-0.000729761 ul	0.0007079 ul
Strain YY	-0.000196772 ul	0.000461299 ul
Strain YZ	-0.00036415 ul	0.000325544 ul
Strain ZZ	-0.000374024 ul	0.00034112 ul
Contact Pressure	0 MPa	2938.19 MPa
Contact Pressure X	-175.969 MPa	2415.69 MPa
Contact Pressure Y	-261.354 MPa	1461.88 MPa
Contact Pressure Z	-1404.71 MPa	1287.28 MPa



33309.8 N m

-98.401 N m

-5098.07 N m

5099.13 N m -33.9051 N m

Reaction Force and Moment on Constraints,. prikazuju rezultate reakcije sila i momenata na ograničenja, reakcije snage, reakcije momenata, intenzitete komponenata po osama koordinatnog sistema x, y, i z, dok u tabeli *Result Summary*, koja predstavlja pregled rezultata, je predstavljena svaka vrsta opterećenja sa konačnim rezultatima. Koristeći opciju Adjusted, uporedno će biti prikazane slike svake vrste opterećenja prilikom aktuelnog opterećenja i prilikom uvećanja opeterećenja Adjusted x 1. Na svakoj slici pored modela nalazi se naziv vrste prikazanog opterećenja, skala sa

vrednostima, počevši od plave boje do crvene sa tačnim vrednostima, gde plava pokazuje

najnižu vrednost opterećenja crvena najvišu, i sa podacima vrednosti opterećenja prikazanih direktno na opterećemon mestu na sklopu. Type: 3rd Principal Stress Unit: MPa 2/9/2015, 3:35:11 PM Type: 3rd Principal Str Unit: MPa 45.8 Max 45.8 Max Max: 45.8 MPa 11.2 -23.5 127.4 MPa Min: -127.4 MPa -58.1 -58.1 -92.8 -92.8 -127.4 Min -127.4 Mir Slika 14.Displacement -Min: 0.155 mm 3.057 2.038 1.019 ∔, Min: Q.83 ul Type: S Unit: ul 5. 3:35:17 PM ax: 15 ul

Von Mises Stress (slika 13) - Von mises analiza, najveći specifični deformacioni rad promene oblika, slika 3.8. Prilikom ove analize vidi se da se najveći napon javlja na mestu spajanja T profila I kutijastog profila, a najmanji na postolju konzolnog nosača.

Displacement - pomeranje, slika 14, jedna od najbitnijih vrednosti u ovom proračunu. Predstavlja nam pomeranje (ugib) u napadnoj tački, u ovom slučaju i najkritičnijoj, pri određenoj sili. Pošto u ovom slučaju sila deluje po y osi tu će biti i najveće pomeranje, koje je pri ovim gabaritima konzole i veličine sile skoro zanemarljivo, i tako zaključujemo da ova konzola može nesmetano nositi teret od 10000N. Prikazana su pomeranja po svim osama.

Safety Factor (slika 15) - stepen sigurnosti prikazuje najmanji i najveći stepen sigurnosti.

Slika 15. Safety Factor

5.0. ZAKLJUČAK

Autodesk Inventor je specijalizovni proizvod za inženjere mašinstva i omogućuje izuzetno detaljno modeliranje. Prednost Inventora je u njegovoj detaljnosti. Dok većina programskih rešenja za velike sklopove, odnosno postrojenja, ventile i ostale komponente prikazuje simbolično, u Inventoru je mo-guća maksimalna detaljnost. Ovo doprinosi vizuelnom utisku.

U ovom radu je vršeno ispitivanje, proračun konzolne dizalice. Na osnovu određenih gabarita, dimenzija, vrste materijala, i funkcionalnosti proveravana je nosivost određene težine, što je putem Autodesk Inventora i njegove opcije Stress Analysis i urađeno.

Na osnovu urađenog proračuna, može se izvesti zaključak da je konstrukcija sposobna da sa sigurnošću izvršava svoju funkciju i pri većim težinama, uz pravilno odabrane vrste materijala i standarnih profila za nošenje.

6.0. LITERATURA

- Curtis Waguespack.: Mastering Autodesk Inventor 2012 and Autodesk Inventor LT 2012, Indianapolis, 2011.
- [2] T., Daniel i J., Travis: Majstor za...Autodesk Inventor, Kompjuterska biblioteka, Čačak, 2002.
- [3] H.S., Randy: Autodesk Inventor R11- Parametarsko modeliranje, Oregon Institute of Technology, Oregon, 2007.
- [4] R., Shih: Autodesk Inventor, Oregon Institute of Technology, Oregon, 2006.
- [5] N., Marjanović: Metode konstuisanja, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.
- [6] R., Nikolić: Metalne konstrukcije, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998
- [7] JUGOSLOVENSKI STANDARD, Quality menagement systems Requirements, JUS ISO 9001, 2001.