

---

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

***ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА***

**ИСТРАЖИВАЊЕ ДИНАМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА  
НОСЕЋИХ СТРУКТУРА МАШИНА ОД  
КОМПОЗИТНОГ МАТЕРИЈАЛА**

**Кандидат  
мр Ћирковић Богдан, дипл.инж.маш.**

**Косовска Митровица, 2007.г.**

---

---

---

## САДРЖАЈ

1.	УВОД - - - - -	1
2.	КОМПОЗИТНИ МАТЕРИЈАЛИ - - - - -	3
2.1.	Подела композитних материјала - - - - -	5
3.	ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНИКЕ НЕПРЕКИДНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА - - - - -	7
3.1.	Теорија еластичности - - - - -	7
3.2.	Теорија пластичности - - - - -	11
4.	ЕФЕКТИВНИ МОДУЛИ ХЕТЕРОГЕНИХ МАТЕРИЈАЛА - - - - -	15
4.1.	Ефективни модули композитних материјала са сферним укључцима - - - - -	18
4.2.	Ефективни модули композитних материјала са укључцима цилиндричног и ламеластог облика - - - - -	21
5.	ОСНОВНЕ ПОСТАВКЕ О НОСЕЋИМ СТРУКТУРАМА - - - - -	26
5.1.	Машина - - - - -	26
5.2.	Носећа структура - - - - -	26
5.3.	Конструкција затворене носеће структуре - - - - -	29
5.4.	Оптерећење носеће структуре - - - - -	31
5.5.	Обликовање и димензионисање носеће структуре - - - - -	34
5.6.	Моделирање носећих структура - - - - -	35
5.7.	Материјали носећих структура - - - - -	38
5.8.	Примери изведених носећих структура - - - - -	39
6.	ДИНАМИЧКИ ПРОРАЧУН - - - - -	41
6.1.	Модел 1 - - - - -	45
6.2.	Модел 2 - - - - -	50
7.	ИДЕНТИФИКАЦИЈА УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ И ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ - - - - -	54
7.1.	Физичко - механичке особине бетона - - - - -	54
7.1.1.	Структура бетона - - - - -	54
7.1.2.	Чврстоћа бетона - - - - -	55
7.1.3.	Израда носећих структура за испитивање - - - - -	58
7.1.4.	Модул деформације бетона - - - - -	60
7.2.	Физичко - механичке особине челика - - - - -	62
7.2.1.	Чврстоћа челика - - - - -	62
7.2.2.	Модул еластичности челика - - - - -	64
7.3.	Модул еластичности армираног бетона - - - - -	66
7.4.	Модел конструкције носеће структуре - - - - -	68
7.4.1.	Утицај ширине конструкције - - - - -	69

---

---

7.4.2.	Утицај ексцентритета силе	-	-	-	-	-	70
7.4.3.	Утицај дужине вођице	-	-	-	-	-	71
7.4.4.	Утицај положаја вођице	-	-	-	-	-	72
7.4.5.	Утицај количине арматуре	-	-	-	-	-	74
7.4.6.	Утицај површине попречног пресека стубова, радног стола и траверзе	-	-	-	-	-	75
7.5.	Утицај врсте конструкције	-	-	-	-	-	77
7.6.	Полазни подаци	-	-	-	-	-	79
8.	ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ	-	-	-	-	-	81
8.1.	Осциловање траверзе	-	-	-	-	-	81
8.1.1.	Утицај величине силе	-	-	-	-	-	83
8.1.2.	Утицај кружне фреквенције принудне силе	-	-	-	-	-	83
8.1.3.	Утицај еквивалентне крутости стубова	-	-	-	-	-	88
8.1.4.	Утицај масе радног стола	-	-	-	-	-	89
8.1.5.	Утицај масе траверзе	-	-	-	-	-	90
8.1.6.	Утицај времена обраде $t_{об}$	-	-	-	-	-	91
8.1.7.	Утицај времена $t$	-	-	-	-	-	91
8.2.	Осциловање стубова	-	-	-	-	-	93
8.2.1.	Утицај величине номиналне силе $F_n$	-	-	-	-	-	94
8.2.2.	Утицај параметра који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре $f_p$	-	-	-	-	-	95
8.2.3.	Утицај кружне фреквенције сопствених слободних осцилација $\omega_1$	-	-	-	-	-	95
8.2.4.	Утицај кружне фреквенције принудне силе $\Omega$	-	-	-	-	-	97
8.2.5.	Утицај коефицијента пригушења за одговарајући материјал $\square \delta_1$	-	-	-	-	-	-
	99						
8.2.6.	Утицај масе стубова $m$	-	-	-	-	-	100
8.2.7.	Утицај времена обраде $t_{об}$	-	-	-	-	-	101
9.	АНАЛИЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИХ ИСПИТИВАЊА НОСЕЋИХ СТРУКТУРА МАШИНА	-	-	-	-	-	103
10.	ИСПИТИВАЊЕ МЕТОДОМ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА	-	-	-	-	-	111
11.	ЗАКЉУЧАК	-	-	-	-	-	123
	ЛИТЕРАТУРА	-	-	-	-	-	127
	ПРИЛОГ	-	-	-	-	-	129

## 1.УВОД

Процес обликовања материјала, од припремка до израдка, неком од метода обраде одвија се посредним или непосредним дејством средстава за рад у виду механичке енергије. Зависно од вида механичке енергије методе обликовања се деле на статичке, динамичке и статичко-динамичке, које се базирају на коришћењу потенцијалне, кинетичке, односно потенцијалне и кинетичке енергије. Средства за рад су према томе изложена статичким, динамичким и сложеним оптерећењима.

Као основно средство за рад, машина уноси потребну количину енергије у њен главни део – носећу конструкцију, која прима и уравнотежује сва радна напрезања. Услед тога разне тачке на носећој структури имају разне вредности померања, тако да је њихово учешће у укупној деформацији система различито. Резултујућа деформација одређује се између алата и радног предмета, као тачност (квалитет) израде радног предмета.

Тип носеће конструкције може бити отворени и затворени, а материјали који се користе за њихову израду су различити. Најчешће примењивани су челици, челични лив, ливено гвожђе и нодуларни лив.

Како се последњих деценија у свету и код нас поклања посебна пажња и врше опсежна истраживања у домену освајања композитних материјала широког спектра особина са једне стране, а у циљу изналажења могућности њихове примене у свим областима људске делатности (електроници, грађевинарству итд.), па и у машиноградњи, то се у овом раду жели указати на могућности примене ових материјала при изради носећих структура машина како за обраду деформисањем тако и за обраду резањем.

У магистарском раду под насловом "Компаративне статичко - динамичке карактеристике носеће структуре преса од влакнастог, ламеластог и дисперзно ојачаног композита" приказана је могућност коришћења композитног материјала гвожђе - бетон за израду носећих структура машина за обраду деформисањем. У раду су извршена статичка испитивања на моделима а резултати указују на широку лепезу композитних материјала који се могу користити као конструктивни материјали.

У том циљу овај рад ће обухватити следеће :

1. Изналажење поузданих метода прорачуна и идентификовање механичких особина композита влакнастог, ламеластог и дисперзно ојачаног типа; ту се пре свега мисли на изналажење вредности чврстоће и тврдоће, за конструкције од композитних материјала које зависе од модула еластичности, модула смицања, запреминског модула и Пуасоновог коефицијента појединих компоненти. И ови модули се користе тек после налажења "средње" величине истих, применом теоријских поставки из области еластичности материјала.

2. На основу пројектованих величина, за једну машину, дефинише се облик носеће структуре који представља оптимизацију функционалних, технолошких и експлоатационих захтева. Због тога носеће структуре имају богатство облика и

---

димензија. У том смислу биће дат приказ различитих облика носеће структуре и усвајање меродавних концепцијско - конструкцијских решења носеће структуре затвореног типа машина (једноделне, једноделне са преднапрегнутим вијцима, вишеделне са преднапрегнутим вијцима) израђених од различитих композита; Због великог броја решења, као и великог дијапазона конкретних димензија модела затворене носеће структуре, усвојена су решења за примену на машинама одређеног називног оптерећења.

3. За усвојене варијанте концепцијско - конструктивних решења биће постављени модели прорачуна њихове динамичке стабилности и примењени програми за рачунар, ради изналагања оптималних конфигурација елемената носеће структуре;

4. Резултати теоријског дела истраживања и прорачуна морају бити презентирани у облику да се могу лако и мериторно вршити неопходне анализе и критичке оцене добијених резултата у овом раду. То су у ствари табеларни и дијаграмски прикази резултата.

Након прорачуна и теоријских анализа свих потребних карактеристичних величина била би извршена рачунска провера истих, у циљу утврђивања оправданости примене композитних материјала за израду носеће структуре машина за обраду деформисањем.

Теоријске поставке од којих се пошло при анализи композитног материјала "гвожђе - бетон" за примену у изради носећих структура су следеће :

- ❖ питање чврстоће носеће структуре,
- ❖ питање динамичке стабилности, тј. питање дозвољених еластичних деформација, као и карактер тих деформација,
- ❖ питање искоришћености материјала, односно искоришћење његових особина у једној оваквој конструкцији,
- ❖ питање смештања осталих делова,
- ❖ питање монтаже и демонтаже осталих делова,
- ❖ питање приступачности радном простору, и др.

Теоријске и експерименталне анализе требале би да дају одговоре на питање могућности примене композитног материјала гвожђе - бетон за израду носећих структура машина.

## 2. КОМПОЗИТНИ МАТЕРИЈАЛИ

Истражујући историју композитних материјала човек долази до интересантних података у погледу развоја цивилизације. Тако се сазнаје да је човек још од прадавних времена у борби за опстанак користио прве композитне материјале. Да би што лакше савлађивао речне водене препреке човек је тражио непрестано што бољи материјал за израду још тада врло примитивних чамаца по форми, али за тај период времена тј. неколико хиљада година пре наше ере почео користити тзв. композитне материјале који су се састојали од свежењева трске као арматуре и битуменске смоле као везива, односно матрице. Чамци направљени од тог композита користе се још и данас у неким земљама Африке и Азије, и може се слободно рећи да су они претече савремених чамаца од полиестера или епокси смола армираних са безалкалним стакленим влакнима /40/.

Други пример су лук и стрела које је човек користио у борби против животиња и непријатеља. Да би лук био што стабилнији човек је почео правити и слојасте лукове користећи најпре сламу као арматуру, а глину или цигларску земљу као везиво, односно матрицу. Из историје би се могло навести још низ примера композитних материјала.

Из напред наведеног може се лако закључити да се идеја о коришћењу комбинације различитих материјала као компонената за добијање материјала посебних особина јавила се још пре неколико хиљада година.

Ти материјали који су се користили у далекој прошлости могу да се сврстају у групу композитних материјала, али у ширем смислу речи. Данас, међутим, композитним материјалима у ужем смислу те речи треба прићи од њихове најновије дефиниције.

Појам композитни материјали данас се односи на ужи спектар материјала који мора задовољити следеће критеријуме :

1. композитни материјали морају бити производ човечијег рада, па према томе никакви природни материјали као на пример дрво не могу се сматрати таквим.
2. композитни материјали морају бити састављени од два или више хемијски разнородна материјала са јасном границом раздвајања међу њима.
3. саставне компоненте композита морају својим запреминским садржајем да образују композицију, па се према томе у ову групу материјала не могу сврстати никакве слојасте композиције или сендвич материјали.
4. композитни материјали морају имати особине које не испољава ниједна компонента посебно.

С обзиром на наведене критеријуме могли би сажето дати дефиницију:

*ПОД КОМПОЗИТНИМ МАТЕРИЈАЛИМА ПОДРАЗУМЕВАЈУ СЕ ВЕШТАЧКИ СТВОРЕНИ МАТЕРИЈАЛИ САСТАВЉЕНИ ОД ДВЕ ИЛИ ВИШЕ ХЕМИЈСКИ РАЗНОРОДНИХ МАТЕРИЈА, КОЈИ ПО СВОЈИМ ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКИМ И МЕХАНИЧКИМ КАРАКТЕРИСТИКАМА ПРЕДСТАВЉА НОВ МАТЕРИЈАЛ У ЧИЈЕМ ИНТЕГРИТЕТУ ПОСТОЈЕ ЈАСНО УТВРЂЕНЕ ГРАНИЦЕ РАЗДВАЈАЊА МЕЂУ САСТАВНИМ КОМПОНЕНТАМА /19/.*

---

Имајући у виду дату дефиницију композитних материјала може се слободно рећи да је данас сужен простор и онемогућен продор оним схватањима по којима се за композитне материјале проглашава свака комбинација метала са неметалима.

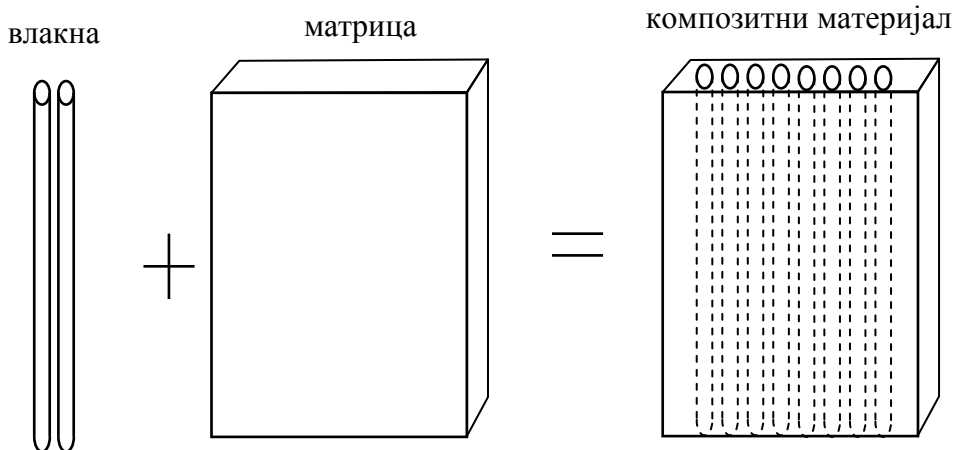
Из напред наведене дефиниције јасно произилази да композитни материјали у ужем смислу те речи представљају комбинацију два или више материјала са различитим физичко - хемијским карактеристикама у микроскопској размери који формирају нов материјал. Према томе у грађи композитних материјала обавезно учествују две фазе : пунило - армирајуће влакно (дисперзна фаза) и везиво (матрица), слика 2.1.

Одлучујући утицај на механичке карактеристике има армирајуће влакно. У пракси се, у комбинацији са висококвалитетним влакнима, користе различите материје као матрице. То су на пример:

- ✓ терморективне пластичне материје
- ✓ епоксидне, фенолне и полиамидне смоле
- ✓ металне матрице (углавном обојени метали)
- ✓ бетон (познат као армирани бетон) и др.

Док матрица, у композитном материјалу, служи за везу међу влакнима, преношење оптерећења са влакна на влакно, дотле се армирајућа влакна јављају као носиоци оптерећења. Влакна су везана са матрицом по површини раздвајања. На тај начин структура композита се карактерише компонентама и површином раздвајања. Распоред влакана по дебљини слоја је случајан, а у зависности од количине, влакна могу да се и додирују. Као армирајући елементи (носећа основа композитних материјала) најчешће се примењују следећа влакна:

- стаклена влакна
- угљенична влакна
- влакна бора
- синтетичка (органичка) влакна
- метална влакна.



Слика 2.1. Приказ настанка композитног материјала

## 2.1 Подела композитних материјала

Без обзира што је данас јасно разграничено шта се сматра композитним материјалима у литератури /40/ се могу срести разне поделе композита. Међутим, основна подела се врши у зависности од облика и величине армирајућих компоненти, тако да постоје два типа композита :

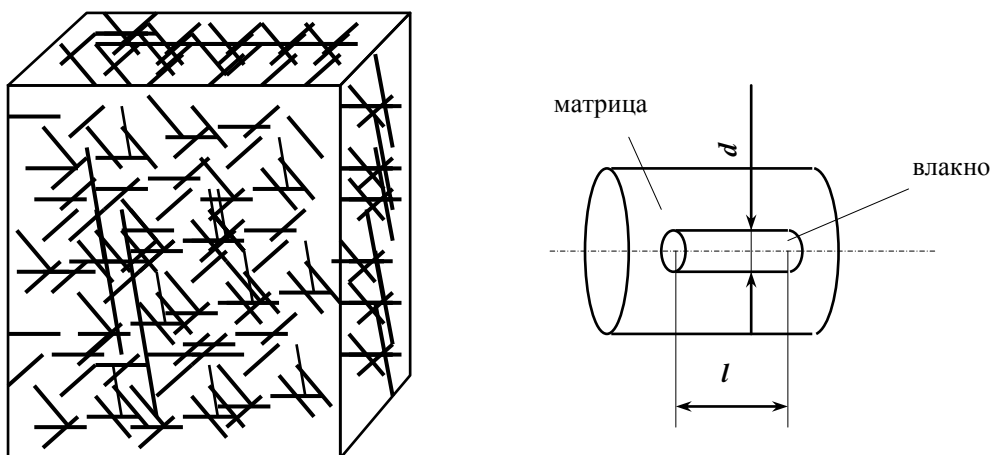
- влакнасти композитни материјали и
- композитни материјали са дисперзним честицама.

За влакнасте материјале се може провести и финална подела у зависности од дужине влакана и њихове оријентације у композиту, тако да постоје три класе влакнастих материјала :

1. Једносмерни композитни материјали са непрекидним влакнима.
2. Композитни материјали са кратким влакнима и
3. Композитни материјали са непрекидним влакнима оријентисаним у више смерова.

### Влакнасти композитни материјали

Као влакнасти композитни материјали сматрају се једносмерни композитни материјали армирани кратким (дискретним) или непрекидним влакнима. Класи влакнастих композитних материјала припадају и слојасте композитни материјали, с обзиром да они настају спајањем више слојева једносмерних влакнастих композита. На слици 2.2. приказан је композитни материјал армиран кратким влакнима.



Слика 2.2. Композитни материјал армиран кратким влакнима

Кратка влакна, како се може видети са слике су распоређена у композиту без икаквог реда, што доводи до закључка да се код ове класе композита не могу унапред, са одређеном сигурношћу, предвидети одређене механичке карактеристике. При томе треба напоменути да матрица у којој се налази влакно представља непрекидну средину, даје композиту способност обликовања.



За инжењерску праксу много су интересантнији композитни материјали са непрекидним влакнима, у првом реду захваљујући томе што се због правилног распореда влакана у матрици могу одређеним аналитичким или полуемпиријским изразима израчунати, са високом поузданошћу, механичке карактеристике истих.

### **Композитни материјали са дисперзним честицама**

Ови композитни материјали носе назив по армирајућем елементу који је у виду честица.

Основна разлика између композита са дисперзним честицама и влакнастих композита је према претходном у димензији пуниоца. Код влакнастих композитних материјала армирајућа влакна имају далеко већу дужину у односу на пречник, док су код композитних материјала са дисперзним честицама димензије приближно исте.

Друга разлика лежи у томе што код композитних материјала са дисперзним честицама матрица се појављује као носилац оптерећења, а честице се супростављају дислокационим кретањима у матрици (у крајњем случају се оптерећење расподељује између матрице и честица), док се код влакнастих улога матрице своди на преношење оптерећења од влакна до влакна, која су носиоци оптерећења.

Трећа разлика је у процентуалном учешћу пунила у композицији. Док је код композита са дисперзним честицама максимално учешће пунила до 25%, дотле је код влакнастог то могуће и до 70%. Према величини пунила армирајућих честица разликују се две групе композитних материјала са дисперзним честицама и то дисперзно-ојачане композиције са процентом учешћа пунила до 15% и размере честица од 0.01 до 0.1mm и композиције ојачане честицама величине преко 1 $\mu$ m и учешћа преко 25%.

### 3. ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНИКЕ НЕПРЕКИДНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА

У овом раду разматрано је, са неколико аспеката, механичко понашање хетерогених средина. Оваквом проблему може се приступити са различитим степеном прецизности и са различитим почетним подацима. На пример могуће је сабрати опширне податке експерименталних механичких испитивања, детаљно их проанализирати, упоредити међусобно и приказати у погодном облику.

Могуће је урадити и аналитички прорачун, моделирајући експерименталне податке. Наравно сваки од ових прилаза има својих предности и недостатака па се често приступа коришћењу и једног и другог при решавању проблема.

У теоријском делу овог рада покушало се приказати механичко понашање хетерогених средина, тј. композитних материјала.

#### 3.1. Теорија еластичности

Како је до сада познато, да је линеарна теорија еластичности дала најшири спектар прилога о овом проблему, то ћемо исту и користити у одређивању теоријске основе за посматрање понашања хетерогених средина. Како је са друге стране сама теорија еластичности веома широк појам овде ћемо користити само поставке вискозо-еластичне и еластично-пластичне теорије /19/.

Најопштија форма линеарно - еластичних односа напона и деформација (Хуков закон) за анизотропне средине има следећи облик :

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \cdot \varepsilon_{kl} \quad / 3.1 /$$

где су:

- $\sigma_{ij}$  - тензор линеарних напона,
- $\varepsilon_{kl}$  - тензор линеарних деформација и
- $C_{ijkl}$  - тензор еластичног модула четвртог ранга (тензор чврстоће) који има 81 независну компоненту.

Овде треба рећи да се ради у Декартовом правоуглом координатном систему и да свака симетрија тензора смањује број независних компонената, тако да на крају имамо тензор чврстоће у зависности од две независне компоненте. Ту су прво узете у обзир симетрије тензора  $\sigma_{ij}$  и  $\varepsilon_{kl}$  која смањује број независних компонената на 36, затим хипотеза о постојању потенцијала еластичности. Даље умањење долази из разлога да при посматрању једнородне средине  $C_{ijkl}$  не зависи од координата, односно из симетричности тензора  $C_{ijkl}$ .

Тензор малих деформација одређује се преко компоненти померања Кошијевим релацијама:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \quad / 3.2 /$$

где зарези означавају редом диференцирање по координатама (симбол који следи иза зареза). Шест независних компоненти деформација изводе се из три независних компоненти померање, зато што компоненте деформације не могу бити независним. То доводи до услова сагласних деформација. Једначина сагласних деформација има облик:

$$\varepsilon_{ij,kl} + \varepsilon_{kl,ij} = \varepsilon_{ik,jl} + \varepsilon_{jl,ik} \quad / 3.3 /$$

Једначине сагласности се могу записати преко напона, а не деформација, користећи односе напон - деформација. Једначина баланса импулса има облик:

$$\sigma_{ij}(X_k, t) + F(X_k, t) = \rho \frac{\partial^2 u_i(X_k, t)}{\partial t^2} \quad / 3.4 /$$

где је:  $\rho$  - запреминска густина  
 $F_i$  - компоненте запреминске силе.

У случају када се инерцијални чланови у овој једначини могу занемарити, задатак добија статичку природу и представља једначину равнотеже.

Јединственост решења ових једначина, у зависности од граничних и почетних услова може се показати различитим методама. На пример, уз помоћ термодинамичке анализе напони се могу изразити као производна енергија деформисања  $W$  по деформацији:

$$\sigma_{ij} = \frac{\partial W}{\partial \varepsilon_{ij}} \quad / 3.5 /$$

где је:

$$W = \frac{1}{2} C_{ijkl} \varepsilon_{ij} \varepsilon_{kl} \quad / 3.6 /$$

За добијање односа напон - деформација неопходно је да тензор  $C_{ijkl}$  буде симетричан

$$C_{ijkl} = C_{klij} \quad / 3.7 /$$

Узимајући у обзир и ову констатацију долази се до смањења независних компоненти тензора на 21. Даље умањење броја независних компоненти може бити урађено само путем извођења ограничења особина материјала.

За представљање тензора  $C_{ijkl}$  у погодној форми уводе се скраћене (матричне) ознаке за напон и деформацију:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_{11}, & \varepsilon_1 &= \varepsilon_{11}, \\ \sigma_2 &= \sigma_{22}, & \varepsilon_2 &= \varepsilon_{22}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_3 &= \sigma_{33}, & \varepsilon_3 &= \varepsilon_{33}, & / 3.8 / \\
 \sigma_4 &= \sigma_{23}, & \varepsilon_4 &= \varepsilon_{23}, \\
 \sigma_5 &= \sigma_{13}, & \varepsilon_5 &= \varepsilon_{13}, \\
 \sigma_6 &= \sigma_{12}, & \varepsilon_6 &= \varepsilon_{12}.
 \end{aligned}$$

У тим ознакама једначину 3.1 можемо записати у облику

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ & & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ & & & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ & & & & C_{55} & C_{56} \\ & & & & & C_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{pmatrix} \quad / 3.9 /$$

За симетрију у односу на раван матрица  $C_{ij}$  има 13 независних компоненти:

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & C_{16} \\ & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & C_{26} \\ & & C_{33} & 0 & 0 & C_{36} \\ & & & C_{44} & C_{45} & 0 \\ & & & & C_{55} & 0 \\ & & & & & C_{66} \end{pmatrix} \quad / 3.10 /$$

где је координата  $x_3$  нормална на раван симетрије.

Надаље ће бити посматрана симетрија у односу на три узајамно нормалне равни. Та класа симетрије позната је као ортотропија и карактерише је девет независних компоненти тензора  $C_{ij}$  :

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ & & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ & & & C_{44} & 0 & 0 \\ & & & & C_{55} & 0 \\ & & & & & C_{66} \end{pmatrix} \quad / 3.11 /$$

За разлику од претходног случаја код трансверзално изотропног (монотропног) материјала једна од равни ортотропије постаје раван изотропије. Претпостављајући да је координата  $x_1$  нормална на раван изотропије, добија се пет независних компоненти:

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ & & C_{22} & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1}{2}(C_{22} - C_{23}) & 0 & 0 \\ & & & & C_{66} & 0 \\ & & & & & C_{66} \end{vmatrix} \quad / 3.12 /$$

На крају, за случај пуне изотропије остају две независне компоненте:

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ & C_{11} & C_{12} & 0 & 0 & 0 \\ & & C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1}{2}(C_{11} - C_{12}) & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1}{2}(C_{11} - C_{12}) & 0 \\ & & & & & \frac{1}{2}(C_{11} - C_{12}) \end{vmatrix} \quad / 3.13 /$$

За изотропне средине однос напон - деформација може се записати у облику:

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2 \mu \varepsilon_{ij} \quad / 3.14 /$$

где су:

- $\lambda$  и  $\mu$  - еластичне константе Ламе и
- $\delta_{ij}$  - Кронекеров симбол.

Све ове односе могуће је написати и као безиндексне величине, тако да је нпр. модул еластичности и Пуасонов коефицијент могуће написати у облику :

$$E = \frac{9\kappa\mu}{3\kappa + \mu} \quad \text{и} \quad \nu = \frac{3\kappa - 2\mu}{2(3\kappa + \mu)} \quad / 3.15 /$$

где је:

- $\kappa$  - запремински модул и
- $\mu$  - модул смицања.

У линеарној теорији еластичности постоје две теореме без којих се не може приступити испитивању хетерогених средина. То су теорема о минимуму потенцијалне енергије и о минимуму допунске енергије. Оне гласе :

"Од свих допустивих поља померања, апсолутни минимум функционала потенцијалне енергије осигурава само онај који задовољава једначину стања".

"Од свих допустивих поља напона, апсолутни минимум функционала допунске енергије осигурава само онај који задовољава опште једначине сагласних деформација".

За многе материјале, углавном полимере, карактеристична зависност процеса деформисања од брзине и времена није приказана једначинама теорије еластичности. Такви материјали испољавају како тренутну, тако и успорену реакцију на напрезање и та особина се назива особина задржавања. Друга особина полимерних материјала састоји се у томе, да код њих постоји способност нагомилавања енергије слично еластичним телима и ширење слично срединама са вискозним особинама. Такви материјали зову се вискозоеластичним и њихово проучавање има посебан правац, али одређене једначине имају сличности са теоријом еластичности.

### 3.2. Теорија пластичности

За разлику од теорије еластичних и вискозоеластичних ефеката ова теорија описује нееластичне ефекте. Теорија вискозоеластичности, осим ефеката еластичног типа, узима у обзир и зависност реакције материјала од брзине напрезања. Теорија пластичности у својим границама моделира нелинеарну реакцију материјала, иза граница еластичне области, као независну од брзине напрезања.

Теорију невискозне пластичности називају још и теорију брзинског типа јер не узима у обзир време.

Општи облик функције напрезања (оптерећења) је:

$$f(\sigma_{kl}, \varepsilon''_{kl}) = \chi \quad / 3.16 /$$

где је деформација раздвојена на еластичну и пластичну компоненту:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon'_{ij} + \varepsilon''_{ij} \quad / 3.17 /$$

при чему  $\varepsilon''_{ij}$  означава пластичну компоненту деформације.

По Хуковом закону можемо записати да је

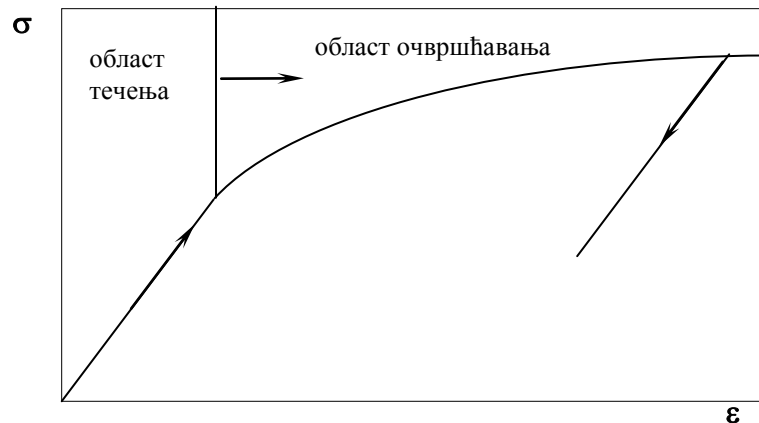
$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon'_{ij} \quad / 3.18 /$$

На основу тога функција течења односно пластична компонента деформације може се написати у општем облику :

$$\dot{\varepsilon}''_{ij} = F_{ij} \left( \sigma_{ij}, \dot{\sigma}_{ij}, \varepsilon''_{ij} \right) \quad / 3.19 /$$

где тачка означава диференцирање по времену.

Основно у овој теорији је већ познато и то је у ствари једначина стања која описује ток деформисања неког материјала. Значи, основу ове теорије чине појмови течење материјала и очвршћавање материјала, чији је међусобни однос као што је приказано на слици 3.1.



Слика 3.1. Приказ области деформисања материјала

За област течења постоји више развијених хипотеза понашања материјала. Најпознатије од њих су функције Треске и Мизеса. Хипотеза течења "Треска" дозвољава течење материјала када је максимално напрезање достигло одређену величину, и изражено формулом има облик:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2K \quad / 3.20 /$$

где је  $K$  граница течења при чистом смицању.

Хипотеза Мизеса знатно упрошћује претходну хипотезу и уз употребу девијатора тензора напона  $\sigma_{ij}$  и његове инваријанте  $J_2$  добијамо :

$$J_2 = K^2 \quad / 3.21 /$$

Физички смисао хипотезе Мизеса састоји се у томе, да енергија деформисања повезана са смичућим деформацијама има ограничену величину.

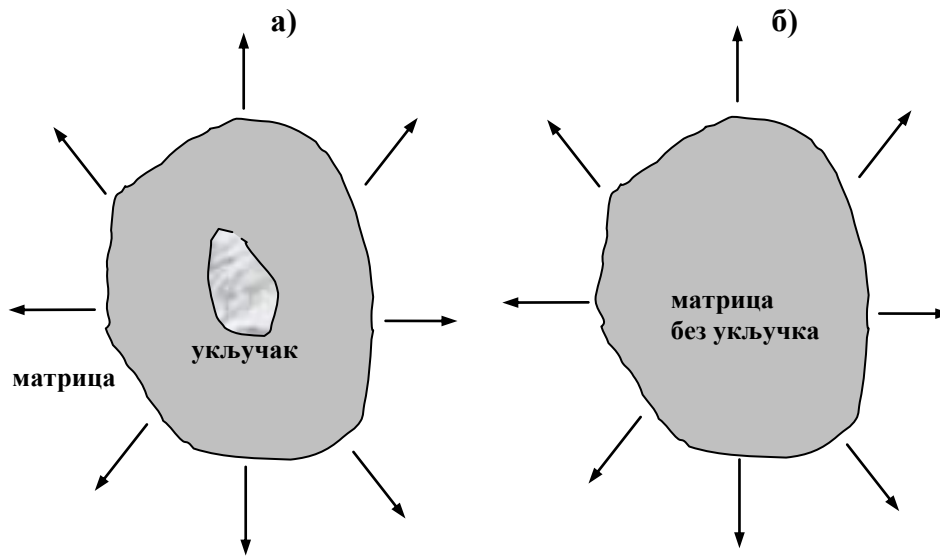
После течења долази очвршћавање које може бити, изотропно као најпростије и кинематичко као сложеније.

Циљ ових истраживања је у области еластичних деформација за који један од основних резултата, посебно битан за хетерогене средине, дао Ешелби. По њему, за израчунавање енергије деформисања, претвара се обично интегрисање по запремини у интегрисање по површини појединачног изгледа. То упрошћење је врло погодно у случају средина са примесима (укључцима).

Даље ће бити посматрано једнородно тело са задатим условима напрезања на површини. Нека се унутар тог тела налази укључак с другим особинама, како је приказано на слици 3.2.а. Енергија еластичног деформисања хетерогеног тела одређује се следећом једначином:

$$U = \frac{1}{2} \int_V \sigma_{ij} \epsilon_{ij} dV \quad / 3.22 /$$

где је  $V$  - запремина области.



а) тело са укључком; б) тело без укључка  
Слика 3.2. Шема једнородног тела са укључком и без укључка

Надаље се одређује енергија деформисања таквог тела у коме се укључак не разликује од окружујуће средине. Нека су гранични услови за оба задатка једнаки (слика 3.2.б). Енергија деформисања хомогеног тела има облик:

$$U_0 = \frac{1}{2} \int_V \sigma_{ij}^0 \varepsilon_{ij}^0 dV \quad / 3.23 /$$

Изразе 3.22 и 3.23 можемо написати у облику:

$$U = U_0 + \frac{1}{2} \int_V (\sigma_{ij} \varepsilon_{ij} - \sigma_{ij}^0 \varepsilon_{ij}^0) dV \quad / 3.24 /$$

Применом теореме Гаус-Остроградског заједно са једначинама равнотеже:

$$\sigma_{ij,j} = 0 \quad \text{и} \quad \sigma_{ij,j}^0 = 0 \quad / 3.25 /$$

једначину 3.24 могуће је записати у облику:

$$U = U_0 + \frac{1}{2} \int_S (\sigma_i u_i - \sigma_i^0 u_i^0) dS \quad / 3.26 /$$

где је  $S$  - површина тела.

На површини тела :

$$\sigma_i = \sigma_i^0 \quad / 3.27 /$$



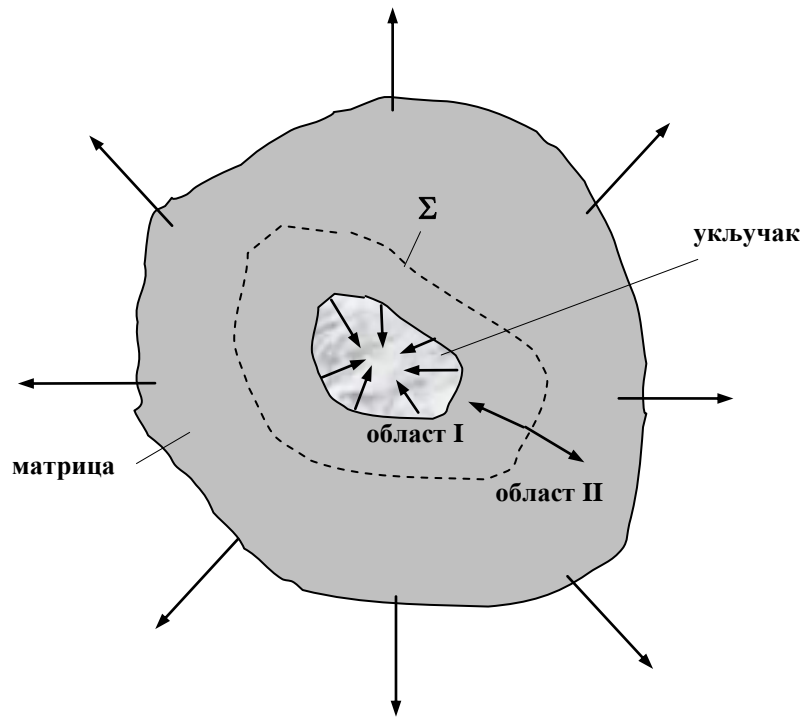
јер су гранични услови за оба задатка једнаки. Користећи једначине 3.26 и 3.27 добија се:

$$U = U_0 + \frac{1}{2} \int_S \sigma_i^0 (u_i - u_i^0) dS \quad / 3.28 /$$

Посматрајући сада хомогено тело у коме постоји укључак са особинама различитим од њега, и у случају оптерећења хомогеног тела, долази до оптерећења и укључка, али се они понашају другачије од матрице, и изазивају појаву унутрашњих сила у граничним областима укључка и матрице, (слика 3.3).

Поступком који је сличан претходном добиће се формула слична формули 3.26:

$$U = U_0 + \frac{1}{2} \int_{SI} (\sigma_i u_i^0 - \sigma_i^0 u_i) dS \quad / 3.29 /$$



Слика 3.3. Приказ прелазне површине  $\Sigma$  на коју се изводи интегрисање

Добијене формуле (формуле Ешелбија) имају врло прост облик. Основна формула за општу енергију деформисања садржи гломазне квадратне форме, које се интегришу по запремини. У добијеним формулама може се израчунати енергија деформисања простим интегрисањем по површини одговарајуће површине. То знатно упрошћује испитивање механичког понашања хетерогених средина.

Овај приступ проблему понашања хетерогених средина, тј. одређивања његових механичких карактеристика биће примењен и у наредним поглављима за прорачун ефективних модула хетерогених средина.

#### 4. ЕФЕКТИВНИ МОДУЛИ ХЕТЕРОГЕНИХ МАТЕРИЈАЛА

У свом раду човек користи различите материјале, дајући им изразом различите облике. Један материјал ретко поседује особине, са тачно одговарајућим потребама за конкретну примену. Пракса је показала, да се комбинацијом материјала често може добити погоднија особина састава. Објашњење таквих појава јесте један од задатака науке о материјалима. Исто тако важно је и стварање нових материјала на основу испитивања хетерогених средина. На основу тога се може научним истраживањем доћи до података о оптималном коришћењу конструкционих материјала.

Поред примера о коришћењу природних материјала датих у уводу овде су изнета још два интересантна примера за објашњење ове врсте материјала. Многи од полимера су на бази стакла и ломљиви су. Методом проба, као и других технологија добијено је да једнородне дисперзне честице каучука у полимеру изазивају слабљење осетљивости истог на ударе.

Други пример су влакнасти композити. Код њих је утврђено да применом влакана одређеног материјала у монолитној средини слабијих особина, добијамо знатно боље карактеристике /40/.

Како је већ напред речено побољшањем једне од особина, друге особине губе свој смисао, па се у пројектовању мора водити рачуна о томе шта треба да се постигне. Овде је од ефективних модула једне хетерогене средине посматрана чврстоћа и тврдоћа.

**Под ефективним модулима подразумева се средња мера истих, узимајући у обзир особине свих фаза хетерогене средине, као и њихово узајамно дејство.**

Процедура осредњења мора бити строго дефинисана и у неким случајевима не може се наћи тачно решење за ефективне модуле, али зато се налазе могуће области у којима се они налазе.

Ако се посматра материјал у некој довољно малој мери, могуће је рећи да је он једнородан. Да би сигурност у висок степен нехомогености и променљивости, које се могу срести, била већа, неопходно је почети од атома и молекула. Ако се технички материјали посматрају на том нивоу, задатак описивања њихових особина постаје нерешив. За одређивање тог проблема уводи се хипотеза континуума, која у себи садржи процедуру статистичког осредњења, преко које се стварно стање и структура материјала идеализују на тај начин да материјал сматрамо континумом. Та хипотеза повезана заснована је на постојању неких мера, повезаних са особинама које одређују деформабилност средине. При томе се сматра да својства истородне средине карактерише особина једнакости у свим тачкама средине.

Неједнородност се може разматрати као идеализација непрекидног мењања особина од тачке до тачке или као скоковито мењање особина при пролазу кроз површине делова. У овом раду биће разматране само неједнородности где различите фазе остају потпуно изражене. У раду је претпостављено да постоје карактеристичне размере неједнородности, што на пример за влакнасте композите значи да постоји

растојање између влакана. Зато, најпре треба одредити ту размеру као елемент запремине и њене особине. Очигледно је да постоји мера дужине, у чијим границама се може наћи средња величина неким изразом. Мера осредњења дужине ( $\delta$ ) мора бити знатно већа од размере неједнородности. Најпогоднији је случај када је мера осредњења дужине блиска размери неједнородности, и у том случају материјал се може идеализовати као ефективно хомоген, а проблем напрезања тела може бити решен коришћењем средњих особина замењених мером дужине  $\delta$ .

Описани услови називају се условима ефективне или еквивалентне хомогености. Употреба се и други израз: макроскопска хомогеност и статистичка хомогеност. За типску израду композита, који се састоје од хиљада честица или влакана, то је незамислив задатак.

Приказана хипотеза о еквивалентној хомогености дозвољава постављање задатка о особинама хетерогених средина. Основни проблем састоји се у томе што треба користити процедуру осредњења за предвиђена ефективна својства (механичке карактеристике) идеализиране хомогене средине преко особина фаза и њихових геометријских карактеристика. Добијене осредњене ефективне особине се надаље могу користити у прорачуну напрегнутих тела од композитних материјала.

**Односи међу ефективним модулима и особинама фаза у скупу са прорачуном конкретне конструкције, леже у основи оптимизације конструкције.**

За осредњење запремине уводи се елемент запремине хетерогене средине, који има карактеристичну размеру. Нека се тај елемент запремине  $V$  јавља као представник запремине. У условима спајања истог са макроскопски једнородним пољем напона и деформација средњи напон и деформација одређују се на следећи начин:

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = \int_V \sigma_{ij}(X_i) dV \quad / 4.1 /$$

$$\langle \varepsilon_{ij} \rangle = \int_V \varepsilon_{ij}(X_i) dV \quad / 4.2 /$$

где је  $\varepsilon_{ij}$  - тензор малих деформација.

Односи 4.1 и 4.2 су много уопштени у смислу одсуства ограничења у вези геометријских карактеристика фаза хетерогене средине.

Ефективна тврдоћа линеарно - еластичног тела или особина типа модула, означена тензором  $C_{ijkl}$ , одређује се преко односа

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = C_{ijkl} \langle \varepsilon_{kl} \rangle \quad / 4.3 /$$

На тај начин, да би се решио задатак о ефективним особинама хетерогених средина, неопходно је испунити процедуру осредњења одређену изразима 4.1 и 4.2 и затим наћи  $C_{ijkl}$  из 4.3. Иако се ова процедура показала као проста у општим цртама, она је веома сложена у детаљима и при њеном испуњењу неопходна је прецизност.

За строго испуњење осредњења неопходно је имати тачно решење за поље напона и деформација  $\sigma_{ij}(X_i)$  и  $\epsilon_{ij}(X_i)$  у хетерогеној средини.

Задатак се састоји у томе да треба испунити процедуру са минимумом упрошћења без обзира на емпиријске закономерности. Добијени резултати ограничени су са неколико идеализованих геометријских модела типичних саставних фаза хетерогене средине. Приметно је да тих неколико геометријских модела обухватају већину типова материјала.

Резултати овакве процедуре доносе упрошћења у раду. Следеће што је интересантно јесте да се одреде врсте укључака у елементу представнику запремине. И ту је извршена идеализација тако да се укључци могу класификовати на пет геометријских типова.

Првом типу припадају такви материјали који се карактеришу кристалном зрнастом структуром, као и обични метали. Код њих је свако зрно анизотропно. То је јединствени једнофазни систем средине од свих пет типова.

Следећи тип средина карактерише се разликовањем две или више посебно изражених фаза, од којих је свака непрекидна и не постоји геометријска карактеристика површинског одвајања, коју можемо користити за дефинисање на којој се страни која фаза налази.

Остала три типа класификације представљају варијанте једног општег случаја. Та три типа средина образована су од непрекидне средине (матрице) са укључцима сферног, цилиндричног и лиснатог облика. Општост ових типова следи из чињенице да су све три врсте укључака гранични случајеви елипсоида. Цилиндрична и лисната форма заснована је на одговарајућим издуженим и спљоштеним елипсоидима. Коначно елипсоид може имати много форми у датим границама, али сваки од тих граничних случајева има своју важност.

У некој простијој подели композитни материјали могу да се поделе на системе који садрже једну непрекидну фазу са дискретним укључцима (овде спадају задња три типа из претходне поделе) и сви остали системи. Анализе у овом раду односе се на двофазне хетерогене средине.

Да би се одредиле карактеристике потребне за конструкцију тј. модул еластичности код композитних материјала са укључцима сферног (дисперзног) облика прво се врши одређивање ефективних модула и то запреминског модула и модула смицања, а код влакнастих се одређивање модула еластичности врши одмах и то у зависности од количине укључака, модула еластичности и Пуасонових коефицијената појединих фаза.

**Јангов модул еластичности је константа пропорционалности између еластичних промена димензија и напона који делује у правцу једне осе, и означава се са  $E$  и има јединицу  $[kN/m^2]$ .**

**Пуасонов коефицијент  $\nu$  (модул) је однос уздужне и попречне промене димензија и проузрокован је напоном који делује у уздужном правцу.**

**Модул смицања је константа пропорционалности између еластичних промена димензија насталих услед смицања и напона смицања.**

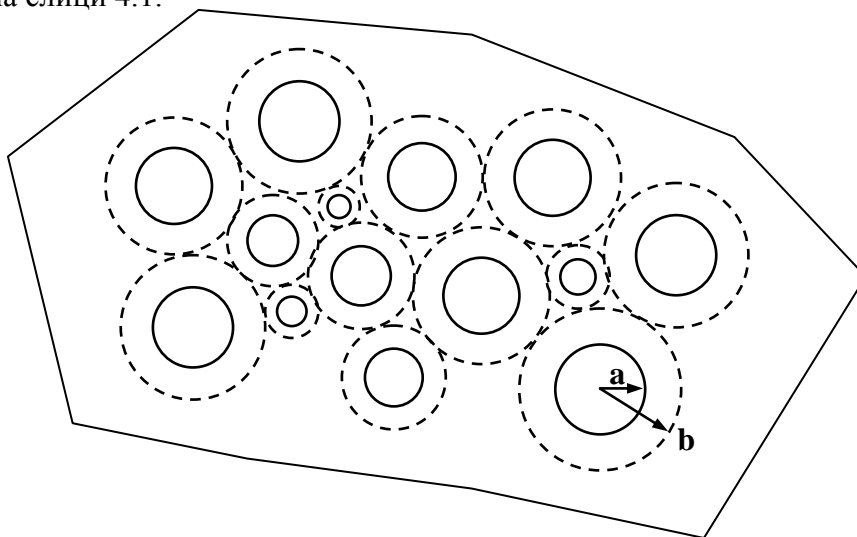
Запремински модул  $k$  је константа пропорционалности између хидростатичког притиска и разлике у смањењу запремине која је настала услед деловања притиска.

#### 4.1. Ефективни модули композитних материјала са сферним укључцима

Налажење ефективних модула за композитни материјал са дисперзним честицама умногоме зависи од количине укључака. Код модела са малим запреминским делом укључака занемарен је утицај појединих честица међусобно, што представља простији задатак. Међутим има и других случајева, тј. када је количина укључака већа тј. произвољна. У том случају разматра се средина са сферним укључцима различитих размера, чији распоред у запремини није случајан. Шематски је модел приказан на слици 4.1.

Испрекиданим линијама на слици ограничене су области матрице повезане са сваким посебним укључком. Однос радијуса матрице ( $a$ ) и радијуса области матрице ( $b$ ) -  $a/b$  узет је као константан за сваки такав "саставни део" независно од апсолутне размере. Зато размера и распоред честица мора бити такав да цела запремина буде испуњена равномерно.

Може се очекивати да тај модел даје разумне резултате за реалне системе, који имају довољно велики и непрекидни распоред размера укључака. Исто тако је очигледно да резултати за овај модел не могу да се користе за модел веће запремине укључака исте размере и за остале реалне системе. У ту сврху уводи се тзв. полидисперзни модел средине са сферним укључцима, који је описан даље и приказан на слици 4.1.



Слика 4.1, Приказ композитног материјала са сферним укључцима

#### ЗАПРЕМИНСКИ МОДУЛ

Нека јединична саставна честица, пречника  $a$ , на својој спољној површини, пречника  $b$ , буде подвргнута дејству хидростатичког притиска  $p$ , уз следеће услове :

$$\text{при } r = b \quad \sigma_r = \rho \quad / 4.4 /$$

где су:

- $\rho$  - сферна координата,
- $\sigma_{rr}$  - компонента напона у сферним координатама на површини полупречника  $r$ .

На еквивалентну хомогену честицу делује исто то напрезање. Померања на спољној граници саставне и еквивалентне хомогене сферне честице су једнака, обезбеђујући самим тим једно средње запреминско деформационо стање унутар сваког од њих. Та процедура даје решење за ефективни запремински модул јединичне саставне честице.

Јединствена једначина равнотеже коју је неопходно задовољити има облик :

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{2}{r}(\sigma_{rr} - \sigma_{\Theta\Theta}) = 0 \quad \text{и}$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = \sigma_{\Theta\Theta} \quad / 4.5 /$$

где је  $\sigma_{\Theta\Theta}$  и  $\sigma_{\varphi\varphi}$  компонента напона у сферним координатама.

Ова једначина изражена преко померања има облик :

$$\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{2}{r^2} u_r = 0 \quad / 4.6 /$$

где је  $u_r$  - померање укључка у сферним координатама дато формулом

$$u_r = Cr \sin^2 \Theta \cos \varphi \quad / 4.7 /$$

-  $C$  - максимум деформације смицања

Решавањем ове једначине добија се ефективни модул хомогене честице у следећем облику :

$$\kappa = \kappa_M + \frac{c(\kappa_I - \kappa_M)}{1 + (1 - c)[(\kappa_I - \kappa_M)/(\kappa_M - 4/3\mu_M)]} \quad / 4.8 /$$

где је :

- $\kappa_M$  - запремински модул матрице,
- $\kappa_I$  - запремински модул укључка,
- $\mu_M$  - модул смицања матрице,
- $\mu_I$  - модул смицања укључка и
- $c = \left(\frac{a}{b}\right)^3$  - запремински однос количине сферних укључака.

Остаје да се покаже да ова формула важи за сваки елемент представник запремине, а не само за јединичу саставну честицу. Пре свега, јасно је да се сам притисак може придружити свим саставним честицама у елементу представнику запремине.

На тај начин напонско стање је непрекидно по целом елементу представнику запремине и задовољава једначину равнотеже. Сагласно теореме о минимуму допунске енергије добија се да је та енергија као горња граница постојећег напонског стања, а исто тако на основу тереме о минимуму потенцијалне енергије следи да је овако добијени ефективни запремински модул горња оцена за запремински модул елемента представника запремине.

### МОДУЛ СМИЦАЊА

Одредивши ефективни запремински модул за посматрање модела саставних сфера, може се одредити ефективни модул смицања за тај исти модел. Задатак одређивања модула смицања  $\mu$  може бити сложен, чак сложенији од одређивања запреминског модула  $\kappa$ , јер први представља тродимензионални задатак теорије еластичности, а други је само једнодимензионални.

Зато је процедура изналагања модула смицања  $\mu$  ослоњена на нађене резултате претходних делова. Као и за запремински модул  $\kappa$ , и за изналагање горње и доње границе модула смицања  $\mu$  користи се теорема теорије еластичности о минимуму потенцијалне и допунске енергије. Супротно од ситуације са запреминским модулом, оцене модула смицања не поклапају се за мале и веће запреминске делове укључака. Формула за мањи заремински део има облик :

$$\frac{\mu}{\mu_M} = 1 - \frac{15(1 - \nu_M) \left( 1 - \frac{\mu_I}{\mu_M} \right) c}{7 - 5\nu_M + 2(4 - 5\nu_M) \left( \frac{\mu_I}{\mu_M} \right)} \quad / 4.9 /$$

где је:

- $\nu_M$  - Пуасонов коефицијент матрице,
- $\nu_I$  - Пуасонов коефицијент укључака

и за већи запремински део укључака :

$$\frac{\mu}{\mu_M} = 1 - \frac{\left( 1 - \frac{\mu_I}{\mu_M} \right) \left[ 7 - 5\nu_M + 2(4 - 5\nu_M) \left( \frac{\mu_I}{\mu_M} \right) \right]}{15(1 - \nu_M)} c' \quad / 4.10 /$$

где је  $c' = 1 - c$ .

Иако је речено да се оцене не поклапају за мале и веће запреминске делове, применом трофазног модела показује се поклапање са напред наведеним формулама, нарочито за мање запреминске делове сферних укључака.

У циљу изједначавања експерименталних резултата са теоретским предвиђањима, ефективни модул еластичности  $E$  преко ефективног запреминског модула и ефективног модула смицања гласи:

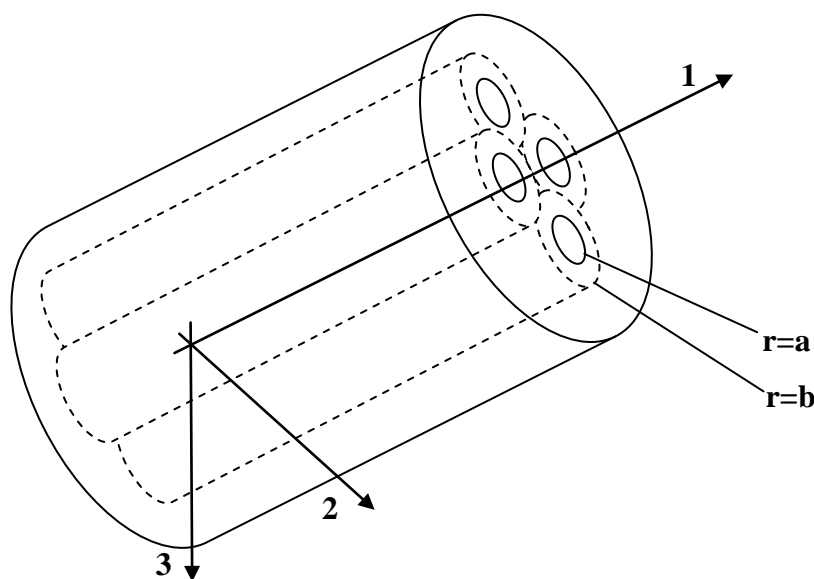
$$E = \frac{9k\mu}{3k + \mu} \quad / 4.11 /$$

Требало би још само напоменути да постоје композитни материјали код којих је размера сферних честица константна тако да долази до промене понашања једног таквог материјала од оног који је описан преко полидисперзног модела. Овде ће се задржати акценат на резултатима добијеним преко полидисперзног модела.

#### 4.2. Ефективни модули композитних материјала са укључцима цилиндричног и ламеластог облика

За одређивање ефективних модула једне овакве средине користе се методе које су већ описане у претходном делу код прорачуна средина са сферним укључцима /19/.

Циљ је у томе да се аналитички ефективни модули представе преко особина компоненти (vlakна и матрице) и њиховог запреминског дела. За испуњење овог задатка мора се увести структурни модел композита. Најчешће се употребљава полидисперзни модел са цилиндричним укључцима уз претпоставку да су vlakна бесконачно дуги цилиндри смештени у непрекидној матрици. Модел је шематски приказан на слици 4.2.



1,2,3 - координатне осе главних напона

Слика 4.2. Приказ композитног материјала са цилиндричним укључцима



Сагласно овом моделу, влакна пречника **a** повезана су облогом од материјала матрице пречника **b**. Сваки одвојени део влакна и омотача назива се саставни цилиндар. Однос **a/b** креће се у одређеним границама, а саме димензије **a** односно **b** иду од минималних до максималних ради попуњавања простора. Практичност овог модела јесте у томе што се из њега могу одредити скоро сви ефективни модули за одвојене саставне цилиндаре.

### ЈАНГОВ МОДУЛ ЕЛАСТИЧНОСТИ

За одређивање Јанговог модула еластичности при једноосном напрезању узима се да је  $\varepsilon_{11} = \varepsilon$   $\sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma_{21} = \sigma_{23} = \sigma_{31} = 0$  при чему се оса 1 правоуглог декартовог система поклапа са осом саставног цилиндра. Прелазом на цилиндрични координатни систем добија се следеће поље померања:

$$u_{rF} = A_F \cdot r \quad u_{rM} = A_M \cdot r + \frac{B_M}{r} \quad u_z = \varepsilon \cdot Z \quad / 4.12 /$$

где је:

- **u<sub>rF</sub>** - померање укључака у цилиндричним координатама
- **u<sub>rM</sub>** - померање матрице у цилиндричним координатама
- **u<sub>z</sub>** - померање матрице и укључака у цилиндричним координатама
- **A<sub>F</sub>, A<sub>M</sub> и B<sub>M</sub>** - константе које се односе на укључке односно матрицу
- **r, Z** - цилиндричне координате.

Лако је показати да решење у оваквом облику задовољава једначине равнотеже. Константа **A<sub>F</sub>** односи се на унутрашњост саставног цилиндра (влакно), а **A<sub>M</sub>** и **B<sub>M</sub>** на саставни део - облогу (матрицу). За одређивање ових константи користе се гранични услови:

$$\begin{aligned} \text{за } r = a \quad u_{rF} &= u_{rM} \quad \sigma_{rF} = \sigma_{rM} & / 4.13 / \\ \text{за } r = b \quad \sigma_{rM} &= 0 \end{aligned}$$

где су:

- **u<sub>rM</sub>, u<sub>rF</sub>** - поља померања
- **σ<sub>rF</sub>, σ<sub>rM</sub>** - напони у матрици и укључцима у правцу **r** осе.

У контексту постављеног задатка одређује се ефективни модул као:

$$E_{11} = \frac{\langle \sigma_z \rangle}{\varepsilon} \quad / 4.14 /$$

где је  $\langle \sigma_z \rangle$  - средњи напон у правцу осе Z, што се може написати и у другом облику :

$$E_{11} = \frac{1}{\pi b^2 \varepsilon} \iint_A \sigma_z(r) dA \quad / 4.15 /$$

где је А - површина попречног пресека. Интегрисање овог односа даје израз :

$$E_{11} = cE_F + (1-c)E_M + \frac{4c(1-c)(v_F - v_M)^2 \mu_M}{(1-c) \left( \frac{\mu_M}{\kappa_F + \frac{\mu_F}{3}} \right) + \frac{c\mu_M}{\left( \kappa_M + \frac{\mu_M}{3} \right)} + 1} \quad / 4.16 /$$

где је:

- $E_F$  - модул еластичности укључка,
- $E_M$  - модул еластичности матрице.

За добијање овог резултата коришћена је претпоставка да су влакна бесконачне дужине. Приступ анализи понашања једног оваквог система је другачији и нешто сложенији и долази се до закључка да претходној једначини одговара једначина :

$$\frac{E_{11}}{E_M} = 1 + c \left[ \frac{E_I}{E_M} - 1 + \frac{2(v_I - v_M)^2}{(1 + v_M) + \left( \frac{E_I}{E_M} \right) (1 + v_I)(1 - 2v_I)} \right] \quad / 4.17 /$$

са напоменом да горња једначина може да се користи само у случају мале количине укључака цилиндричног облика коначне дужине.

Друге особине, тј. Пуасонов коефицијент  $\nu_{12}$ , запремински модул  $\kappa_{23}$  и модул смицања у равни (1.2)  $\mu_{12}$  одређују се, такође, на основу полидисперзног модела, а за одређивање модула смицања  $\mu_{23}$ , пошто је теже његово добијање помоћу полидисперзног модела, уводи се нови модел и то је тзв. трофазни модел. Формуле по којима се рачунају ови ефективни модули су следеће:

$$\nu_{12} = (1-c)v_M + cv_F + \frac{c(1-c)(v_F - v_M) \left[ \frac{\mu_M}{\kappa_M + \frac{\mu_M}{3}} - \frac{\mu_M}{\kappa_F + \frac{\mu_F}{3}} \right]}{c \frac{\mu_M}{\kappa_M + \frac{\mu_M}{3}} + (1-c) \frac{\mu_M}{\kappa_F + \frac{\mu_F}{3}} + 1} \quad / 4.18 /$$

$$K_{23} = \kappa_M + \frac{\mu_M}{3} + \frac{c}{\frac{1}{\kappa_F - \kappa_M + \frac{1}{3(\mu_F - \mu_M)}} + (1-c)\left(\kappa_M + \mu_M \frac{4}{3}\right)} \quad / 4.19 /$$

$$\frac{\mu_{12}}{\mu_M} = \frac{\mu_F(1+c) + \mu_M(1-c)}{\mu_F(1-c) + \mu_M(1+c)} \quad / 4.20 /$$

$$\frac{\mu_{23}}{\mu_M} = 1 + \frac{c}{\frac{\mu_M}{\mu_F - \mu_M} + \left(\kappa_M + \frac{7}{3}\mu_M\right)\left(2\kappa_M + \frac{8}{3}\mu_M\right)} \quad / 4.21 /$$

У претходном делу приказана је могућност анализе напонског стања средине са укључцима издуженог елипсоида за моделирање влакнастих композита. Очигледно је да се укључци плочастог типа јављају као компоненте слојастих композита, који се могу представити у виду спљоштеног композита. Разноврстност свих могућих орјентација дозвољава добијање средине са изотропним ефективним особинама. Коначни облик формуле за описивање ефективних модула има облик:

$$\frac{\kappa - \kappa_M}{\kappa_I - \kappa_M} = \frac{c}{1 + \frac{(\kappa_I - \kappa_M)}{\left(\kappa_M - \frac{4}{3}\kappa_I\right)}} \quad / 4.22 /$$

$$\frac{\mu - \mu_M}{\mu_I - \mu_M} = \frac{c}{1 + \frac{\mu_I - \mu_M}{\mu_M - \mu_d}} \quad / 4.23 /$$

где је :

$$\mu_d = \frac{\mu_I(9\kappa_I + 8\mu_I)}{6(\kappa_I + 2\mu_I)}$$

За композитни материјал, који је предмет овог рада, ГВОЖЂЕ - БЕТОН могло би се рећи да је то систем од три фазе :

- цемент,
- камен и
- арматура (гвожђе).

Испитивања која су вршена при употреби самог бетона без арматуре показала су да иако у њему постоје две фазе на почетку његовог формирања (не узимајући у обзир воду и шупљине) на крају добијамо један систем са подједнаким карактеристикама у свим тачкама запремине. Једно од простијих образложења ове појаве јесте и то да се за израду бетона користе природни материјали, тј. користи се камен као сферни укључак и цемент (који се такође добија од камена али друге врсте) као везиво. Тако остаје да се изврши прорачун само двофазне средине тј. влакнастог композита од гвожђа и бетона.

## 5. ОСНОВНЕ ПОСТАВКЕ О НОСЕЋИМ СТРУКТУРАМА

### 5.1. Машина

Машина за обраду неког предмета (обработом деформисањем или обработом резањем) представља активни део средства рада који има следеће функције:

- да трансформише изворну (доведену) енергију (електричну или другу) у механичку, и исту преко алата преда предмету обраде и
- да обезбеди радним деловима алата, који непосредно дејствују на предмет обраде, релативно међусобно кретање по утврђеним законима.

Структурном анализом машина /22,28/ за обраду материјала долази се до констатације да се оне састоје од великог броја засебних целина, различитих по функцији и различитих по принципу дејства, односно засебних делова.

Групу основних елемената чине они делови без којих машина није у стању да обавља своју основну функцију, и у њу спадају:

- ✓ носећа структура, чији је задатак да повеже све остале елементе машине у јединствену целину и одржава њихове конфигурацијске односе и кретања погонског система са извршним делом по утврђеним законима у свим режимима рада машине;
- ✓ погонски систем, који има задатак да по утврђеном закону обезбеди потребну количину енергије и кретање извршном делу машине;
- ✓ извршни део, који служи за причвршћивање и ношење алата;
- ✓ систем за командовање и управљање, који служи за пуштање машине у рад, њено заустављање и управљање режимом рада и
- ✓ систем за подмазивање, чији је задатак да обезбеди подмазивање свим местима где се јавља клизање и котрљање покретних елемената алата.

Групу помоћних елемената чине они делови који су необавезни односно без којих је машина способна да обавља само основну функцију, а чија је улога да побољшају њене конструкцијско – техничке и технолошке карактеристике.

### 5.2. Носећа структура

Носећа структура машина за обраду материјала јесте основни део чије се функције, састоје у следећем:

- да повеже све остале елементе машине у јединствену целину и одржава њихове конфигурацијске односе и кретања погонског система са извршним делом по утврђеним законима у свим режимима рада машине;
- да омеђи са извршним делом машине њен радни простор;
- да прими и уравнотежи радна и друга оптерећења којима је изложена машина у току експлоатације и

- да обезбеди потребан однос АЛАТ – ПРЕДМЕТ ОБРАДЕ у свим фазама преобликовања материјала у производним условима.

С обзиром да су функције тесно повезане са условима као што су ниска цена, врста расположиве енергије, велики број решења погонског и извршног дела машине, то се при конструисању носеће структуре јављају озбиљни проблеми, и то:

- проблем чврстоће носеће структуре, што захтева оптимално искоришћавање физичко – механичких особина материјала, тежи се добијању што лакше конструкције;
- проблем статичке и динамичке стабилности, ради обезбеђења тачности рада, тј. минимално одступање кретања алата од идеалног у односу на предмет обраде;
- проблем просторног распореда осталих делова, ради оптималнијег функционисања, а и због естетскијег изгледа;
- проблем практичног извођења носеће структуре, тј. монтаже и демонтаже;
- проблем лаког приступа радном простору и што је понекад још важније велики радни простор за израду предмета великих габарита и
- проблем сигурности у току рада.

Све ово се одражава на тачност машина, односно грешке које могу бити изазване:

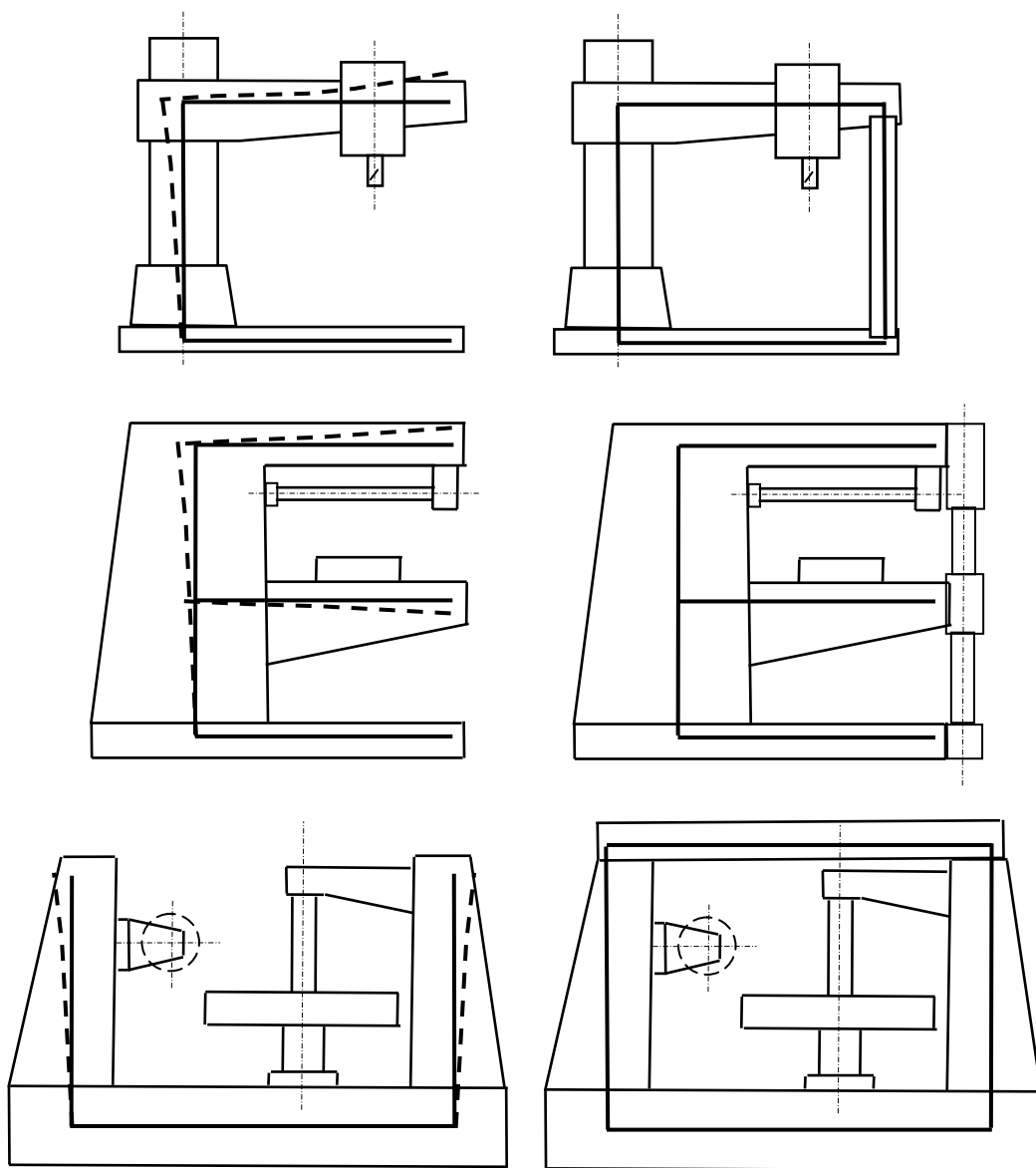
- непарвилним избором концепције машине,
- неправилним избором конструкције машине,
- лошим експлоатацијским режимима рада,
- еластичним деформацијама
- неповољном кинематиком и динамиком извршних органа машине.

Укупна грешка обраде, која дефинише тачност једне машине, добија се суперпонирањем појединих грешака, тако да у неким случајевима она може бити по карактеру суштински различита од својих компоненети. Најважнији путеви повећања тачности машина се могу изразити кроз:

- ✦ смањење негативних утицаја еластичних деформација применом затворених носећих структура (машине порталног типа), коришћењем додатних укурћења и елиминисањем конзолних система (или смањењем њихових дужина), повећањем крутости носеће структуре машине путем смањења покретних и непокретних веза и сл.,
- ✦ израду такве конструкције код које ће се поједине грешке поништавати, да би грешка била мања,
- ✦ смањење и урвнотежење сила трења у вођицама, ослонцима и одговарајућим преносницима, што је посебно битно код тачног позиционирања и алих померања,
- ✦ осредњавање полазних грешака и слабљење њиховог утицаја на тачност кретања извршних органа машине, применом хидростатичких и аеростатичких система за вођење и ослањање.
- ✦ примену система адаптивног управљања – система за аутоматско компензирање настале грешке, система активне контроле и др.,

- ✦ елиминисање зазора у свим слојевима носеће структуре и погона, а исто тако и примена преднапрезања уколико то овећава крутост одређене машине,
- ✦ смањење штетног утицаја топлотних дилатација.

На основу претходно набројаних предлога, а у циљу већег искоришћења, веће крутости, бољег уравнотежења, побољшаног позиционирања и мањих померања изабран је за разматрање **затворени тип носеће структуре машина**. Постоје и отворене носеће структуре, које су заступљене у областима мањих номиналних сила, и код којих се, посебним конструктивним решењима, може постићи задовољавајући квалитет. Један од начина, којим се повећавају могућности машина отворених носећих структура, јесте укрућивање, тј. уграђивање помоћних стубова или греда, којима се затвара структура и врши прерасподела сила /11/.



5.1 Примери отворених носећих структура машина које се због недовољне крутости претварају у затворене носеће структуре

### 5.3.Конструкција затворене носеће структуре

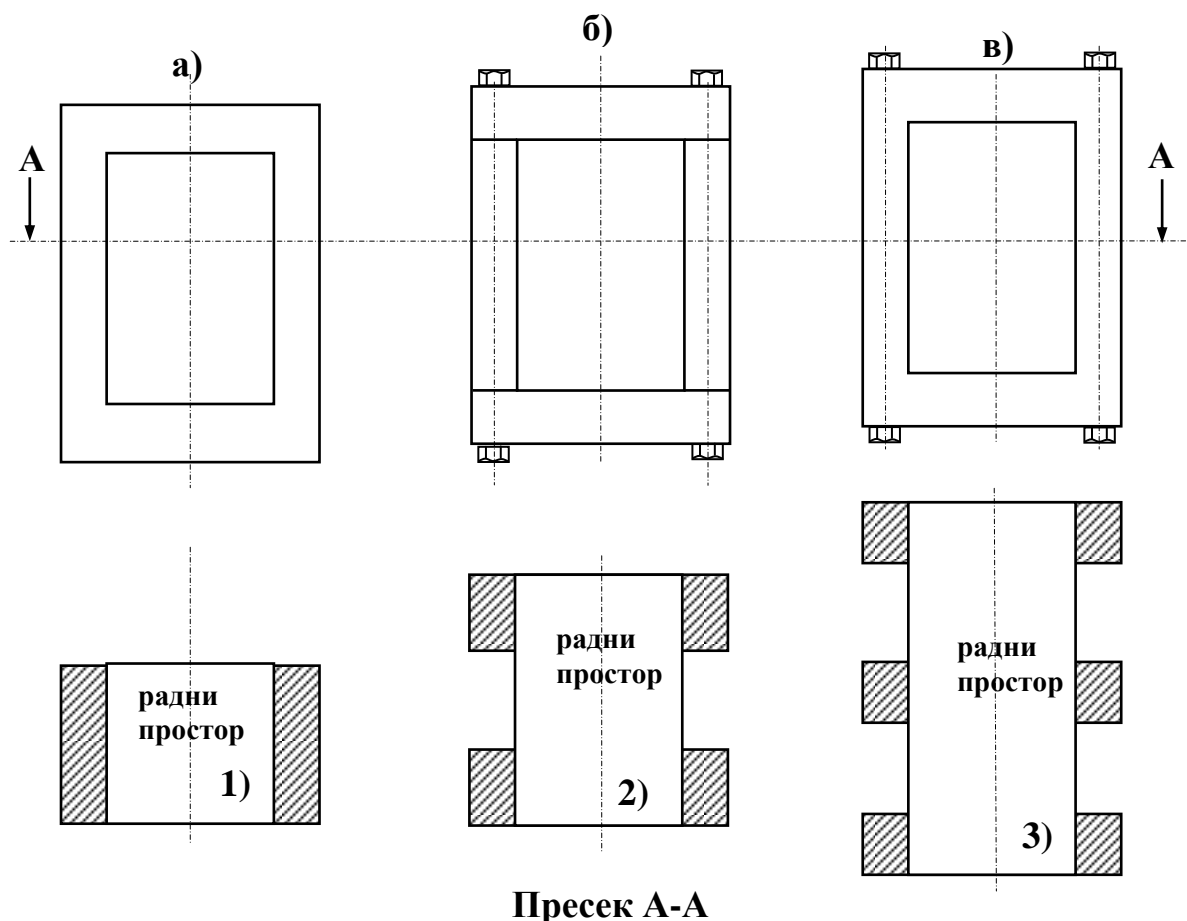
Затворена носећа структура, по свом конструктивном облику, може бити:

- ❖ једноделна (слика 5.2.а и 5.2.в) или
- ❖ вишеделна (слика 5.2.б).

Вишеделна носећа структура мора као саставне елементе да садржи вијке за преднапрезање односно спајање делова носеће структуре. И једноделна носећа структура може имати вијке, који служе само за преднапрезање.

И један и други облик састоје се од радног стола, траверзе и стубова, али се мора рећи да, код неких извођења конструкција, радни сто као посебан елемент не постоји, тј. да су стубови постављени на темељну основу.

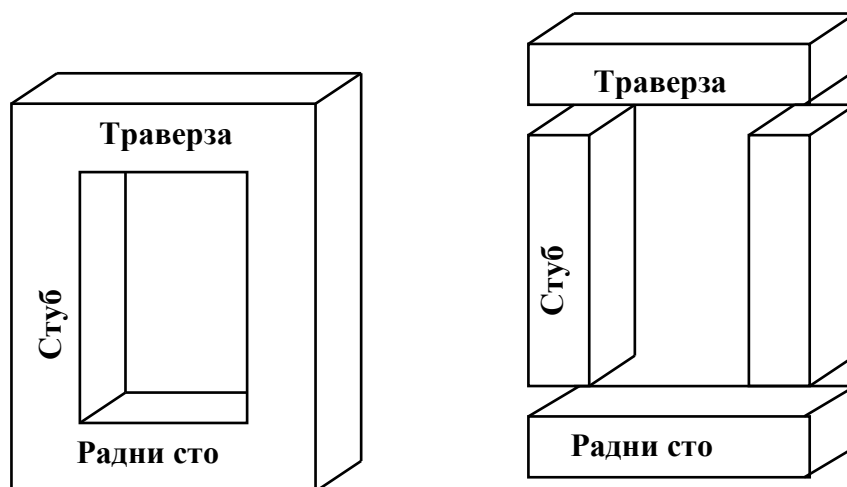
За израду предмета чије су дужине знатно веће од ширине и висине може се направити носећа структура повезана са више парова стубова, траверзи и радних столова. На слици 5.2 приказане су варијанте двостубне, четворостубне и шестостубне носеће структуре и види се повећање радног простора по дужини.



1)двостубне; 2) четворостубне; 3)шестостубне  
а) једноделне; б) вишеделне са преднапрезањем; в) једноделне са преднапрезањем

Слика 5.2 Модели затворене носеће структуре





Слика 5.3 Елементи једноделне и вишеделне затворене носеће структуре

**Стуб** као елемент носеће структуре има функцију повезивања њених саставних делова у једну целину, и може бити изведен као цилиндрични, призмични, профилни или као комбинација готових профила, спојених у једну целину поступцима спајања елемената (заваривањем и сл.).

У зависности од извођења и материјала стубова, исти се могу искористити и за постављање вођица, постављање везних елемената за смештај уравнотеживача притискивача, а у случају шупљих профила и за смештај електричне, хидрауличне или пнеуматске инсталације и сл.

**Радни сто** је углавном сандучастог облика. Може бити раван или са жљобовима и рупама за причвршћивање алата, рупама за пролаз и избацивање готових делова код преса, за причвршћивање радног комада при обради глодњем, бушењем и сл.

**Траверза** је истог облика као и радни сто, а њена функција је углавном да носи погонски и извршни део машине (горњи део алата за ковање, пресовање, главу бушилице, глодалице и сл.). Такође, и траверза може имати функционалне отворе за постављање помоћних елемената за вођење, мерење, инсталације и сл.

Поред ових основних елемената, носеће структуре чине и помоћни елементи, и то су:

- елементи за вођење извршног дела машине; ови елементи, односно вођице извршног дела машине су саставни део носеће структуре и могу значајно да утичу на распоред напрезања конструкције у току рада;
- постоље носеће структуре; функција овог елемента јесте везивање носеће структуре за тло, а може се извести у облику плоча или у кутијастом облику, који још може да обезбеди и нагињање носеће структуре или да прима и ублажава негативне вибрације;

- везни елементи, који се јављају код вишеделних носећих структура, а имају функцију спајања делова у једну целину. Ако се предвиди преднапрезање конструкције онда везни елементи врше и функцију силе преднапрезања;
- плоча радног стола, са функцијом нивелисања радне површине и везивања алата или радних комада за радни сто који се на њему налази; може бити у оквиру радног стола а може бити и одвојена и конструктивно постављена као измењива и сл.
- стопе за везивање машине за темеље и ношење; може се предвидети и носећа структура без стопа, са директним везивањем стубова или радног стола за темеље.

#### 5.4. Оптерећење носеће структуре

Уопштени модел машине састоји се из технолошког преоцеса и носеће структуре, слика 5.4. За дефинисање овог система потребно је утврдити улаз, излаз и поремећаје.



Слика 5.4. Уопштени модел машине

Улаз у процес обраде је радни предмет и алат, са унапред познатим особинама (механичке особине материјала, геометрија алата и сл.), које одређују познату улазну величину силе оптерећења машине. Поремећај на улазу  $Z_u(t)$  дат је као временска функција, која обухвата одступања као нпр. променљивост структуре материјала, хабање алата и сл. На овај начин, сабирањем познатих и променљивих величина, дефинисан је улаз у процес обраде, али само на почетку рада.

Излаз из процеса обраде је обрађени предмет који се дефинише преко тачности са квалитетом обрађеног предмета, као и производности коју одређена обрада остварује. Као поремећај на излазу могу да се прате деформације носеће структуре.

За носеће структуре машина интересантан је облик силе који се појављује на излазу из процеса обраде, а истовремено представља улаз у процес обраде. То су временске променљиве које се јављају само у току рада.

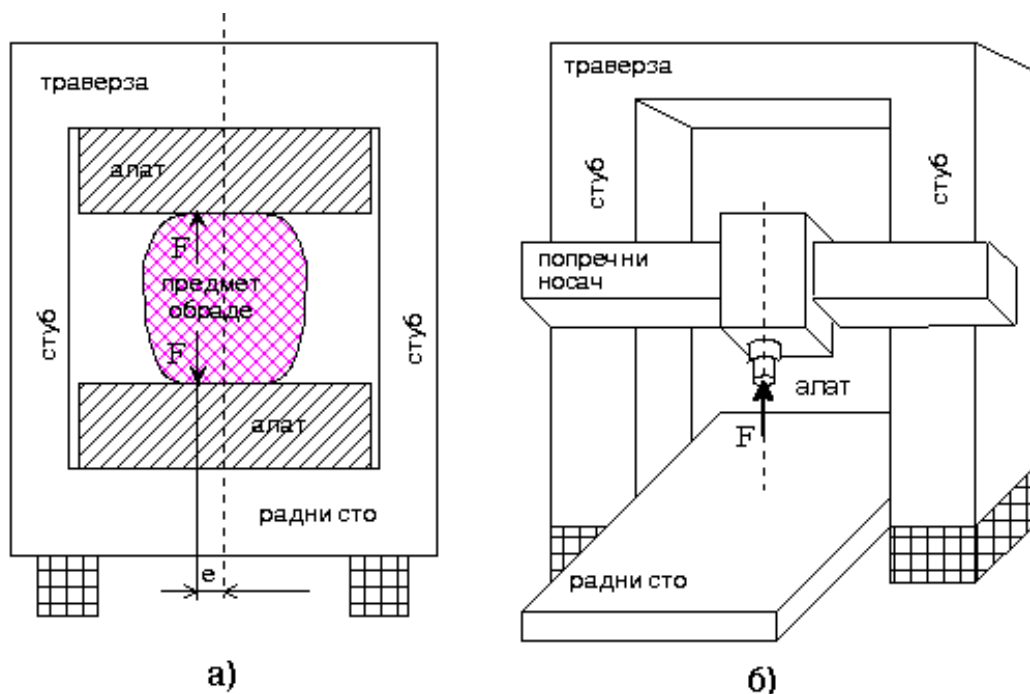
Све носеће структуре изложене су дејству статичких и динамичких сила, које су највеће у току процеса обраде. Ова оптерећења су уствари поремећајна оптерећења и јављају се као последица дејства:

- ✓ отпора материјала који се обрађује, који није идеалан, тј. има променљиву структуру,
- ✓ појаве инерцијалних сила, због промена режима обраде у појединим операцијама,
- ✓ преднапрезања, које се остварује у преднапрегнутим елементима уз помоћ елемената за преднапрезање,
- ✓ маса свих делова који су уграђени у носеће структуре, а које се не могу у сваком тренутку обраде понашати исто, тј. нису оптерећене или не обављају исту функцију у току процеса обраде.

На исти начин, оптерећења носеће структуре могу се поделити на унутрашња и спољашња, где у прве убрајамо наведена оптерећења, а у спољашња спадају потреси и вибрације које се преко темеља са околине преносе на носећу структуру.

Познато је [11,22,24,34,35], да закон промене отпора материјала, односно закон промене силе, која оптерећује машину, па и њену носећу структуру, по:

1. карактеру промене зависи од врсте технолошке методе обраде материјала, облика предмета рада и особина материјала од кога се израђује радни комад и
2. интензитету оптерећења зависи од димензија радног комада који се обрађује и механичких особина материјала.



а) у процесу деформисања (нпр. преса) б) у процесу резања (нпр. портална бушилица)

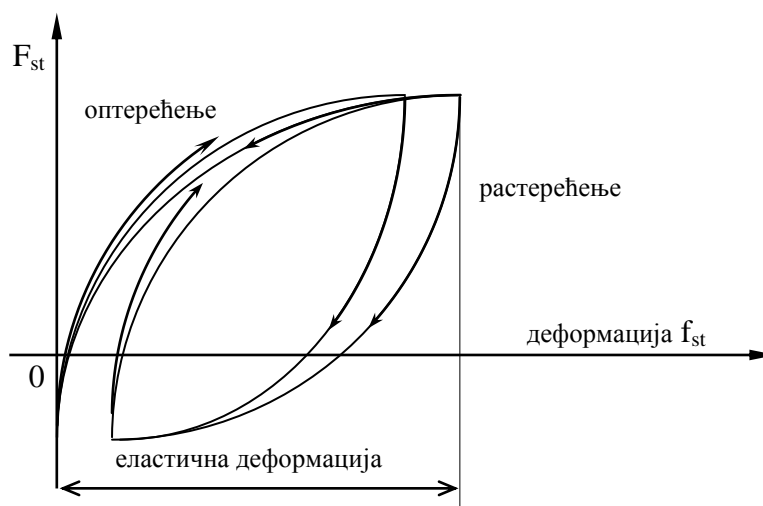
Слика 5.5. Дејство резултујуће силе радног оптерећења на машину (носећу структуру)

На слици 5.5 приказана је резултујућа сила, која се од оптерећења са радних делова алата у процесима обраде деформисањем или преко радног комада у процесима обраде резањем, преноси директно на извршни део машине и њен радни сто.

За анализу појединих типова носећих структура одређени су облици сила које дејствују на тај систем, и то је један од првих задатака тј. **да би се почело конструисање носеће структуре машине мора се знати коју врсту оптерећења она треба да поднесе.**

Овде се мора рећи да врсте оптерећења могу бити веома различите, а најбитнија разлика у процесима обраде деформисања и процесима обраде резања јесте у величини оптерећења и брзини (динамици) промене интензитета истих. У процесима обраде деформисања интензитети оптерећења су знатно већи, али су и брзине промена оптерећења знатно мање.

Под дејством статичке силе долази до статичких померања – деформација носеће структуре. Веза између статичке силе и деформације дата је тзв. хистерезис дијаграмом, слика 5.6. У току процеса обраде долази до појаве еластичних деформација носеће структуре, осим ако се оптерећење не повећа више него што треба.



Слика 5.6. Хистерезис дијаграм за статички оптерећену носећу структуру

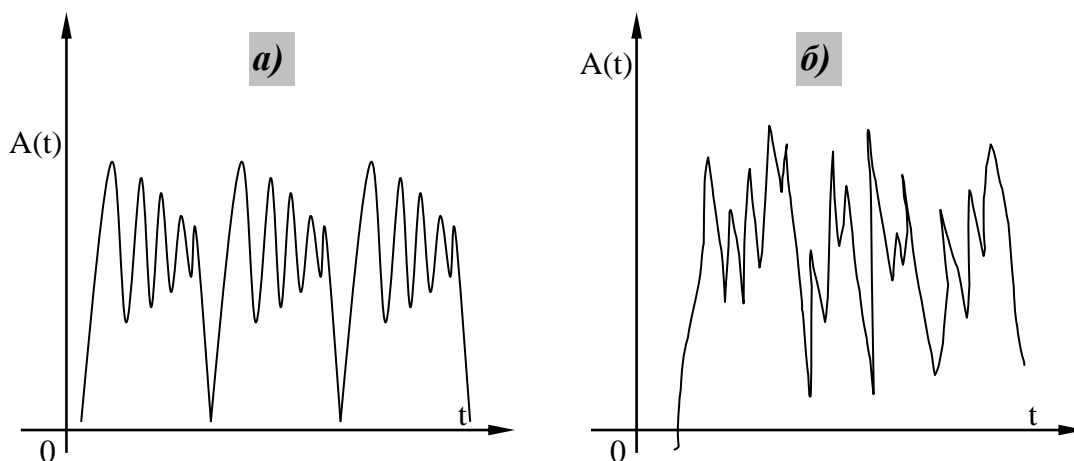
Ако се у носећу структуру уводи динамичка сила, разликују се два стања система, и то:

- ✦ стабилно и
- ✦ нестабилно.

Ако се у носећу структуру уноси динамичка сила одређена као нека функција у времену, онда се примењује детерминистички приступ одређивања излаза и може се рећи да је стање носеће структуре стабилно, јер се могу предвидети решења за смањење утицаја истих динамичких сила. За разлику од претходног, стабилног, у нестабилном раду динамичка сила је случајног облика, тако да се излаз не може предвидети већ се излазне величине мере у конкретним условима и обрађују статистичким методама. И у првом и у другом случају излаз је амплитуда осциловања

дата у функцији од времена. На слици 5.7. дат је приказ временских функција осциловања носеће структуре за случај стабилног и нестабилног рада система.

У процесима обраде метала, а на основу досадашњих истраживања [13], може се рећи да увек постоје блага одступања излазних параметара одређених на основу детерминисаног улаза, јер је обрадни систем врло сложен и једном речју **није идеалан**. Одступања се одражавају на квалитет и тачност рада, тако да се може дозволити одређена величина одступања.



*a) стабилни рад; б) нестабилни раду*

*Слика 5.7. Карактер промене осциловања носеће структуре*

### 5.5. Обликовање и димензионисање носеће структуре

Обликовање, избор материјала и димензионисање носеће структуре је по важности основно питање, а по сложености решавања је вишеструки проблем. Питање њеног напонског деформационог стања је најосетљивији и најважнији проблем. Сложеност проблема огледа се у томе што је носећа структура монолитно компактно тело у коме се димензије и конфигурације мењају оштро, што захтева прецизну израду модела носеће структуре.

Коначно обликовање и димензионисање носеће структуре, спроводи се на основу идентификације напонског и деформационог стања при максимално дозвољеном оптерећењу. Методе идентификације напонско – деформационог стања су следеће:

- ✓ теоријске методе, које базирају на постављању упрошћених механичко – математичких модела и на основу њих прорачуна напонско – деформационо стање у карактеристичним тачкама или пресецима,
- ✓ теоријско – експерименталне методе, које базирају на комбиновању теоријских метода са лабораторијским испитивањима простих и поједностављених модела и
- ✓ експерименталне методе, које се заснивају на испитивању реално остварене носеће структуре.

Испитивања у оквиру ових метода могу се извршити на неколико начина, и то:

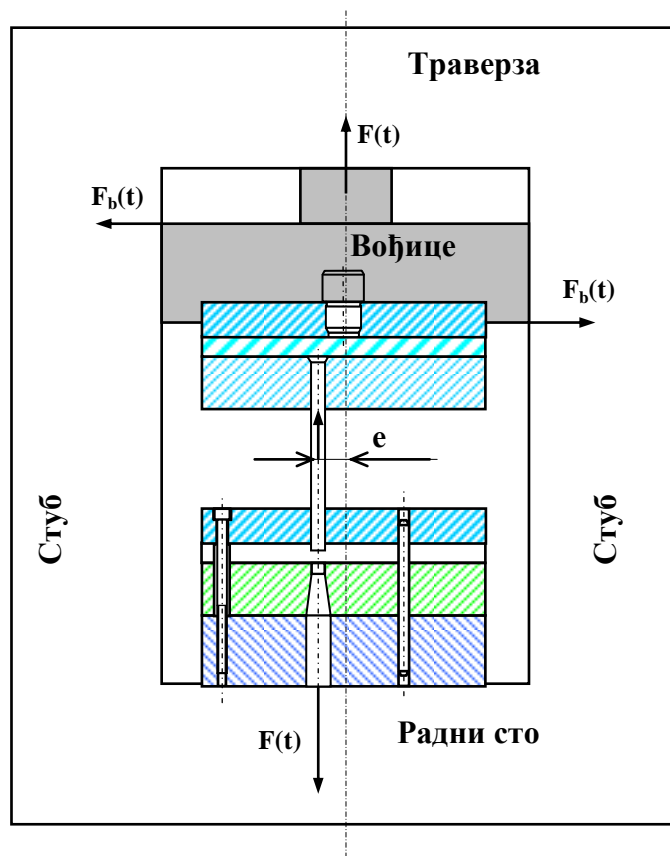
- A. израда теоријског модела носеће структуре, са дефинисањем свих улазних параметара (величина силе оптерећења, места оптерећења, димензије носеће структуре, материјала носеће структуре, врсте оптерећења која може бити статичка или динамичка), а након тога уз помоћ математичких оператора и закона механике треба пронаћи излазне величине, и то у зависности од интересовања могу бити амплитуде осциловања обрадног система (померања појединих делова носеће структуре) или оптерећења у појединим тачкама или пресецима носеће структуре.
- B. израда смањеног модела носеће структуре (симплифицирани модел) и на њему изврше испитивања; модел би био конструисан по методи сличности а када се изврше испитивања добијени резултати морају се методом сличности искористити за носеће структуре реалних величина; на овај начин губи се један део тачности јер је то ипак метода сличности; метода је нешто јефтинија и даје довољно добре резултате за предвиђање понашања носећих структура.
- C. израда реалних носећих структура без осталих елемената машине и испитивање као такве даје прецизне податке на излазу о самој носећој структури и овакав начин се користи за простије облике носећих структура или сложене облике носећих структура на које остали делови машине немају битан утицај,
- D. да се већ постојећа машина, као склоп, подвргне испитивању, тј. да се прати промена карактеристичних величина на лицу места. Ова метода је најпрецизнија, најскупља и врло честа у случајевима када треба решити постојећи проблем (недостатак) носеће структуре у циљу будућег конструисања, модификације или извођења конструкције носеће структуре.

### **5.7. Моделирање носећих структура**

Моделирање носећих структура је врло сложена операција. Моделирање зависи од бројних фактора, али се само моделирање не може започети ако не знамо следеће:

- врсту машине (за обраду деформисањем, резањем и сл.),
- врсту оптерећења (статичко, динамичко, стохастичко)
- врсту материјала за извођење конструкције и др.

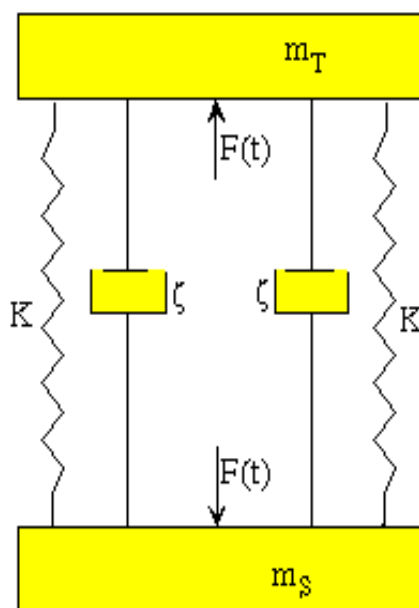
Динамички модел, затворене носеће структуре, било да је једноделна или вишеделна, код машина за обраду деформисањем, а за примену аналитичких метода прорачуна може се приказати као на слици 5.8.



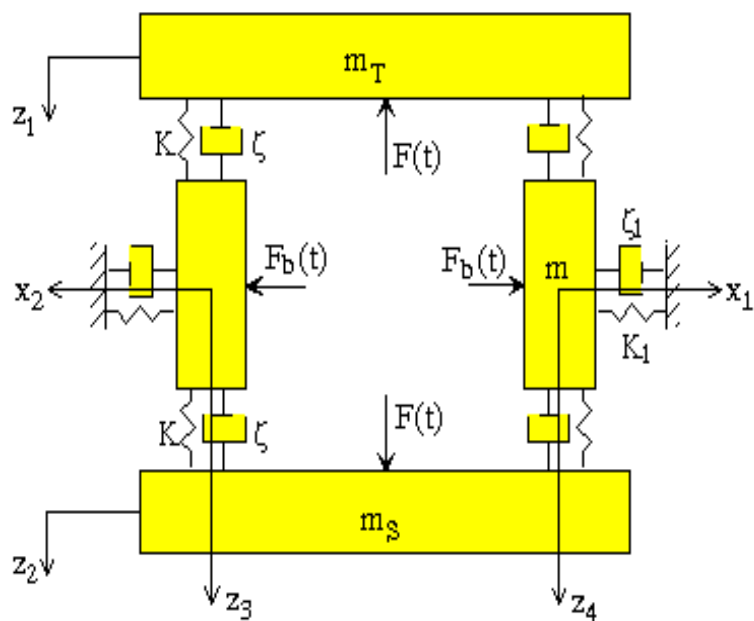
Слика 5.8. Распоред сила код машина за обраду деформисањем

На слици 5.9. под **а** је модел код ког је извршено свођење носеће структуре на две масе  $m_t$  и  $m_s$  [7,8,17,27,28], међусобно повезане еластичном пригушеном везом, а на које дејствује динамичко оптерећење  $F(t)$  и које се примењује у случајевима када је вођење извршног дела машине у траверзи.

На слици 5.9. под **б** је модел код кога је извршено свођење носеће структуре на четири масе  $m_t$ ,  $m_s$  и две масе  $m$ , међусобно повезане еластично пригушним везама, а оптерећене динамичким оптерећењима  $F(t)$  и  $F_b(t)$  и који се примењује у случајевима да су вођице у стубовима носеће сруктуре.



а) модел са вођицама у траверзи

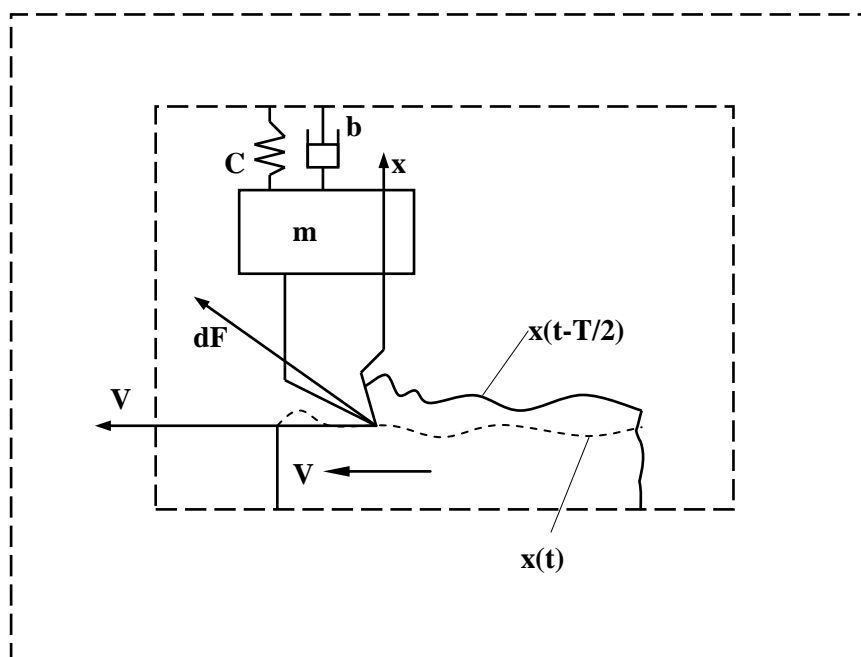


б) модел са вођицама на стубовима

Слика 5.9. Теоријски динамички модели носеће структуре машина за обраду деформисањем

Код машина за обраду резањем проблем постављања теоријског модела носеће структуре дефинише се на сличан начин /22/. Разлика, у односу на носеће структуре машина за обраду деформисањем, је у томе што се отпори обраде резањем на носећу структуру преносе преко алата, како је приказано на слици 5.10.





Слика 5.10. Теоријски динамички модел носеће структуре машина за обраду резањем

Поред ових динамичких модела могу се поставити и модели за нумеричке методе прорачуна. Ови модели биће дати у посебном поглављу са програмом за прорачун истих.

### 5.9. Материјали носећих структура

Основни материјали за израду носеће структуре машина за обраду деформисањем јесу челици (челични лимови и профили), челични лив, ливено гвожђе и нодуларни лив [2]. Сви они имају својих предности и мана један у односу на друге, али се може рећи да су такве конструкције прилично скупе и имају ограничење у погледу димензија које се могу извести.

У циљу појевљења израде, као и повећања габарита предвиђена је употреба композитног материјала (када се ради о композиту гвожђе-бетон).

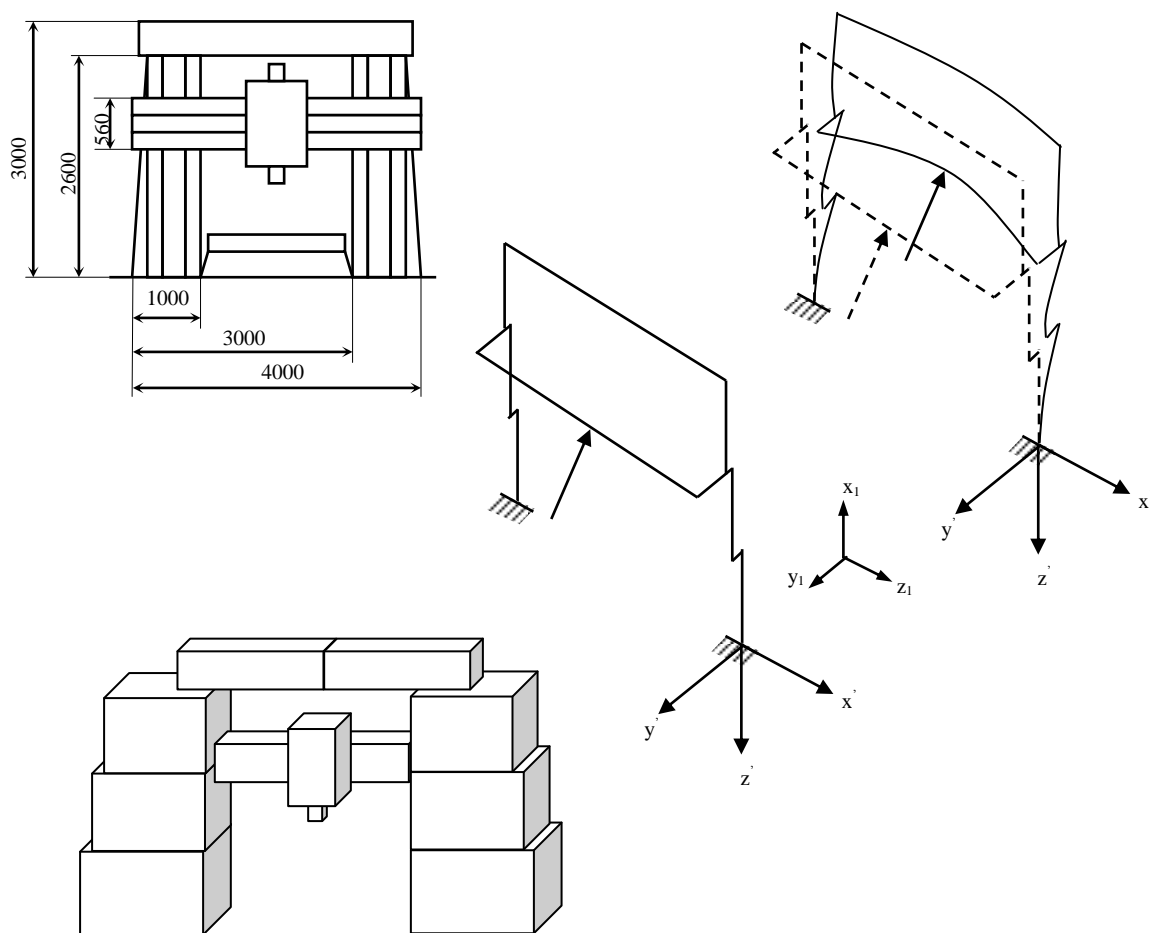
Магистарски рад под насловом: "КОМПАРАТИВНЕ СТАТИЧКО-ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ ПРЕСА ОД ВЛАКНАСТОГ, ЛАМЕЛАСТОГ И ДИСПЕРЗНО ОЈАЧАНОГ КОМПОЗИТА", указао је на могућност примене композитног материјала гвожђе-бетон за израду носећих структура оптерећених статичким оптерећењима.

Очекује се могућност примене овог композитног материјала и за динамички оптерећене носеће структуре, уз правилан избор димензија и концепцијско - конструкцијско решење саме носеће структуре.

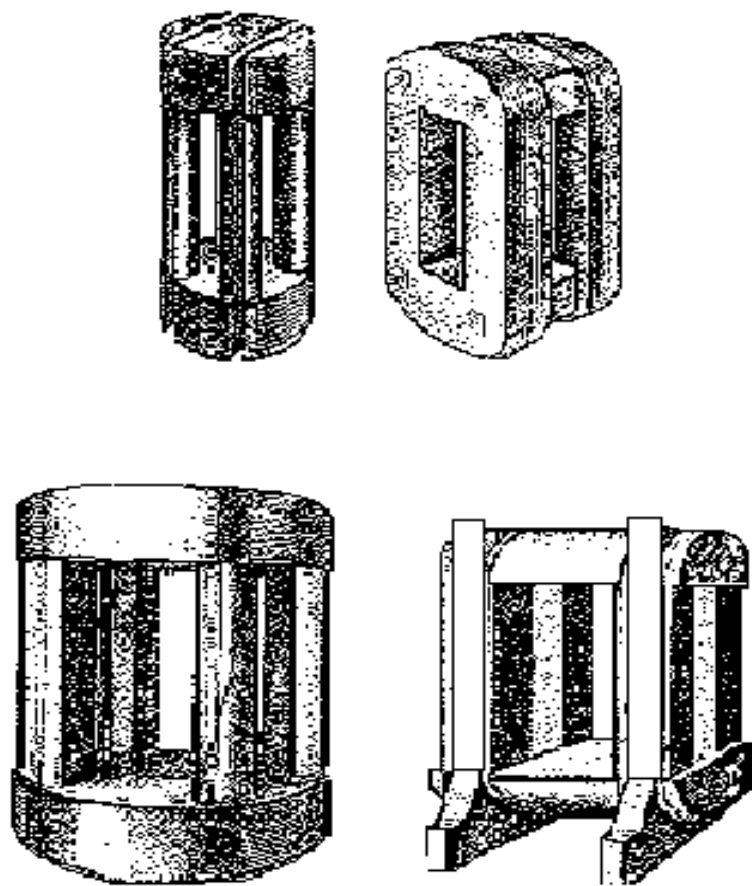
### 5.10.Примери изведених носећих структура

До сада се могло наићи на доста примера конструкција носећих структура, и неке од тих варијанти приказане су на слици 5.11 /15,16,22,28/. Ту су приказани вишedelни модели са претходним притезањем помоћу вијака и уз помоћ жице.

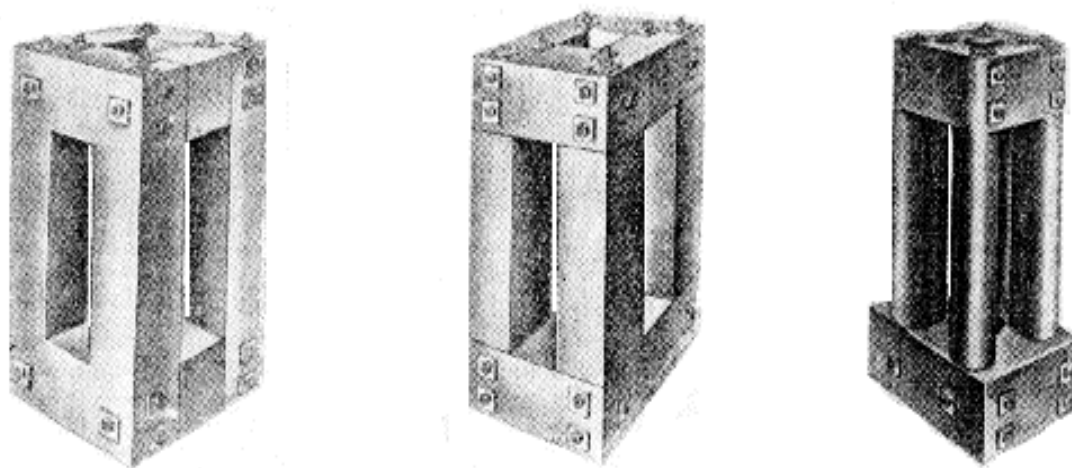
Углавном су ове варијанте коришћене за приказ величине носеће структуре, а самим тим и величину машине, односно димензије предмета обраде, у односу на класичне машине са носећом структуром од челика.



a) модел порталне глодалице



*б) вишестубни модели великих габарита*



*в) вишестубни модели преднапрегнути вијцима*

*Слика 5.11. Приказ могућих варијанти извођења конструкције носеће структуре*

## 6. ДИНАМИЧКИ ПРОРАЧУН

Машине за обраду материјала, тј. носеће структуре истих изложене су сложеном напрезању, и под дејством тих напрезања сложено је напонско и деформационо стање у њима. Пошто се тражи да то стање буде у границама еластичности то су и ограничења и тешкоће у конструисању и извођењу, носећих структура машина за обраду деформисањем, веома велика.

Један од проблема је и проблем осциловања обрадног система који може изазвати низ непожељних ефеката у раду машине, и то су:

- оштећења елемената система,
- превремено затупљење алата,
- нетачност рада система и
- смањење квалитета предмета рада.

Истраживања и испитивања /7,8,27,28/ ових машина указују на то да постоји велики број фактора који утичу на понашање обрадног система, али је као закључак изведено то да понашање обрадног система, као целине, највише зависи од динамичког стања носеће структуре. Сви остали елементи машине везани су за носећу структуру и осцилују заједно с њом, што доводи до:

- појаве инерцијалних сила, које се не могу занемарити и
- промена међусобног положаја делова алата, у функцији времена, што директно утиче на исправност функционисања са свим нежељеним последицама.

Под динамичком крутошћу једне машине подразумева се њена стабилност према осциловању при дејству периодично променљивих сила.

Аналогно дефиницији статичке крутости у виду односа статичке силе  $F_S$  и одговарајуће деформације  $u_S$ :

$$c = F_S / u_S$$

динамичка крутост се може дефинисати односом динамичке силе, чија је амплитуда  $F_D$  и њој одговарајуће деформације  $u_D$ , тј.

$$c_D = F_D / u_D$$

Ако је динамичка сила  $F_D$ , која дејствује на неки посматрани систем, изазвала деформацију  $u_D$ , онда ће нека статичка сила  $F_S$  чији је интензитет једнак амплитуди динамичке силе  $F_D$ , на том истом посматраном систему изазвати неку другу деформацију  $u_S < u_D$ . Однос ових деформација обележиће се са  $Y$  и тада је

$$Y = u_D / u_S$$

На овај начин може се наћи и веза између статичке и динамичке крутости за  $F_S = F_D$  и тада је

$$Y = c / c_D$$

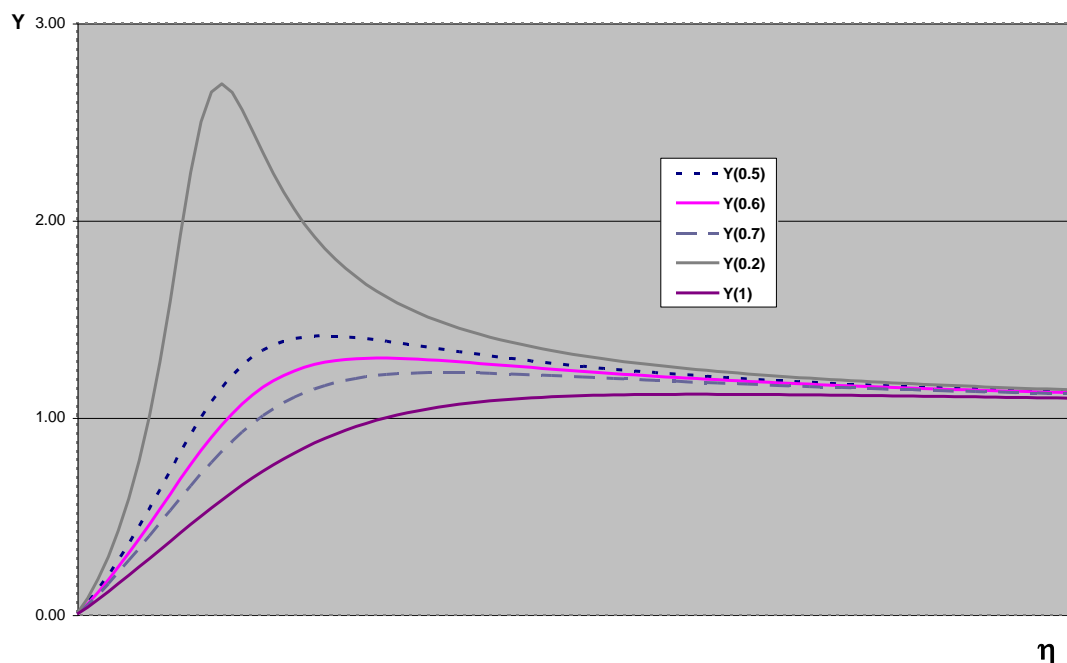
---

Ако је амплитуда побудне силе независна од фреквенције изазваних осцилација  $\omega$ , што одговара случају самоизазваних осцилација, за разлику од случаја када је побудна сила изазвана неуравнотеженошћу обртних делова и као таква зависна од фреквенције, однос  $Y$ , који се зове и **фактор увећања**, може се, као што је познато, наћи на основу једначине

$$Y = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta)^2 + (2k\eta)^2}}$$

где је:  $\eta = \omega / \omega_0$  - однос фреквенције изазваних осцилација носеће структуре према  $\omega_0$  - сопственој фреквенцији носеће структуре,  
 $k$  - фактор пригушивања.

На слици 6.1. која приказује зависност  $Y=f(\eta)$ , види се да динамичка крутост ( $c_D$ ) постиже своју најмању вредност при максималној вредности  $Y$ , за вредност  $\eta = 1$ , тј. за  $\omega = \omega_0$ . Овај случај представља случај резонанце. Познавање услова резонанце је од великог практичног значаја у циљу предузимања мера за избегавање тога режима. При резонанци а при малим вредностима фактора пригушивања (нпр. при  $k < 0.1$ ), фактор увећања достиже свој максимум при  $\eta = 1$  и тада се фреквенција изазваних осцилација поклапа са сопственом фреквенцијом.



Слика 6.1. Зависност  $Y = f(\eta)$

Према претходним једначинама, у тренутку резонанце ( $\eta=1$ ), фактор увећања  $Y$  добија вредност

$$Y = \frac{1}{2k}$$

Строго узев, само ће у случају непригушених осцилација резонантна фреквенција бити једнака фреквенцији која одговара максималној амплитуди осциловања и у том случају амплитуда би постала бесконачно велика; ово произилази из претходне једначине за  $k=0$ . У стварности, међутим, увек постоји пригушивање са чијим порастом се максимум фактора увећања а тиме и максимум амплитуде осциловања помера ка мањим вредностима односа  $\eta$ .

На основу овога види се да се висока динамичка крутост, тј. мала вредност односа статичке према динамичкој крутости постиже ако је фреквенција изазваних осцилација изнад или испод сопствене фреквенције и ако је фактор пригушивања већи.

Према слици 6.1. види се да са увећањем сопствене фреквенције  $\omega_0$ , тј. при смањењу  $\eta$ , фактор увећања  $Y$  се приближава јединици, што значи да се динамичка крутост приближава статичкој, односно да динамичка крутост постаје велика.

Пошто је сопствена фреквенција сразмерна  $\sqrt{c/m}$ , то значи да сопствена фреквенција расте са повећањем статичке крутости  $c$  и са смањењем масе  $m$ . То указује на конструктивну могућност повећања динамичке крутости применом конструкција велике статичке крутости.

Динамичко деловање сила код машина може бити:

- стационарно, изазвано временски постојаним оптерећењем,
- прелазно (од прелазних процеса) и
- случајно,

За динамичку идентификацију носеће структуре користе се две главне групе рачунских метода које су одређене обликом спољних сила. Ако је облик динамичке силе унапред одређен као детерминисана функција у времену, онда се користи детерминистичка метода. С друге стране, ако су спољне силе случајног облика, користи се статистичка метода. У ова два случаја користе се и два различита математичка приступа. У општем случају, идентификација динамичких система, врши се преко диференцијалних једначина, прелазних функција, преносних функција и амплитудно - фазних карактеристика.

Код детерминистичког концепта структурисање носећих елемената као и целе машине врши се концентрисаним масама. Због тога се често ова метода зове и метода "концентрисаних маса". Континуално распоређене масе носеће структуре су замењене концентрисаним масама тако да укупна маса система остане непромењена и да се центар масе не помера. Динамичка идентификација носеће структуре даје сопствене учестаности и облике осциловања система.

Анализа динамике обраде материјала показује да се у општем случају одигравају случајни процеси. Због тога се за идентификацију динамике носеће структуре треба применити статистички концепт. Примена статистичког концепта користи развијене теоријске поставке вероватноће и статистике. Записом случајне појаве у одређеном временском и интервалу, назива се случајна функција узрока  $h(t)$ . Група функција узорака у случајном процесу чини скуп функција  $h(t)$  које дефинишу стохастички процес.

Идентификација динамике носеће структуре обухвата повезивање улаза (побудне силе) и излаза (одговора - амплитуде осциловања) система. Повезујући их добијамо корелационе функције и одговарајуће спектре снаге, а оне дају преносну функцију као карактеристику динамике носеће структуре.

Са аспекта динамичке анализе машине најинтересантнији су утицаји основне две врсте оптерећења и то: принудних и самопобудних.

Принудне осцилације се изазивају поремећајним силама пренешеним од околине преко фундамента на машину, као и неуравнотеженим ротирајућим елементима и грешкама израде елемената и механизма.

Самопобудне осцилације се изазивају специфичношћу самог система и карактеристикама процеса обраде и трења. Континуалност самопобудних осцилација се обезбеђује спољашњим стабилним извором енергије за остваривање обрадног процеса.

У овом раду биће обрађен случај оптерећења носеће структуре машине стационарним (временски одређеним) оптерећењем и самим тим посматране самопобудне осцилације.

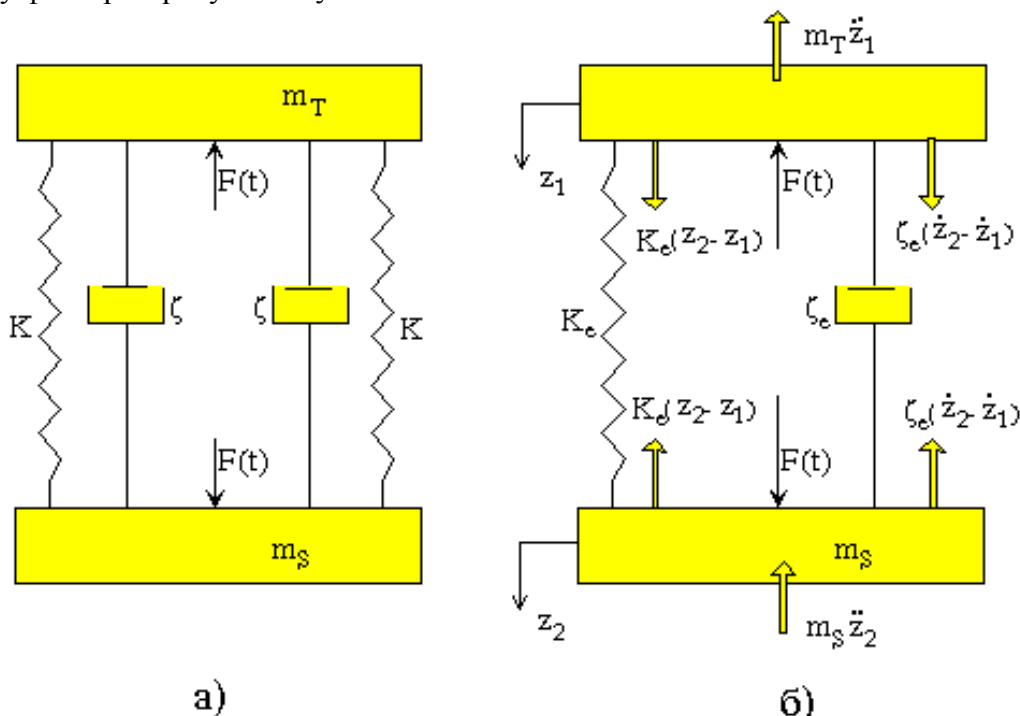
Такође, због детерминистичке природе оптерећења примениће се детерминистички концепт прорачуна модела носеће структуре.

Зависно од концепцијско - конструктивног решења носеће структуре, у овом случају затвореног типа, развијени су многи динамички модели, који се могу свести на два основна типа, приказана на слици 6.2 и 6.3.

# Модел 1

Модел 1. (сл. 6.2.а) примењује се у случајевима када је вођица извршног дела машине у траверзи /28/. У овом случају нема контакта вођица са стубовима односно преноса радног оптерећења са вођица на стубове. Овакав модел узима се и када је крутост радног стола и траверзе значајно већа од крутости стубова, а добијен је на основу следећих упрошћења:

- траверза са припадајућим елементима машине је замењена масом  $m_T$ ,
- радни сто са припадајућим елементима је замењен масом  $m_S$  и
- стубови носеће структуре замењени опругама крутости  $K$  и пригушивачима чији су фактори пригушења  $\zeta$ .



Слика 6.2, Динамички модел затворене носеће структуре

Како је веза пригушивача и опруга паралелна, то се модел 1. може заменити еквивалентним осцилаторним моделом са два степена слободне кретања, при чему су:

- еквивалентна крутост опруге на слици 6.2.б, која је одређена са

$$K_e = 2K \quad / 6.1 /$$

- еквивалентни фактор пригушења, дефинисан изразом

$$\zeta_e = 2\zeta \quad / 6.2 /$$

На динамички модел, у овом случају, дејствују следеће силе :



- принудна сила

$$F(t) = \frac{F_n}{t_{ob}} t = \frac{F_n}{t_{ob}} \left[ \pi - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega t}{n} \right] \quad / 6.3 /$$

где је  $\Omega$  - кружна фреквенција принудне силе.

- сила пригушења, односно отпорне силе

$$F_{\zeta 1} = \zeta_e \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_1 \right) \quad / 6.4 /$$

$$F_{\zeta 2} = -\zeta_e \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_1 \right)$$

- силе еластичности опруге

$$F_{e1} = K_e (z_2 - z_1) \quad / 6.5 /$$

$$F_{e2} = -K_e (z_2 - z_1)$$

- инерцијалне силе

$$F_{i1} = -m_T \cdot \ddot{z}_1 \quad / 6.6 /$$

$$F_{i2} = -m_S \cdot \ddot{z}_2$$

Диференцијалне једначине кретања у овом случају гласе:

$$m_T \cdot \ddot{z}_1 - \zeta_e \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_1 \right) - K_e (z_2 - z_1) = -F(t) \quad / 6.7 /$$

$$m_S \cdot \ddot{z}_2 + \zeta_e \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_1 \right) + K_e (z_2 - z_1) = F(t)$$

Сабирањем диференцијалних једначина / 6.7 / добијају се:

$$\ddot{z}_1 = -\frac{m_S}{m_T} \ddot{z}_2$$

$$\dot{z}_1 = -\frac{m_S}{m_T} \dot{z}_2 \quad / 6.8 /$$

$$z_1 = -\frac{m_S}{m_T} z_2$$

Заменом добијених веза у диференцијалне једначине кретања, и уз увођење параметара

$$f_{m\kappa 1} = 1 + \frac{m_S}{m_T} \quad / 6.9 /$$

$$f_{m\kappa 2} = 1 + \frac{m_T}{m_S}$$

добија се систем једначина

$$m_S \cdot \ddot{z}_2 - \zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot \dot{z}_2 - K_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot z_2 = F(t) \quad / 6.10 /$$

$$m_T \cdot \ddot{z}_1 - \zeta_e \cdot f_{m\kappa 2} \cdot \dot{z}_1 - K_e \cdot f_{m\kappa 2} \cdot z_1 = -F(t)$$

Претпостављајући партикуларна решења система диференцијалних једначина другог реда у облику

$$z_{1p} = C_{01} + \sum_{n=1}^{\infty} (C_{n1} \cdot \sin n\Omega t + D_{n1} \cdot \cos n\Omega t) \quad / 6.11 /$$

$$z_{2p} = C_{02} + \sum_{n=1}^{\infty} (C_{n2} \cdot \sin n\Omega t + D_{n2} \cdot \cos n\Omega t)$$

и њиховим двоструким диференцирањем, као и одговарајућим заменама добија се вредност константе

$$C_{02} = -\frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{m\kappa 1}} \quad / 6.12 /$$

па се добија систем алгебарских нехомогених једначина

$$(K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2) \cdot C_{n2} - \zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega \cdot D_{n2} = -\frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \quad / 6.13 /$$

$$\zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega \cdot C_{n2} + (K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2) \cdot D_{n2} = 0$$

Постављањем детерминанте система и његовим решавањем добијају се амplitude осциловања

$$C_{n2} = -\frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{(K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 1}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2} \quad / 6.14 /$$

$$D_{n2} = -\frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{\zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega}{(K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 1}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}$$

Увођењем смене

$$C_{n2} = N_2 \sin \Theta_2 \quad / 6.15 /$$

$$D_{n2} = N_2 \cos \Theta_2$$

добија се **закон померања радног стола**

$$z_2 = \frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{m\kappa 1}} + \sum_{n=1}^{\infty} N_2 \cos(n\Omega t - \Theta_2) \quad / 6.16 /$$

где су амплитуда  $N_2$  и фазни угао  $\Theta_2$  одређени једначинама

$$N_2 = \frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 1}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}} \quad / 6.17 /$$

$$\Theta_2 = -\arctg \frac{K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_S \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{\zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega}$$

Аналогним поступком добија се вредност константе

$$C_{01} = -\frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{m\kappa 2}} \quad / 6.18 /$$

и систем алгебарских једначина

$$(K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2) \cdot C_{n1} - \zeta_e \cdot f_{m\kappa 2} \cdot n \cdot \Omega \cdot D_{n1} = \frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \quad / 6.19 /$$

$$\zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega \cdot C_{n1} + (K_e \cdot f_{m\kappa 1} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2) \cdot D_{n1} = 0$$

односно **амплитуде осциловања**

$$C_{n1} = -\frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{(K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 2}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2} \quad / 6.20 /$$

$$D_{n1} = -\frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{\zeta_e \cdot f_{m\kappa 1} \cdot n \cdot \Omega}{\left(K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2\right)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 2}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}$$

Увођењем смене

$$C_{n1} = N_1 \sin \Theta_1 \quad / 6.21 /$$

$$D_{n1} = N_1 \cos \Theta_1$$

добија се **закон померања траверзе**

$$z_1 = \frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{m\kappa 2}} + \sum_{n=1}^{\infty} N_1 \cos(n\Omega t - \Theta_1) \quad / 6.22 /$$

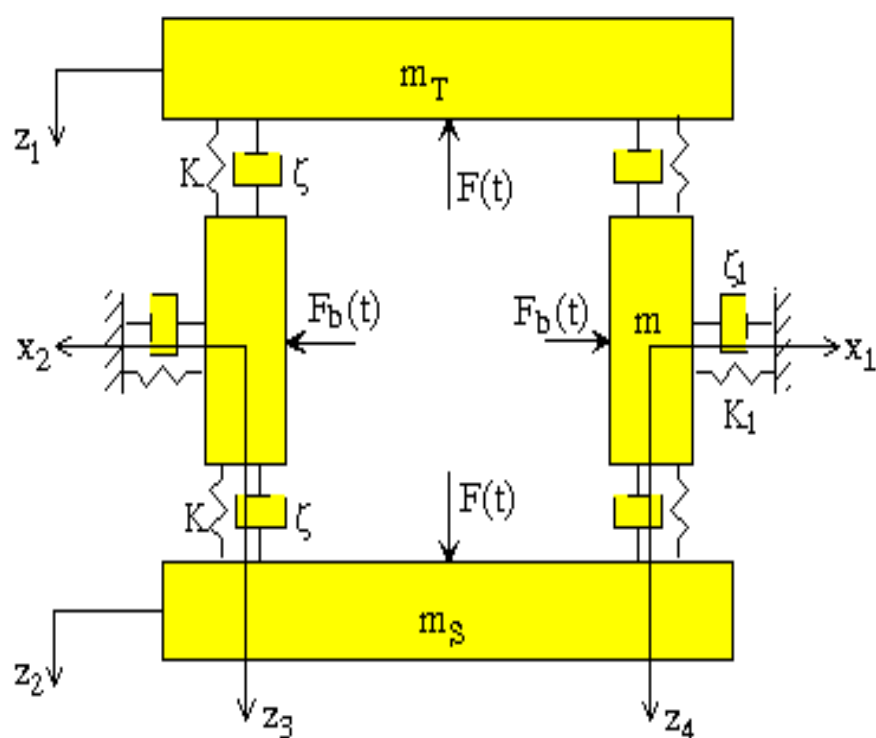
где су амплитуда  $N_1$  и фазни угао  $\Theta_1$  одређени једначинама

$$N_1 = \frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2\right)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 2}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}} \quad / 6.23 /$$

$$\Theta_1 = -\arctg \frac{K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{\zeta_e \cdot f_{m\kappa 2} \cdot n \cdot \Omega}$$

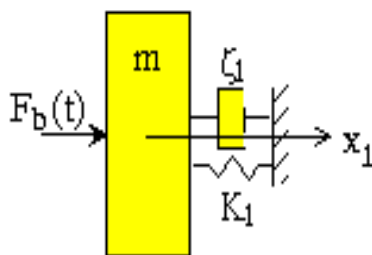
# Модел 2

Модел 2., приказан на слици 6.3., примењује се у случајевима када су вођице извршног дела машине саставни део носеће структуре /28/, односно када су на стубовима постављене вођице. Формиран је аналогним упрошћењима извршеним при формирању модела 1., само су стубови носеће структуре замењени масама ( $m$ ), јер постоје бочне силе  $F_b(t)$ . Ове бочне силе су у функционалној зависности од закона промене деформационе силе  $F(t)$ , тј. директно су му сразмерне.



Слика 6.3, Динамички модел 2. затворене носеће структуре

Како се осциловање стубова носеће структуре у хоризонталном, односно  $x$  - правцу директно одражава на промену процепа у вођицама извршног дела машине, а то значи на услове вођења, а с обзиром на осетљивост овог питања, осциловање стубова у хоризонталном правцу је од далеко већег значаја него осциловање траверзе и радног стола у вертикалном, односно  $z$  - правцу, пошто се вертикалне осцилације радног стола и траверзе негативно одражавају на висински положај радних делова алата, због симетрије затворених носећих структура, а то је далеко мањи проблем од проблема када се појављује закошење једног радног дела алата у односу на други.



Слика 6.4, Део стуба носеће структуре модела 2.

За постављени модел систем диференцијалних једначина кретања гласи

$$m_T \cdot \ddot{z}_1 - K(z_3 - z_1) - K(z_4 - z_1) - \zeta \left( \dot{z}_3 - \dot{z}_1 \right) - \zeta \left( \dot{z}_4 - \dot{z}_1 \right) = -F(t)$$

$$m_S \cdot \ddot{z}_2 - K(z_2 - z_3) - K(z_2 - z_4) + \zeta \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_3 \right) + \zeta \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_4 \right) = F(t)$$

$$m \cdot \ddot{z}_3 + K(z_3 - z_1) - K(z_2 - z_3) + \zeta \left( \dot{z}_3 - \dot{z}_1 \right) - \zeta \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_3 \right) = 0 \quad / 6.24 /$$

$$m \cdot \ddot{z}_4 + K(z_4 - z_1) - K(z_2 - z_4) + \zeta \left( \dot{z}_4 - \dot{z}_1 \right) - \zeta \left( \dot{z}_2 - \dot{z}_4 \right) = 0$$

$$m \cdot \ddot{x}_1 + K \cdot x_1 + \zeta_1 \cdot \dot{x}_1 = F_b(t)$$

$$m \cdot \ddot{x}_2 + K \cdot x_2 + \zeta_1 \cdot \dot{x}_2 = F_b(t)$$

За анализу је издвојен сегмент модел приказан на слици 6.3, а решења задње две једначине система /6.24/ одређују промену процепа у вођицама извршног дела.

Због симетрије, полази се од диференцијалне једначине кретања

$$m \cdot \ddot{x}_1 + K \cdot x_1 + \zeta_1 \cdot \dot{x}_1 = F_b(t) \quad / 6.25 /$$

јер све што важи за ову једначину (десни стуб носеће структуре) важи и за другу једначину

$$m \cdot \ddot{x}_2 + K \cdot x_2 + \zeta_1 \cdot \dot{x}_2 = F_b(t) \quad / 6.26 /$$

Уведе ли се смена

$$\omega_1^2 = \frac{K}{m} \quad / 6.27 /$$

$$2\delta_1 = \frac{\zeta_1}{m}$$

где су  $\omega_1$  - кружна фреквенција сопствених слободних осцилација и

$\delta_1$  - коефицијент пригушења за одговарајућу масу,

и ако је сила дефинисана првим меродавним законом оптерећења /6.25/, а која се може изразити развијањем у Фуријеов ред, закон промене бочне силе гласи

$$F_b(t) = f_p \frac{F_n}{t_{ob}} t = f_p \frac{F_n}{t_{ob}} \left( \frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega t}{n\pi} \right) \quad / 6.28 /$$

где је  $f_p$  - параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре.

Тада се једначина /6.25/ може написати у облику

$$m \cdot \ddot{x}_1 + 2 \cdot \delta_1 \cdot \dot{x}_1 + \omega_1 \cdot x_1 = f_p \frac{F_n}{m \cdot t_{ob}} t = f_p \frac{F_n}{t_{ob}} \left( \frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega t}{n\pi} \right) \quad / 6.29 /$$

Претпостављајући партикуларно решење диференцијалне једначине у облику

$$x_{1p} = C_{01} + \sum_{n=1}^{\infty} (C_{n1} \cdot \sin n\Omega t + D_{n1} \cdot \cos n\Omega t) \quad / 6.30 /$$

и његовим диференцирањем и уношењем у једначину /6.29/, те изједначавањем коефицијената уз слободне чланове, добија се једначина

$$(\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2) C_{n1} - 2 \cdot \delta_1 \cdot n \cdot \Omega \cdot D_{n1} = - \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot n \cdot \pi} \quad / 6.31 /$$

$$2 \cdot \delta_1 \cdot n \cdot \Omega \cdot C_{n1} + (\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2) \cdot D_{n1} = 0$$

Из детерминанте система добијају се **амплитуде осциловања**

$$C_{n1} = - \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot n \cdot \pi} \frac{\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2}{(\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2)^2 + 4 \cdot \delta_1^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2} \quad / 6.32 /$$

$$D_{n1} = - \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot n \cdot \pi} \frac{2 \cdot \delta_1 \cdot n \cdot \Omega}{(\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2)^2 + 4 \cdot \delta_1^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}$$

Увођењем смена /6.21/ добија се закон померања стуба носеће структуре у х - правцу, односно његовог осциловања

$$x_1 = \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot 2 \cdot \omega_1^2} + \sum_{n=1}^{\infty} N_1 \cos(n\Omega t - \Theta_1) \quad / 6.33 /$$

где су амплитуда  $N_1$  и фазни угао  $\Theta_1$  одређени једначинама

$$N_1 = \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot n \cdot \pi} \frac{1}{\sqrt{(\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2)^2 + 4 \cdot \delta_1^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}} \quad / 6.34 /$$

$$\Theta_1 = -\arctg \frac{\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2}{2 \cdot \delta_1 \cdot n \cdot \Omega}$$

Коначно за опадајуће осцилаторно кретање општи интеграл је облика

$$x_1 = e^{-\delta_1 t} \left[ A \cos(\sqrt{\omega_1^2 - \delta_1^2} \cdot t) + B \sin(\sqrt{\omega_1^2 - \delta_1^2} \cdot t) \right] + \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot 2 \cdot \omega_1^2} + \sum_{n=1}^{\infty} N_1 \cos(n\Omega t - \Theta_1)$$

где су А и В интеграционе константе до чијих се вредности долази по познатим поступцима техничке механике.

Изнете аналитичке методе прорачуна статичке и динамичке стабилности носећих структура машина за обраду деформисањем омогућују углавном квалитативно оцењивање утицајних фактора и успостављање одређених корелационих односа међу њима. Међутим, могућност оваквог оцењивања је од изузетне важности при конципирању концепцијско - конструктивног решења носеће структуре унапред одређених статичко - динамичких карактеристика.



## 7. ИДЕНТИФИКАЦИЈА УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ И ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ

На основу формула којима се изражавају померања делова конструкције носеће структуре машина, као и свих формула везаних за динамичко понашање носећих конструкција, може се видети да је приликом конструисања потребно узети у разматрање следеће параметре:

- ✓ састав и масу бетона
- ✓ модул еластичности основног материјала носеће конструкције
- ✓ модул еластичности арматуре
- ✓ проценат арматуре у основном материјалу
- ✓ модел носеће структуре
- ✓ вођење алата унутар носеће структуре
- ✓ ексцентричност дејства силе обраде
- ✓ димензије делова носеће структуре
- ✓ димензије вођица
- ✓ положај вођица
- ✓ силе преднапрезања
- ✓ димензије вијака за преднапрезање
- ✓ силу обраде  $F$
- ✓ време трајања силе обраде  $T_p$
- ✓ закон временске промене силе обраде  $F=F(t)$
- ✓ принудну фреквенцију
- ✓ фактор пригушења материјала носеће структуре  $\zeta$

### 7.1. Физичко - механичке особине бетона

#### 7.1.1. Структура бетона

Бетон као саставни део композитног материјала гвожђе - бетон у сваком конкретном случају треба да задовољи одређене и унапред прописане механичке карактеристике. Механичке карактеристике бетона зависне су од начина деловања спољних сила. Разликују се следеће механичке карактеристике:

- чврстоћа бетона, којом се материјал супроставља деловању спољних сила (притисак, затезање, савијање и др.)
- способност деформисања бетона од момента оптерећења па до момента његовог разарања.

Величине којима се дефинишу својства бетона, чврстоћа и деформације, зову се механичке карактеристике бетона.

Бетон је хетероген материјал. Хетерогеност се манифестује преко агрегата, уграђивања и очвршћавања бетона /1/.

Свежа бетонска маса, састављена од агрегата, цемента и воде, после уграђивања почиње да везује, временом стврдне и постане камен - монолит. Очвршћавање бетона је врло сложен и дуготрајан процес зависан од врсте и количине цемента, водоцементног фактора, тј. од количине воде у односу на цемент, температуре и влажности средине у којој бетон очвршћава. За потпуну хидратацију потребно је око 40% воде у односу на тежину цемента. За хемијско везивање потребна количина воде је око 25% од тежине цемента, док преосталих 15% је тзв. капиларна вода. Међутим, за уграђивање свеже бетонске масе даје се увек више воде - најмање за влажне бетоне, више за пластичне и највише за житке бетоне. У процесу отврдњавања бетона настају хемијске реакције. Највећи део продукта ове реакције прелази у колоидно стање, при чему се образује пихтијаста маса - гел, а мањи део продукта хемијске реакције одваја се у виду кристала. Кристализација прожима масу гела, срашћује међу собом и образује скелет очврсле цементне масе. Остатак слободне воде испарава у условима када се бетонска маса суши.

Са физичке стране гледишта маса није обично тврдо тело, него порозно са неједнородном структуром; то је маса у којој су заступљене једновремено тврда маса, житка (кристализована вода) и ваздушаста (поре са испареном слободном водом).

Кристализација која је праћена смањивањем запремине гела мења особине бетона са временом, што се одражава на чврстоћу и деформације бетона.

Механичке особине бетона, зависе од већег броја фактора и то су :

- активност везива и количина цемента,
- врсте агрегата, гранулометријски састав и водоцементни фактор,
- начин прављења, уграђивања и неговања бетона,
- старост бетона.

Утицај свих ових фактора проверен је великим бројем испитивања, па се за исправност испитивања сада зна критеријум за анализу сваког од побројаних фактора, и обично је то дато Законом, Стандардом или Правилником.

### 7.1.2. Чврстоћа бетона

Чврстоћа бетона ( $\beta_k$ ) при притиску дефинише се као просечан нормални напон нормног узорка изложеног притиску до лома у преси за испитивање, при датој старости, најчешће после 28 дана /1/. Нормни узорци су коцке, призме, цилиндри, па и бетонске гредице изложене савијању. Нормни узорци носе назив за стандардне димензије, прописани начин израде, неговања и испитивања.

Стандардна димензија бетонских коцки је **20x20x20cm**. Стране коцке треба да су паралелне. По дијагонали површине коцке одступања не могу бити већа од 1%. Да би се грешке у непаралелности страна избегле врши се брушење две супротне паралелне површине коцке пре него што се коцка стави у пресу за испитивање. Калупи за израду бетонских коцки, баш због строгих услова димензија и

---

паралелности површина, морају бити метални са глатким унутрашњим странама, без неравнина већих од 0.05mm.

Уграђивање бетона у челичне калупе врши се практично до потпуне збијености. Претходно се калуп премаже лојем или уљем да би се спречило лепљење бетона за калуп. Зависно од конзистенције свеже бетонске масе прописан је и начин уграђивања. Услови неговања су исто тако прописани.

Испитивање нормног узорка врши се у преси тако што се узорак ставља између две челичне плоче. Једна плоча је зглобно ослоњена. Неравнине бетона изложеног притиску и нехомогеност бетона узорка изазивају мању или већу ексцентричност. Са друге стране на контакту плоче и узорка јављају се тангенцијални напони услед чега се у неку руку узорак утеже.

Због свега овога, при испитивању узорака не добија се права вредност чврстоће при притиску, већ се добијају тзв. упоредне вредности чврстоће нормних узорака под одређеним условима.

На величину чврстоће утичу: облик и величина узорка, као и брзина оптерећивања узорка. Сматра се да зрна агрегата немају утицаја на величину чврстоће уколико је пречник максималног зрна агрегата три пута мањи од ивице коцке. Овај однос може бити и до два ако се узорак исече из масе бетона.

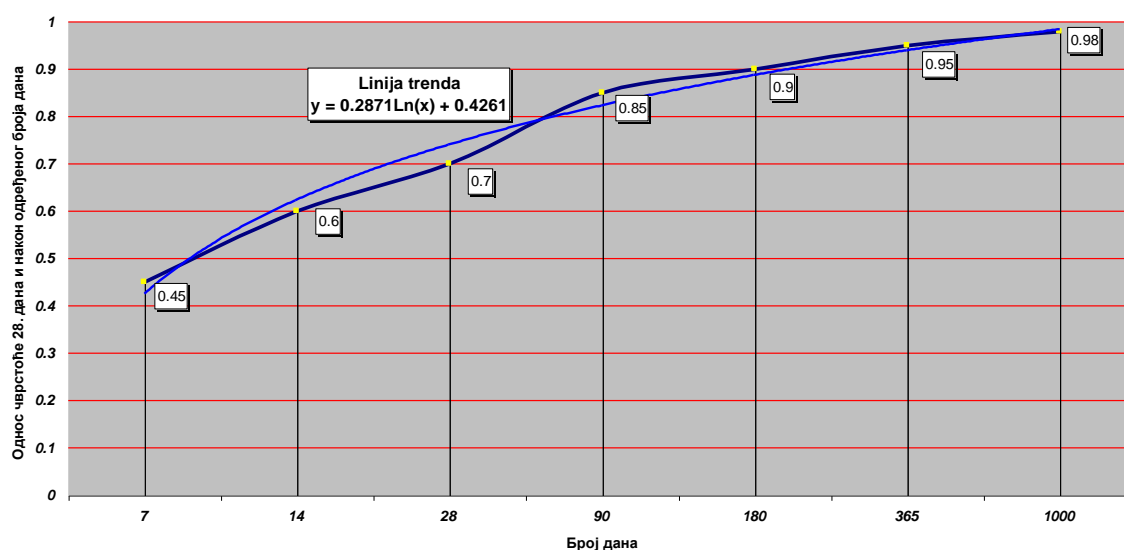
Реалније вредности чврстоћа добијају се на призмама или цилиндрима, с обзиром на мањи утицај контактеног трења између пресе и бетонског елемента. Исто тако чврстоћа се може одређивати и на огледним телима других димензија и облика али се онда користи само као орјентациони податак јер је нашим Правилником утврђен претходно наведени поступак испитивања.

Чврстоћа бетона зависна је и од старости. Условна чврстоћа одређена је на коцкама старости 28 дана. Уколико се располаже резултатима испитивања за узорке од 28 дана, а нема могућности за испитивање у датом тренутку постоји одређени однос између тих вредности, који је дат преко односа чврстоће 28. дана и чврстоће бетона одређене старости

$$\frac{\beta_k}{\beta_{k\infty}} < 1$$

На слици 7.1. дат је приказ утицаја старења бетона на чврстоћу бетона. Подаци на основу којих је добијена слика 7.1. дати су у [Прилогу 1](#). Види се да је Правилником одређена чврстоћа 28. дана само 70% од укупне чврстоће коју бетон може да достигне у свом старењу. То је с друге стране добро, јер се након свих прорачуна, а због већег века коришћења бетона у реалном животу, добијају боље карактеристике бетона. То је један врло добар степен сигурности у даљем раду, али то није нигде у даљем току истраживања узето у обзир.

На слици је дата и **линија тренда** односно статистичка формула понашања података у датом опсегу, тако да се може за тачно одређени број дана одредити чврстоћа бетона.



Слика 7.1. Зависност чврстоће бетона при притиску од старости бетона

Чврстоћа бетона при затезању ( $\beta_z$ ) је знатно мања од чврстоће бетона при притиску /1/. Однос ових чврстоћа креће се у границама од

$$\frac{\beta_z}{\beta_k} = \frac{1}{6} \div \frac{1}{19} \quad / 7.1 /$$

или још боље, рачунски се може узети да је :

$$\beta_z = 0.7 + \frac{\beta_k}{20} [MPa] \quad / 7.2 /$$

Повећање чврстоће на затезање постиже се добром збијеношћу свеже бетонске масе код уграђивања бетона. Исто то постиже се правилним избором гранулометријског састава агрегата - ситно млевени камени материјал и облик зрна да је храпавији. Количина цемента и избор врсте цемента са додацима порцулана повећавају чврстоћу при затезању, а самим тим и боље карактеристике у току динамичког оптерећења.

**Маса бетона**, такође, се мења променом састава агрегата /1/. Маса може да се креће у границама од  $1500 \text{ kg/m}^3$  до  $3500 \text{ kg/m}^3$ . На тежину бетона утиче врста камена, али се тежи бетон добија и додавањем металних опиљака. Овај параметар игра веома велику улогу на динамичко понашање носећих структура машина, што показују формуле за промену амплитуда осциловања траверзе 6.22 и стуба 6.33.

Постоји, као посебна карактеристика, и чврстоћа бетона при затезању од савијања, чврстоћа при чистом смицању, као и чврстоћа при локалном притиску /1/.

У конструкцији носеће структуре, како у процесу рада тако и у испитиваном моделу, појављује се затезање бетона услед савијања, тако да као граничну (употребну) чврстоћу бетона треба узети чврстоћу бетона при затезању од савијања.

Однос чврстоће бетона при затезању од савијања  $\beta_{zs}$  и чврстоће бетона при чистом затезању  $\beta_z$  зависи од висине елемента, и по пропису СЕВ-FIP78, то је:

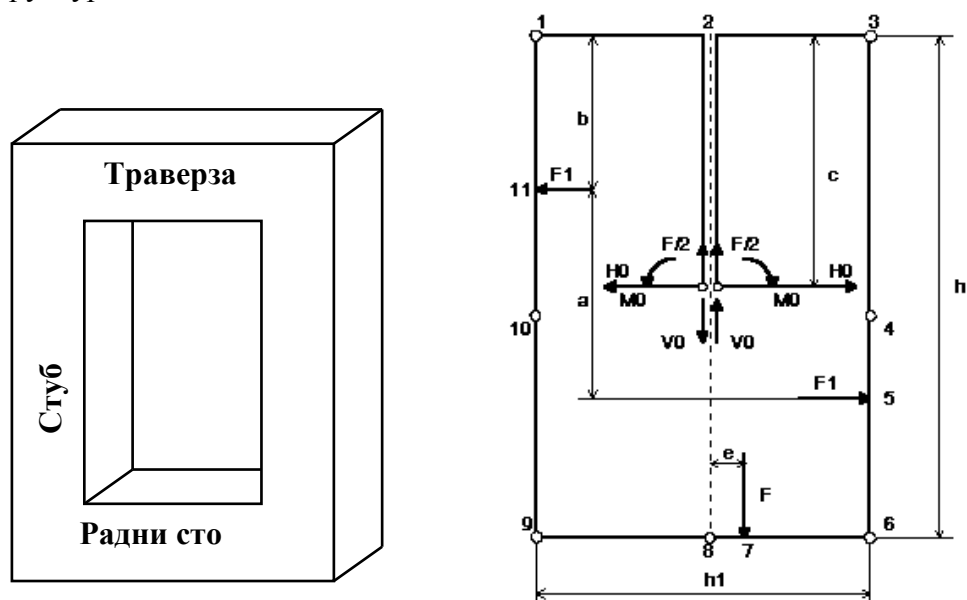
$$\frac{\beta_{zs}}{\beta_z} = 0.6 + \frac{0.4}{\sqrt[4]{d}}$$

где је  $d$  висина елемента који се испитује у [m].

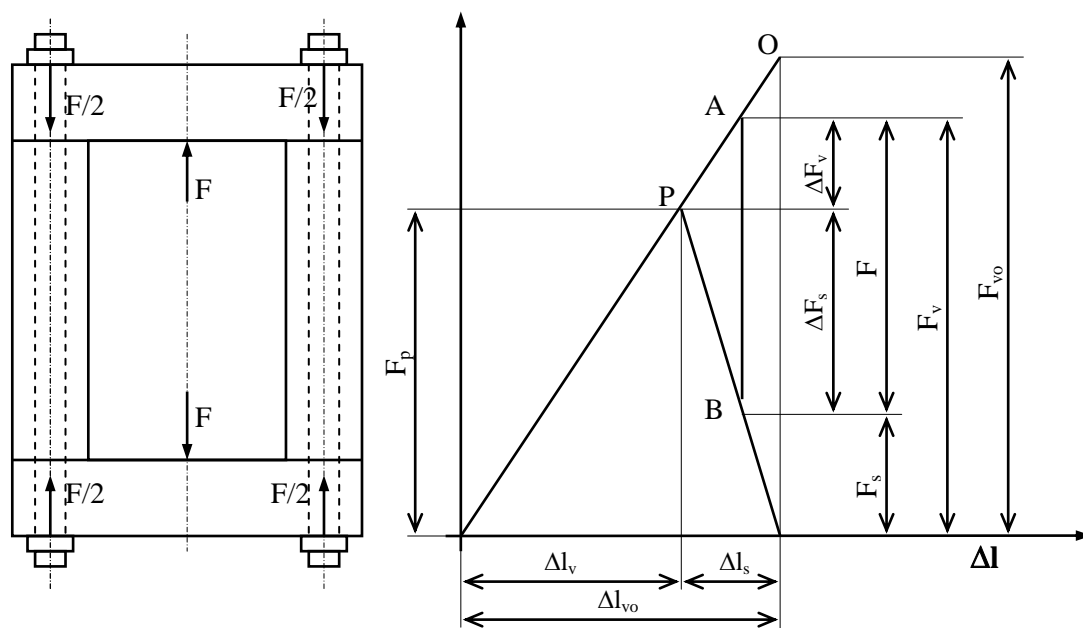
Пројектом условљена чврстоћа бетона на притисак, односно условна чврстоћа зове се марка бетона и означава са МВ и бројем који представља условну чврстоћу бетона на притисак. При пројектовању бетонских радова као и при њиховом извођењу прописује се и контролише квалитет бетона у производњи. Овај квалитет се одређује испитивањима нормних узорака у лабораторијским условима.

### 7.1.3. Израда носећих структура за испитивање

Израда носећих структура на којима су извршена статичка испитивања, тј. провера теоријских резултата, извршена је узевши све величине за једноделну конструкцију као на слици 7.2 и вишеделну конструкцију према слици 7.3 /36/. Склопни цртежи, са позицијама, материјалима и димензијама дати су у Прилогу А и Прилогу Б. На основу добијених података за статичко понашање конструкција постављене су полазне основе за проучавање динамичког понашања конструкција носеће структуре.



Слика 7.2. Модел затворене носеће структуре са приказом критичних тачака и величинама које утичу на понашање носеће структуре (a, b, e, h, h<sub>1</sub>...)



Слика 7.3. Модел вишеделне преднапрегнуте затворене носеће структуре са приказом промена сила у вијцима за преднапрезање

Аутоматску регулацију састава бетона по одређеном садржају са мешањем дала је фабрика бетона грађевинског предузећа ГРАДИНГ - Приштина. Уградња бетона са арматуром у одређене профиле извршена је такође у тој фирми, уз све потребне припреме и кроз све фазе израде једне армирано - бетонске конструкције, чија је неопходност наведена у оквиру карактеристика бетона, бетонских конструкција, арматуре и армирано бетонских конструкција.

У склопу експеримената рађених за испитивање статичко - динамичког понашања конкретне конструкције носеће структуре, извршено је испитивање на 3 узорка од масе бетона која је коришћена у изради модела конструкција носеће структуре машина за обраду деформисањем. Пошло се од марке бетона МВ 40, чији је састав следећи :

- 285 kg цемента РС 450,
- 105 lit. воде,
- 532 kg. фракције 1, чија је димензија од 0 - 4 mm,
- 134 kg. фракције 2, димензија 4 - 8 mm,
- 262 kg. фракције 3, димензија 8 - 16 mm и
- 399 kg. фракције 4, димензија 16 - 31.5 mm.

Ова количина одговара запремини од  $0.75 \text{ m}^3$ , која је нешто више од потребне количине за израду анализираних модела.

Испитивања су извршена на Грађевинско - архитектонском факултету у Приштини, на преси за испитивање бетонских тела типа "SEIDER 7940", Немачке производње. Резултати испитивања су дати у табели 7.1.

Табела 7.1. Резултати испитивања чврстоће бетона

Тежина коцки [kg]	Резултати испитивања сила $F_1, F_2, i F_3$ [kN]			Средња сила $F$ [kN]	Површина коцке $A$ [cm <sup>2</sup> ]	Чврстоћа $\beta_k = F / A$ [kN / cm <sup>2</sup> ]
18.7	1960	1660	1720	1780	400	4.45
						<b>45 [Мпа]</b>

#### 7.1.4. Модул деформације бетона

Бетон је *вискозоеластичнопластичан материјал* [1], што значи да се под оптерећењем деформише, и то еластично, пластично, вискоеластично и вископластично.

Деформације бетона се разликују у зависности од тога да ли је изложен напрезању на сабијање или истезање.

Деформационе карактеристике бетона зависе још и:

- ✓ од дужине трајања оптерећења,
- ✓ од цикличног понављања оптерећења,
- ✓ од температуре и влажности средине,
- ✓ од скупљања бетона,
- ✓ од облика и размере узорка и др.

Према карактеру оптерећења разликују се деформације од краткотрајних и деформације од дуготрајних оптерећења.

Под краткотрајним оптерећењем подразумева се оптерећење чије наношење односно дејство на бетонски елемент, траје релативно кратко време. Краткотрајна оптерећења могу бити поновљена, у случајевима када се бетонски елемент два или више пута излаже краткотрајним циклусима оптерећења и растерећења. Практично тренутним оптерећењима могу се сматрати оптерећења чије наношење до достизања максималног интензитета, траје мање од 2 минута [55].

Модул еластичности овде је замењен изразом модул деформације ( $E_b$ ), јер се иначе добија из укупне деформације.

Ако се не располаже вредностима модула еластичности коришћеног бетона, може се искористити израз за добијање почетног модула еластичности:

$$E_b = \frac{60000}{27 + \beta_{ks}} \beta_{ks} [MPa] \quad / 7.3 /$$

где је  $\beta_{ks}$  - средња вредност чврстоћа бетонских нормних коцки из којих се одређује квалитет бетона, а која се узима 15% већа од чврстоће добијене испитивањем.

На основу резултата испитивања за  $\beta_k$  добијено је

$$\beta_k \square \square = 45 [MPa]$$

$$\beta_{ks} = 1.15 \times 45 = 51.75 [MPa]$$

и на крају модул еластичности бетона

$$E_b = 3.9429 \times 10^7 \text{ [kN/m}^2\text{]} = 3.9429 \times 10^4 \text{ [MPa]} = 39429 \text{ [MPa]}$$

Модул деформације бетона је мањи од одговарајућег модула еластичности бетона. Међутим, за напоне испод 0.4 од чврстоће при притиску бетонске призме, што одговара условима експлоатације, та разлика је довољно мала да се може занемарити, а то значи да се при тим напонима могу занемарити пластичне деформације бетона при краткотрајном оптерећењу и растерећењу. Отуда следи веома важан закључак да се,

**при краткотрајним оптерећењима у области експлоатационих напона са довољном тачношћу може сматрати да се бетон понаша као практично еластичан материјал** /1/.

На основу овог закључка извршићемо димензионисање конструкције, тако да деформације и напони буду у оквиру радног оптерећења, тј. мањи од

**0.4  $\beta_{ks} = 0.4 * 51.75 = 20.7$  [MPa]** на деловима код којих се појављују напони на притисак,

**0.4  $\beta_z = 0.4 * 3.2875 = 1.315$  [MPa]** на деловима код којих се јавља напон на затезање и

**0.4  $\beta_{zs} = 0.4 * 3.626 = 1.45$  [MPa]** на деловима код којих се јавља напон на затезање од савијања.

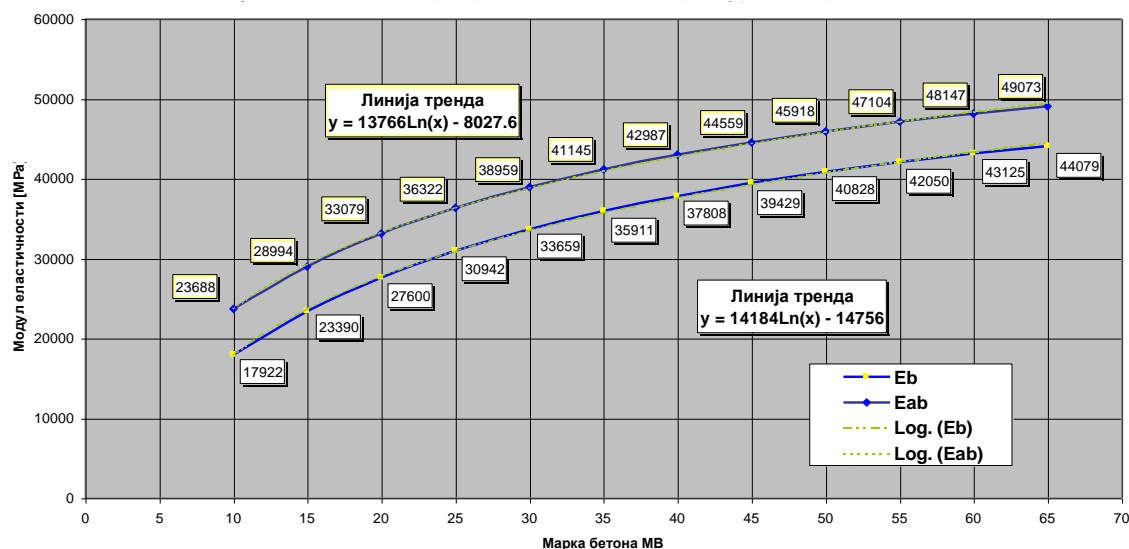
Чврстоћа армираног бетона је већа, али се за различите количине арматуре, различите конструкције и различита оптерећења добија експерименталним путем. Овде ће проблем носивости конструкције бити обрађен експериментално.

На слици 7.4. је дат приказ утицаја марке бетона односно чврстоће на модул еластичности, што још једном доказује теорију композитних материјала да се променом састава тј. процентуалног учешћа агрегата мењају особине композитног материјала. На слици се уочавају две криве, од којих доња представља промену модула еластичности чистог бетона од чврстоће бетона.

Друга крива, која је изнад прве, показује утицај учешћа арматуре на повећање модула еластичности армираног бетона. У овом случају узето је да армирани бетон садржи 3% арматуре од челика и коришћењем формуле добили смо увећање модула еластичности композита.

У даљем раду биће детаљније обрађен утицај арматуре на карактеристике композитног материјала познатијег као армирани бетон. Подаци на основу којих је добијена слика 7.4. дати су у Прилогу 2.





Слика 7.4. Зависност почетног модула еластичности од марке бетона MB и модула еластичности армираног бетона са 3% арматуре од марке бетона MB

На слици су приказане и линије тренда односно статистичке формуле понашања података унутар посматраног опсега, тако да се за сваку практично добијену чврстоћу може добити релативно тачна вредност модула еластичности.

Поред ових карактеристика у раду се користи и Пуасонов коефицијент, који за прорачун армирано - бетонских конструкција треба узети као средњу вредност између 0.15 и 0.20, тј.  $\nu = 0.15 - 0.20$ . У раду је прихваћена вредност  $\nu = 0.15$ .

За анализу динамичког понашања конструкције носеће структуре потребно је још и познавање коефицијента пригушења бетона  $\xi_b$ , односно армираног бетона, који преко фактора увећања динамичког утицаја над статичким и односа принудне и сопствене осцилације даје потпун увид у искоришћеност материјала за одговарајуће димензије конструкције носеће структуре.

## 7.2. Физичко - механичке особине челика

Сви материјали одликују се различитим особинама које им одређују ширину примене, али најзначајније су механичке особине јер оне директно одређују трајност, чврстоћу и применљивост у конструкцијама. Ту, између осталих, спадају чврстоћа и еластичност челика, и они ће бити обрађени јер се и користе у раду.

### 7.2.1. Чврстоћа челика

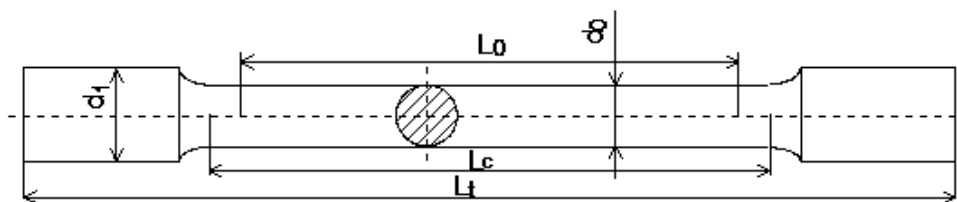
Једна од најбитнијих величина које карактеришу челике јесте чврстоћа челика ( $\sigma_m$ ). Као и код бетона, и овде се чврстоћа може одредити на више начина, тј. различитим врстама испитивања [2]. Једно од њих је статичко испитивање на затезање, а како се оно најчешће примењује, уопште, и овде је примењено за

добијање ове карактеристике челика коришћеног за израду вијака у вишеделној конструкцији носеће структуре машина за обраду деформисањем.

У ту сврху извршено је испитивање на пробним узорцима (епруветама) чији се облик, димензије и начин узимања из испитиваног материјала одређује стандардом JUS C.A4.002. Једна од њих приказана је на слици 7.5, где је:

- ✓  $L_T$  укупна дужина епрувете,
- ✓  $L_c$  паралелна дужина епрувете,
- ✓  $L_0$  почетна мерна дужина епрувете,
- ✓  $d_0$  почетни мерни пречник епрувете,
- ✓  $d_1$  пречник епрувете на месту стезања.

Поступком који подразумева постепено оптерећење епрувете силом до коначне деформације, и упоредним праћењем понашања епрувете у том периоду добијају се све потребне карактеристике испитиваног материјала. Испитивање механичких особина за потребе експерименталних анализа је извршено на универзалној кидалици у лабораторији Машинског факултета у Приштини, и као резултат је добијен дијаграм зависности силе  $F$  и издужења  $\Delta l$ , приказан на слици 7.6.



Слика 7.5. Приказ једне од епрувета за испитивање на истезање

Ова зависност се може искористити за налажење свих осталих карактеристика испитиваног материјала. На основу података, који су приказани у табели 7.2, лако се долази до осталих карактеристика, на основу израза:

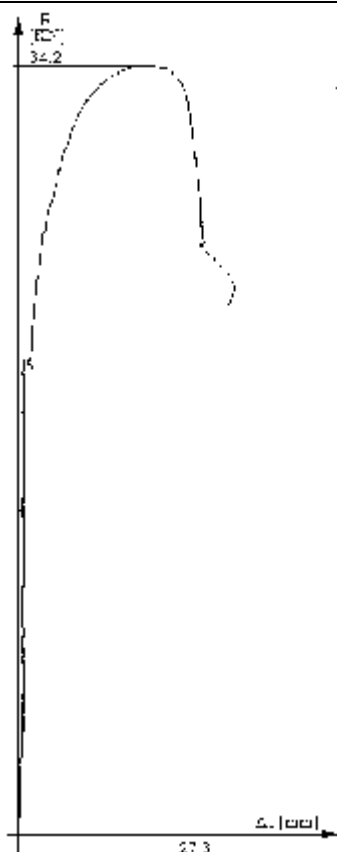
$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} [MPa] \quad - \text{затезна чврстоћа испитиваног материјала,}$$

$$\Delta l = l_u - L_0 \quad - \text{издужење епрувете,}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \quad - \text{релативно издужење епрувете,}$$

$$\delta = \varepsilon \cdot 100[\%] \quad - \text{процентуално издужење епрувете и}$$

$$\psi = \frac{A_0 - A_u}{A_0} 100[\%] \quad - \text{процентуално сужење попречног пресека епрувете.}$$



Слика 7.6. Приказ дијаграма зависности сила - издужење

Табела 7.2. Приказ резултата испитивања чврстоће челика за арматуру

Димензије епрувета				
$d_0$ [mm]	$A_0$ [mm <sup>2</sup> ]	$L_0$ [mm]		
10	78.5	100		
Резултати испитивања и мерења				
$F_m$ [kN]	$d_u$ [mm]	$l_u$ [mm]	$A_u$ [mm <sup>2</sup> ]	
34.2	6.45	127.3	32.66	
Добијене карактеристике материјала				
$\sigma_m$ [MPa]	$\delta l$ [mm]	$\epsilon_u$	$\delta$ [%]	$\psi_u$
435.7	27.3	0.273	27.3	0584

### 7.2.2. Модул еластичности челика

У домену Хуковог закона, за све материјале и свих врста напрезања, постоје одређени, директно пропорционални односи између напона и њима изазваних деформација. При затезању, притискању и савијању, коефицијент пропорционалности је модул еластичности ( $E$ ), а при увијању је модул клизања. Ова два параметра, као показатељи еластичних особина материјала, су од великог значаја у пракси, па су као такви обрађени разним методама из отпорности материјала.

У раду су за прорачун конструкције носеће структуре машина за обраду деформисањем (било да је у питању једноделна или вишеделна конструкција) од посебне важности модули еластичности давача силе, челичних вијака и бетона, док је за арматуру, коришћену унутар бетона, узето да је модул еластичности на нивоу конструкционих челика ( $2 \times 10^5$  МПа).

Модул еластичности, за челик, дефинисан је изразом :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{\Delta F}{A_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{\Delta F L_0}{A_0 \Delta L} [MPa] \quad / 7.4 /$$

Модул еластичности може се одредити графичким и експериментално - аналитичким путем.

За материјал који има праволинијску зависност напона и деформације, налажењем угла  $\alpha$  добија се модул еластичности, јер је :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E \quad / 7.5 /$$

Материјали код којих је тај праволинијски део зависности кратак имају променљив модул еластичности у зависности од напона.

Експериментално - аналитичка метода базира се на првом изразу и мерењу потребних величина. Мерење потребних величина може се извести испитивањем материјала било растезањем, сабијањем или савијањем. У овом случају је извршено испитивање растезањем. При овом мерењу, за испитивање материјала вијака, користи се пропорционално дуга епрувета стандардних димензија (JUS С.А4. 002) чије су димензије заједно са измереним и прорачуном добијеним величинама дате у табели 7.2. Ту је дат и модул еластичности за испитивани материјал, док се материјал давача силе испитује другом врстом експериментално - аналитичког поступка. Они су измерени преко система мерних трака, испитивањем на сабијање и дати у магистарском раду /36/. По овом принципу, тј. мерењем отпора мерних трака може се врло прецизно измерити деформација на било ком месту било које конструкције неvezано за облик и сложеност деформације.

Поступак мерења, по првом принципу, састоји се у следећем :

1. Епрувета се стави у машину и оптерети силом преднапрезања од  $10 \div 100N$  да би се поништили зазори у машини, да чељусти машине добро стегну епрувету и да се избегне проклизавање епрувете у чељустима машине за време испитивања.

2. Постављају се екстензометри на епрувету, и то два - са супротних страна епрувете, и подешавају на нулти положај.

3. Врши се оптерећење епрувете силама, и то са кораком све до максималне силе испитивања, која треба да је око 20% мања од границе течења. Број корака је произвољан, али је пожељно да буде што већи, односно да корак буде што мањи јер се тиме добија већа прецизност. При сваком повећању силе се направи застој и измере величине издужења.

4. На крају се епрувета растерети провери на екстензометрима да није дошло до трајних деформација.

Треба рећи да се врше два испитивања исте епрувете али са различитим корацима повећања силе, ради веће прецизности, а да се након тога средња вредност налази по формули:

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2} \quad / 7.6 /$$

За даљи ток рада узето је да је модул еластичности арматуре

$$E_a = 193.4 \text{ [kN/mm}^2\text{]} = 1.934 \times 10^5 \text{ [MPa]} = 193400 \text{ [MPa]}$$

За анализу динамичког понашања конструкције носеће структуре потребно је још и познавање коефицијента пригушења арматуре  $\xi_a$ , односно армираног бетона, који преко фактора увећања динамичког утицаја над статичким и односа принудне и сопствене осцилације даје потпун увид у искоришћеност материјала за одговарајуће димензије конструкције носеће структуре.

### 7.3. Модул еластичности армираног бетона

Модул еластичности армираног бетона израчунаћемо формулама теорије композитних материјала

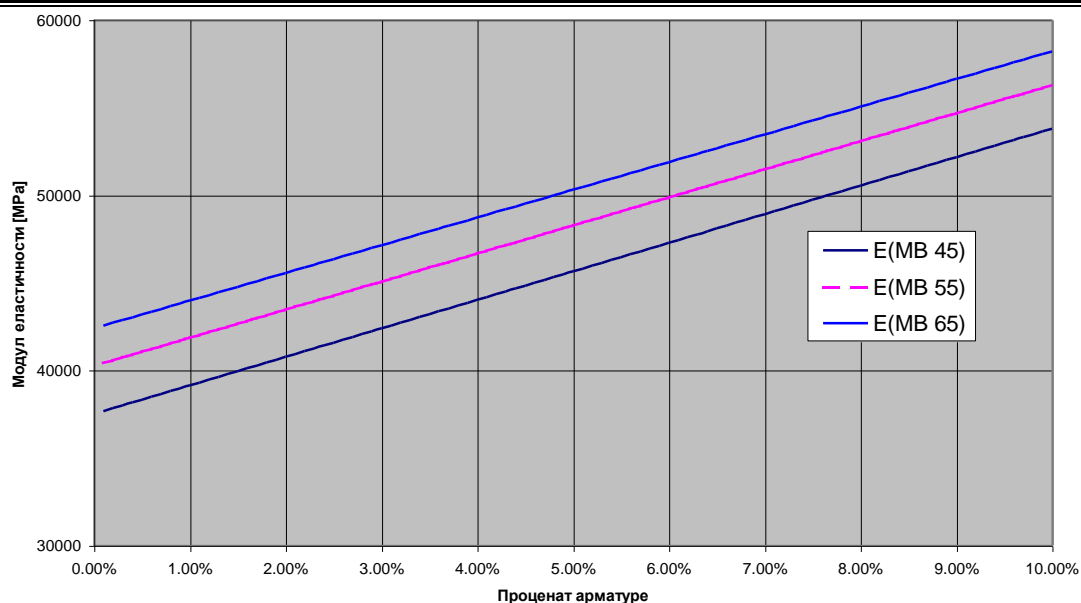
$$E_{ab} = E_b \left\{ 1 + c \left[ \frac{E_a}{E_b} - 1 + \frac{2(v_a - v_b)^2}{(1 + v_b) + \left(\frac{E_a}{E_b}\right)(1 + v_a)(1 - 2v_a)} \right] \right\}$$

Узимајући већи број различитих улазних података, тј. различитих процената арматуре за три бетона различитих чврстоћа, а уз помоћ програма Excel, добили смо дијаграм који показује следеће:

- модул еластичности бетона без арматуре, тј. када је проценат арматуре односно када је присуство арматуре 0% дат је на почетку све три криве, и види се да чврстоћа бетона утиче на модул еластичности бетона.
- повећање процента арматуре у садржају армираног бетона доводи до линеарног повећања модула еластичности.

За анализу утицаја процента арматуре на модул еластичности са већим процентом од 10% постоје и друге формуле у теорији композитних материјала, али је у пракси постојање таквих армираних бетона врло ретко, тако да овде нису разматрани такви случајеви.

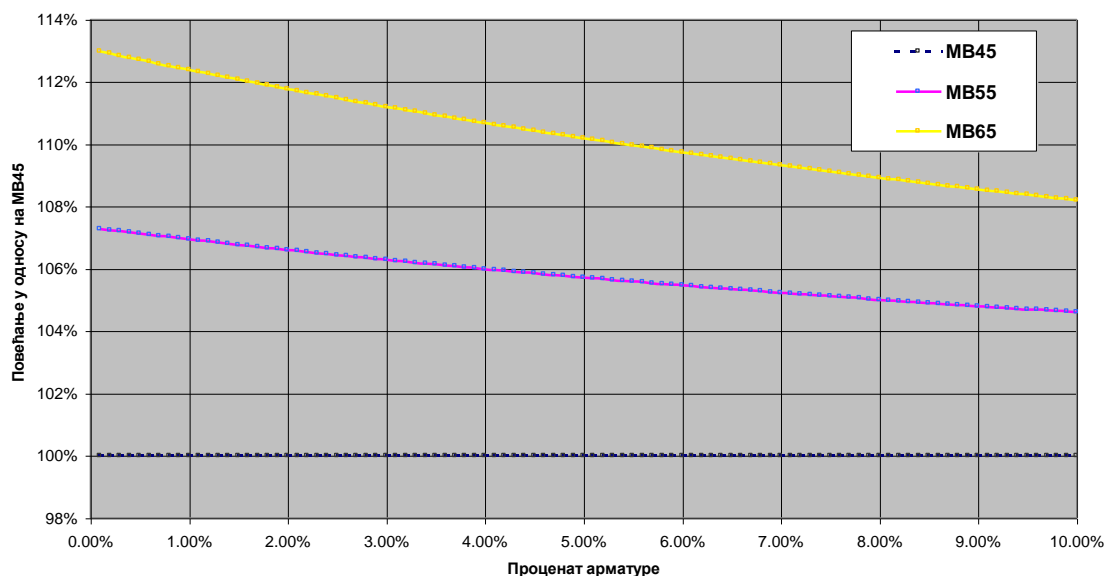
На слици 7.7. види се и мала разлика у повећању модула еластичности од MB45 до MB55 у односу на повећање од MB55 до MB65. Подаци на основу којих је добијена слика 7.7. дати су у [Прилогу 3](#).



Слика 7.7. Утицај процента арматуре на модул еластичности бетона различитих чврстоћа

На слици 7.8. види се ефекат повећања процента арматуре на модул еластичности бетона различитих чврстоћа. Подаци на основу којих је добијена слика 7.8. дати су у Прилогу 4. Може се закључити да

- само повећање чврстоће бетона није линеарно, тј. да се са повећањем чврстоће губи на модулу еластичности
- повећање процената арматуре, такође, нема ефекат бољег искоришћења армираног бетона, тј. умањује се утицај повећања процента арматуре на повећање модула еластичности.



Слика 7.8. Утицај процента арматуре на повећање модула еластичности армираног бетона различитих чврстоћа

За армирани бетон чије су карактеристике

✓  $E_a = 193400$  [MPa]

✓  $E_b = 39429$  [MPa]

✓  $\nu_a = 0.15$

✓  $\nu_b = 0.3$

✓  $c = 3\%$

модул еластичности биће

$E_{ab} = 45916$ [MPa]
------------------------

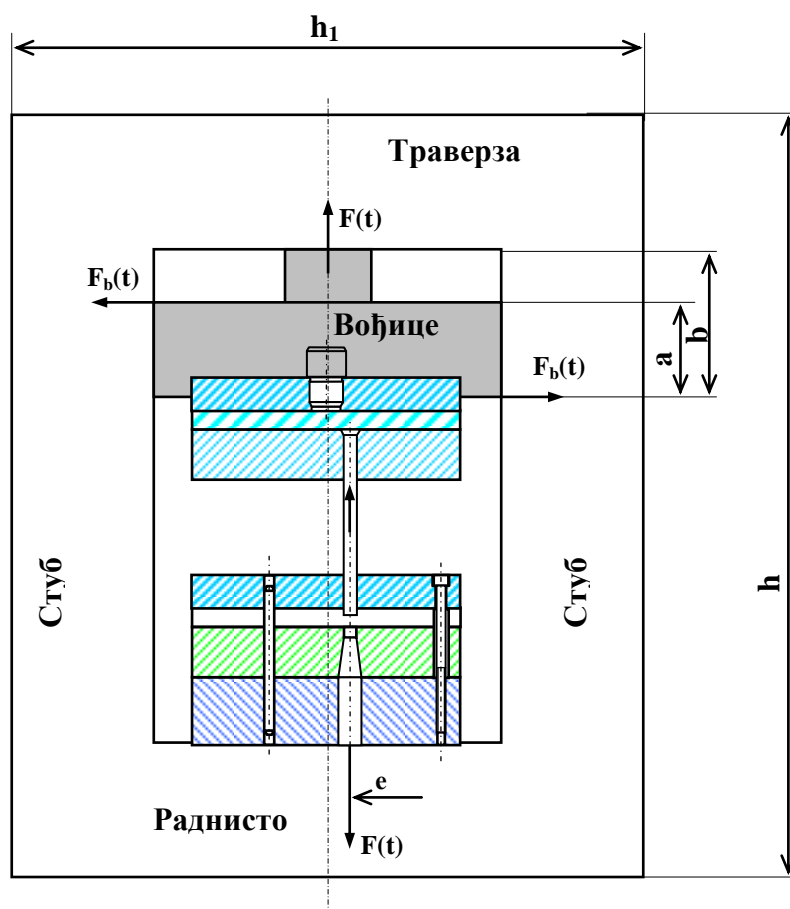
У даљим излагањима, након избора модела конструкције носеће структуре, биће показан утицај процента арматуре у појединим деловима носеће структуре, на динамичко понашање целог обрадног система.

#### 7.4. Модел једноделне конструкције носеће структуре

Одговор на питање које је конструктивно извођење носеће структуре најбоље, а које критично, добијен је путем промене појединих утицајних величина. За конструкцију изведену у циљу експерименталних испитивања статичког понашања, на следећој слици дате су утицајне величине. Након анализе статичког понашања конструкције носеће структуре доћи ћемо до критичних тачака односно пронаћи ћемо модел код кога су најмањи негативни утицаји посматраних параметара и такав модел ћемо даље посматрати у анализи динамичког понашања.

Како се ради о композитном материјалу гвожђе - бетон, извршен је прорачун конструкције у зависности од величина:

- ✓  $h_1$  - ширина конструкције,
- ✓  $a$  - дужине вођица,
- ✓  $b$  - растојање врха вођица од траверзе,
- ✓  $e$  - ексцентритет дејства радне силе,
- ✓  $c_{00}$  - концентрација влакнастог композита (арматуре) у матрицу (бетон) стубова,
- ✓  $c_{11}$  - концентрација влакнастог композита (арматуре) у матрицу (бетон) траверзе,
- ✓  $c_{22}$  - концентрација влакнастог композита (арматуре) у матрицу (бетон) радног стола,
- ✓  $A_0, A_1, A_2$  - површине попречних пресека стубова, траверзе и радног стола, уз напомену да је у једном случају стуб био само од челика.



Слика 7.9. Модел носеће структуре машине за обраду деформисањем

#### 7.4.1. Утицај ширине конструкције

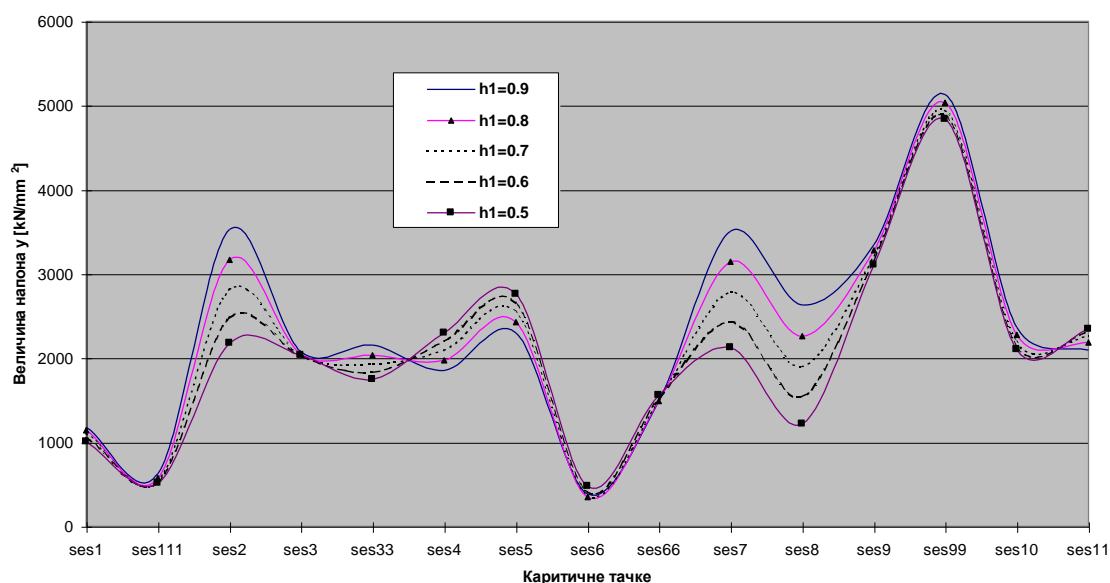
Утицај ширине конструкције  $h_1$ , према слици 7.9, на распоред напона у критичним тачкама приказан је на слици 7.10. Подаци на основу којих је добијена слика 7.10. дати су у Прилогу 5.

Надаље ће се разматрати модел затворене једноделне носеће структуре и напони у критичним тачкама, према слици 7.1. На сликама су критичне тачке, односно напони у критичним тачкама обележени ознакама  $ses1$ ,  $ses2$ , ...,  $ses11$ , што представља скраћену ознаку спољних еквивалентних нормалних напона у тачкама 1 до 11.

Како је код композитног материјала гвожђе-бетон мања граница издржљивости на затезање од савијања од границе сабијања од савијања посматраћемо спољну ивицу модела и напоне на тој страни.

Већа ширина, уз задржавање константних осталих димензија како је дато у Прилогу 5., и како се види са слике 7.10., доводи до повећања напона, а за даље посматрање узета је ширина  $h_1=0.7m$ , као величина која обезбеђује довољан радни простор за алат и рад уопште. Како су максимални напони око  $5000 \text{ kN/mm}^2$  потребно би било да се побољша квалитет бетона односно користи бетон веће чврстоће.

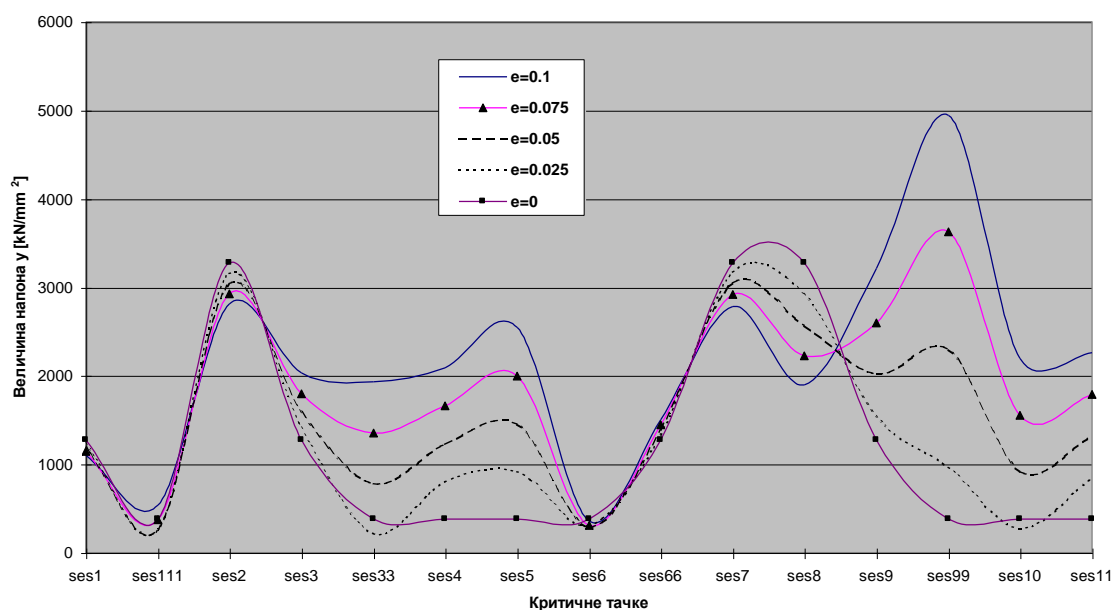




Слика 7.10. Приказ утицаја ширине конструкције на величину напона у критичним тачкама

#### 7.4.2. Утицај ексцентритета силе

Подаци узети за случај оптерећења конструкције без ексцентричног дејства силе тј.  $e=0$ , као и са ексцентритетом  $e=0.025\text{m}$ ,  $e=0.050\text{m}$ ,  $e=0.075\text{m}$  и  $e=0.100\text{m}$  дати су Прилогу 6. На основу тих података, и резултата приказаних на слици 7.11. види се да као главна последица недостатка ексцентритета изостаје дејство бочне силе  $F_1$ , али се ипак на месту дејства радног оптерећења добијају високи напони.



Слика 7.11. Приказ утицаја ексцентритетности дејства силе на величину напона у критичним тачкама

Може се рећи да се ови напони налазе у области дозвољених напона, како за гвожђе као армирајуће средство, тако и за бетон као слабији материјал у овој вези.

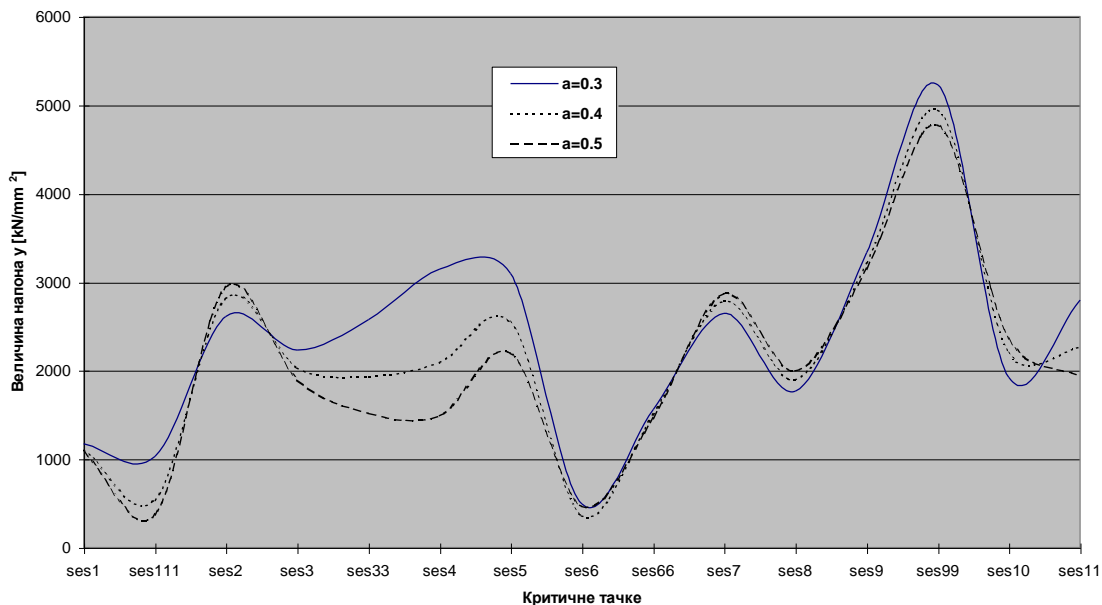
Стубови у овом случају носе мали део оптерећења, или боље речено нема сложеног напрезања у њима, па нема ни великих напона. Треба рећи да је ово случај када су стубови изложени само истезању, а то је неповољнији случај за бетон који не трпи већа истезања.

Надаље ће све конструкције бити прорачунате са ексцентритетом, који иако је непожељан у пракси увек постоји.

### 7.4.3. Утицај величине - дужине вођице

Промена дужине вођица "а" и подаци добијени истраживањем дати су у Прилогу 7., и утврђено је да је најкритичнија дужина вођица управо она најмања од  $a=0.3m$ . На слици 7.12. дат је приказ напона у критичним тачкама затворене једноделне носеће структуре. Каснији прорачуни вршени су за величину  $a=0.4$ , јер се сматра да је то нека средња вредност између критичне ( $a=0.3$ ) и најбоље ( $a=0.5$ ). Највећа се не користи јер би онда вођицама био испуњен цео радни простор, а најмања даје малу прецизност у раду и већу нестабилност конструкције.

У динамичкој анализи, вођица као покретни део уноси повећање нестабилности јер се промена утицаја мења неједнако на левом (тачка 10) и десном стубу (тачка 4), тако да резултате добијене општим законима динамике морамо кориговати одређеним степеном сигурности (због неравномерности промена).



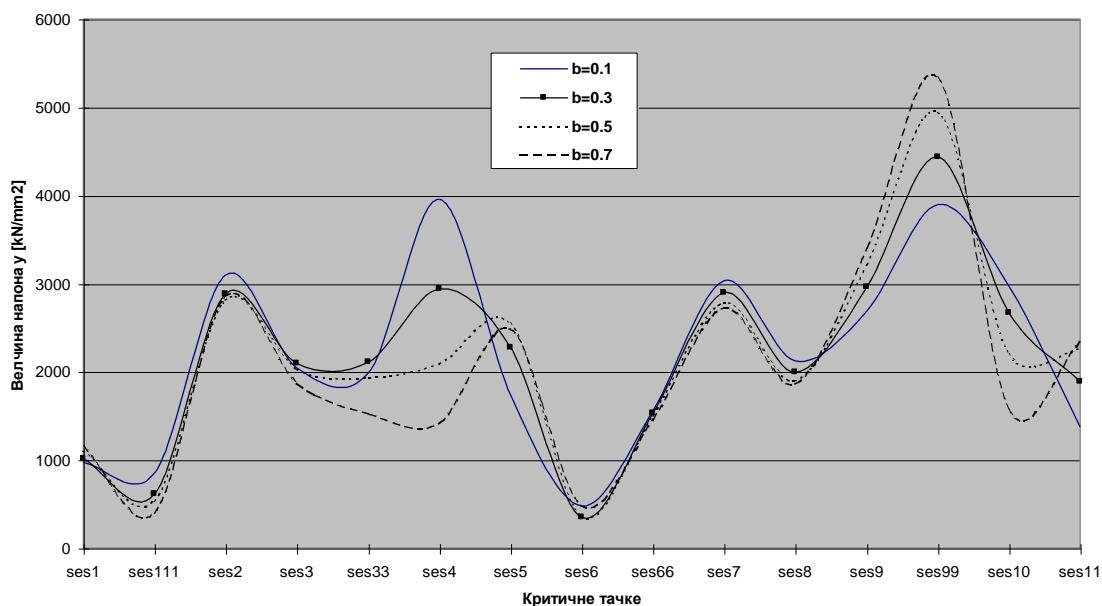
Слика 7.12. Приказ утицаја дужине вођица на величину напона у критичним тачкама

#### 7.4.4. Утицај положаја вођице

Положај вођица у алату односно померање вођица по вертикали зависи од величине радних комада, које треба добити, а самим тим и величине алата. Када се ради са мањим алатима вођице имају велики ход и промена дужине хода односно положаја вођице има велики утицај на динамичко понашање носеће структуре тј. амплитуду померања елемената носеће структуре.

У табелама Прилога 8., вршена је промена величине положаја вођица "b", према слици 7.9., од 0.1m до 0.7m. Најповољнији положај, како се види на слици 7.13., тј. положај када су напони у пресецима најмањи даје величина од  $b=0.1$ . Међутим надаље су конструкције прорачунаване у односу на најнеповољнији положај, тј. када су напони максимални, ради предвиђања флексибилног рада машине са оваквом носећом структуром. Наиме сви случајеви налазе се у границама дозвољених напона, али је најбоље када машина може радити са већим опсегом димензија алата, па је узет овај "најкритичнији" по овом критеријуму.

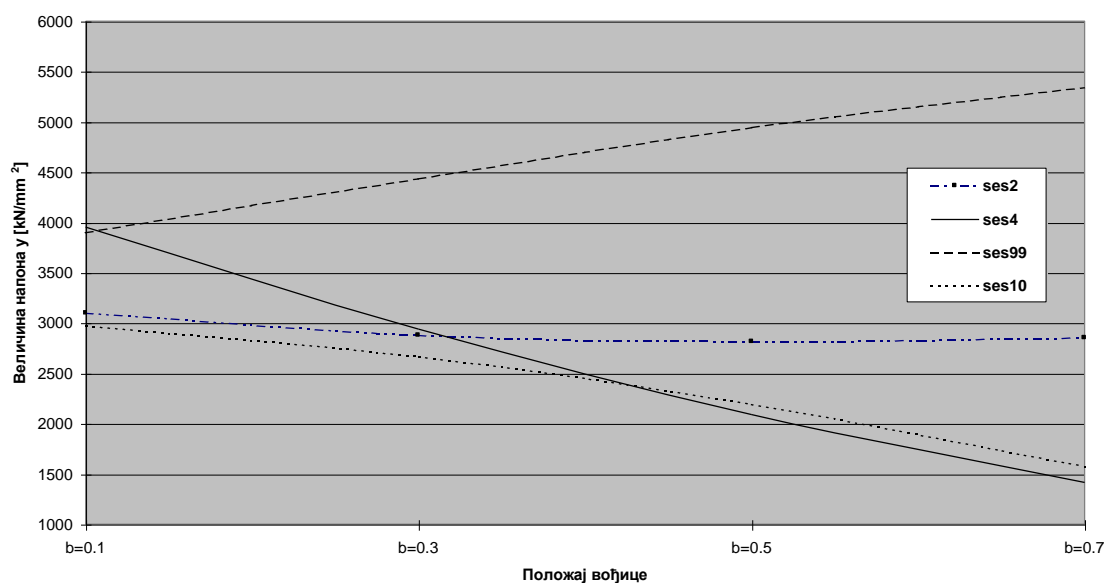
И у овом случају, на слици 7.13., су приказани спољни еквивалентни нормални напони у критичним тачкама носеће структуре (ses1, ses2, ..., ses11), према слици 7.1.



Слика 7.13. Приказ утицаја положаја вођица на величину напона у критичним тачкама

Промена положаја вођице је један од утицајнијих фактора на динамику носеће структуре. Ова промена дешава се у времену једног циклуса обраде, тј. представља временску променљиву која са није повезана са врстом промене силе у току времена.

На сложеност анализе динамичког понашања носеће структуре машине указује и следећа слика 7.14., на којој се може видети да различити делови носеће структуре трпе различите врсте промена напона.

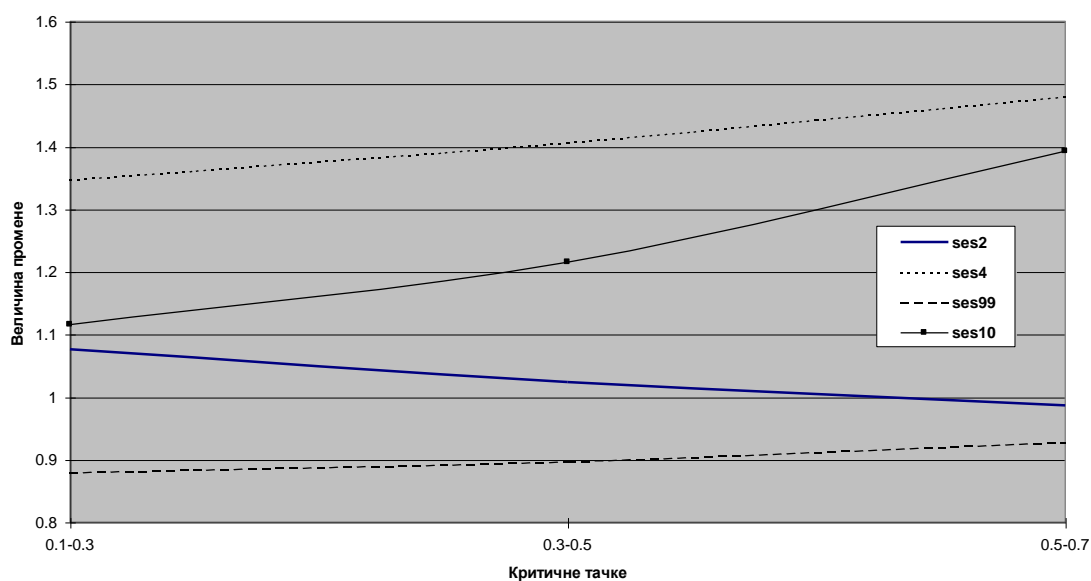


Слика 7.14. Приказ утицаја положаја вођице на промену величине напона у критичним тачкама

Наиме, у тачци 9 (на левом стубу), слика 7.1, постоји повећање напона са повећањем растојања вођице од свог горњег (нултог) положаја. Код тачке 2 (на другом делу носеће структуре - траверзи), као и код већине критичних тачака промена је занемарљива. На делу носеће структуре који је обележен тачком 4 (део носеће структуре – средина десног стуба) имамо као последицу померања вођице од нултог положаја, смањење напона.

Оно што је још битније од промене врсте напона је интензитет напона који се мења од већих ка мањим, тј. величине промена напона су различите на почетку и крају хода алата. На слици 7.14. види се повећање напона са померањем вођице у тачци 4 а у тачци 9 долази до благог смањења утицаја померања вођице.

То заправо значи да се у деловима носеће структуре појављују различите амплитудне и фреквентне промене напона, слика 7.15. Оно што је интересантно је то да су различитих смерова промена (увећање и смањење) тако да се у укупном динамичком понашању анулирају или кумулирају након извесног времена. У комбинацији са другим утицајним параметрима, везаним за динамику носеће структуре, може се пронаћи критични положај вођице, односно опсег кретања вођице у коме ће доћи до бржег смањења амплитуде померања и фреквенције целе носеће структуре.

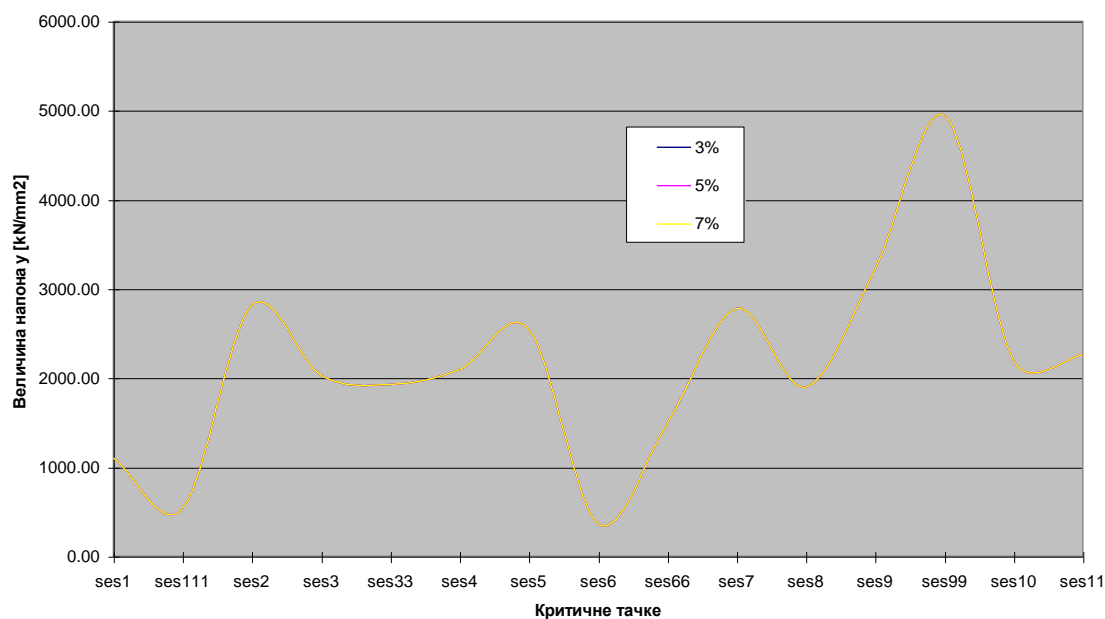


Слика 7.15. Приказ вредности промене величине напона у критичним тачкама у зависности од промене положаја вођица

#### 7.4.5. Утицај количине арматуре

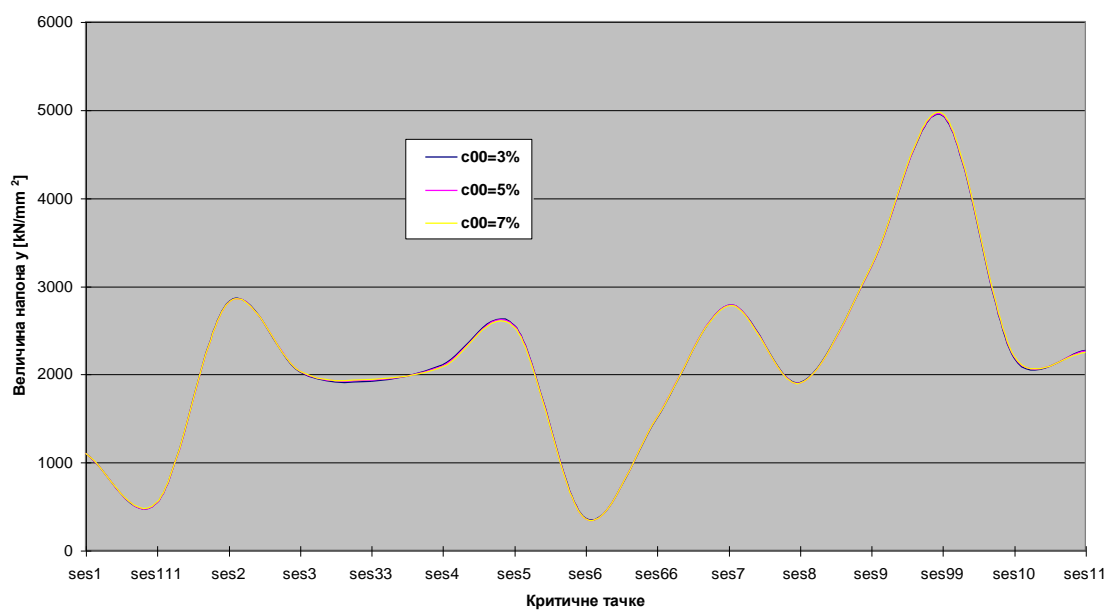
Утицај количине влакана у матрици, тј. утицај количине арматуре у саставу композитног материјала гвожђе-бетон, приказан је на сликама 7.16. и 7.17., а на основу података из Прилога 9. Како се промена количине арматуре може вршити на различите начине, разматрана су два случаја :

- повећање концентрације равномерно и у стубовима и у траверзи и радном столу 7.16. и
- повећање концентрације у истим елементима, али неравномерно 7.17.



Слика 7.16. Приказ утицаја промене процента арматуре на величину напона у критичним тачкама

По првом случају када је концентрација била повећавана од 3% до 7% уочено је да долази до незнатног смањења критичних напона и практично долази до преклапања линија. Мора се још рећи да иако критични напони остају приближно исти, композитни материјал гвожђе - бетон има већу носивост, јер бетон задовољава критичне напоне, а гвожђе због веће количине може много веће оптерећење да поднесе.



Слика 7.17. Приказ утицаја промене процента арматуре у стубовима, када је у траверзи и радном столу 5%, на величину напона у критичним тачкама

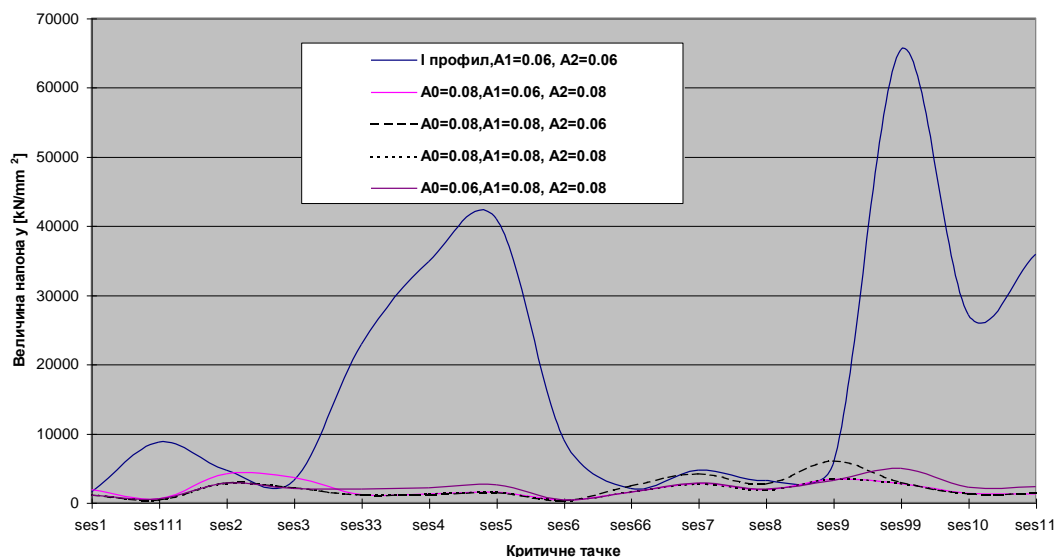
У другом случају, повећањем концентрације влакана (гвожђа) у матрици (бетону) и то више у стубовима него у траверзи и радном столу добијају се веће вредности напона, него у супротном случају када је концентрација гвожђа у стубовима мања од концентрације истог у радном столу и траверзи. Разлог томе јесте крутост тих елемената. Наиме још у подели затворених носећих структура по моделима речено је да је крутост елемената носеће структуре важна, у смислу да повећање крутости радног стола и траверзе у односу на стубове даје већу крутост целе конструкције, мање је оптерећење у стубовима (код велике разлике крутости нека оптерећења се занемарују) и др.

#### 7.4.6. Утицај површине попречног пресека стубова, радног стола и траверзе

Површине попречних пресека стубова, радног стола и траверзе од великог су утицаја на отпорне моменте, моменте инерције и крутости. Појединачне крутости као утицајни фактори даље утичу на крутост целе носеће структуре.

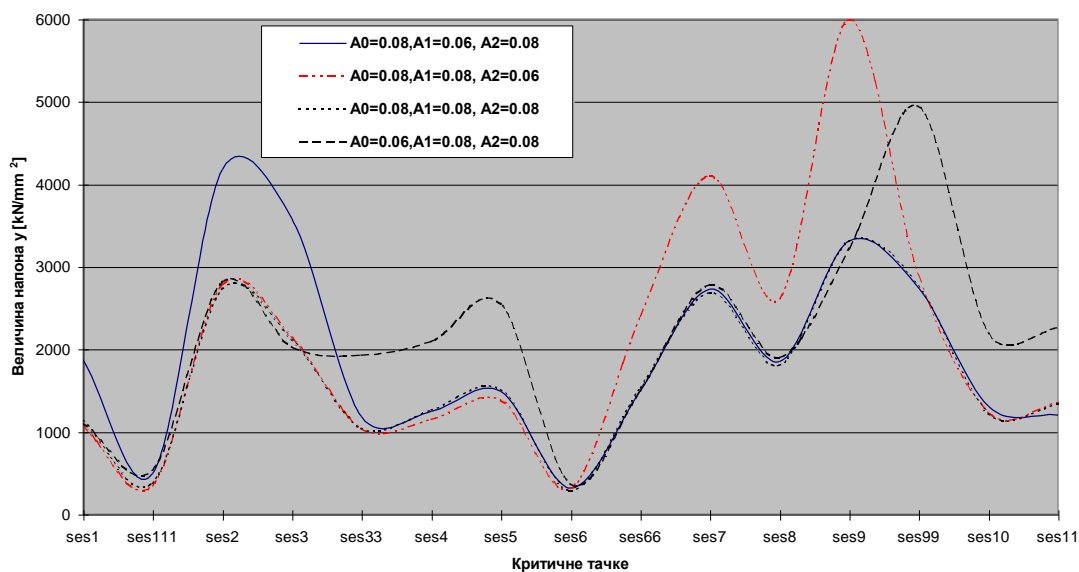
У случајевима исте или приближне крутости свих делова носеће структуре и крутост носеће структуре је велика, а у случајевима великих разлика у крутости стола и стубова долази до повећања нестабилности система, тј. до повећања напона у

критичним тачкама. Та промена је израженија код промене димензија (површина попречних пресека) радног стола и траверзе, него код промене димензија стубова, слика 7.18. Прилог 10.



Слика 7.18. Приказ утицаја величина попречних пресека стубова на величину напона у критичним тачкама

Код анализе утицаја крутости стубова посматран је и случај када је стуб од челичног I профила. На слици се види огромно повећање напона у критичним тачкама. Те напоне у стубу, који је начињен од челика, стуб може да издржи, али сама промена (динамика) од минималних до максималних величина, која је велика, негативно утиче, својим моментима инерције, на остале делове конструкције који су од композитног материјала гвожђе-бетон. Спојеви стубова од челика и радног стола односно траверзе од композитног материјала представљају критична места.



Слика 7.19. Приказ утицаја величине попречног пресека делова конструкције на величину напона у критичним тачкама

У анализи утицаја површина види се добра страна композитног материјала гвожђе-бетон, јер се релативно простим контурама површина попречног пресека могу добити веће крутости, које се добијају простим увећањем димензија делова носеће структуре.

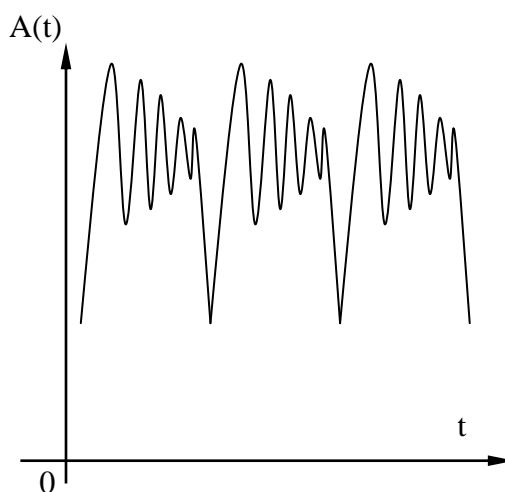
### 7.5. Утицај врсте конструкције

Носећа структура може се извести као једноделна или вишеделна. То знатно утиче на носивост носећих структура, али се знатно мења и динамичко понашање истих.

У претходном делу описани су резултати добијени за једноделну конструкцију носеће структуре, а у наредном ће укратко бити описан распоред напона у вишеделној конструкцији.

За случај вишеделне конструкције, као на слици 7.3, претходно напрегнуте вијцима, код које вијци носе целокупно оптерећење, прорачун је одрађен у магистарском раду, а овде су резултати приказани у Прилогу 11. Важно је напоменути да је ова конструкција најпогоднија што се тиче ове врсте композитног материјала (гвожђе-бетон), јер је матрица (бетон) врло слаб за оптерећење на истезање, и врло се ретко користи у тако оптерећеним конструкцијама. За разлику од истезања бетон врло добро подноси оптерећење на притисак и зато је овај случај, када су стубови конструкције изложени само притиску, врло погодан.

Амплитуда промена оптерећења на притисак зависи од силе претходног притезања и може се врло лако доћи до оптималне величине конструкције у односу на силу и обрнуто. С друге стране, правац осциловања стубова је увек позитиван (слика 7.20), тј. оптерећења су увек у зони притиска, тако да сваки материјал, па и бетон лакше прима динамичке промене оптерећења.



Слика 7.20. Приказ врсте промене амплитуде осциловања стубова код вишеделне преднапрегнуте конструкције

Утицај ексцентричности дејства радног оптерећења у оваквим конструкцијама је занемарљив, јер се у овом случају вођице алата не постављају на стубове конструкције већ у траверзи. То се избегава због мањих могућности да се

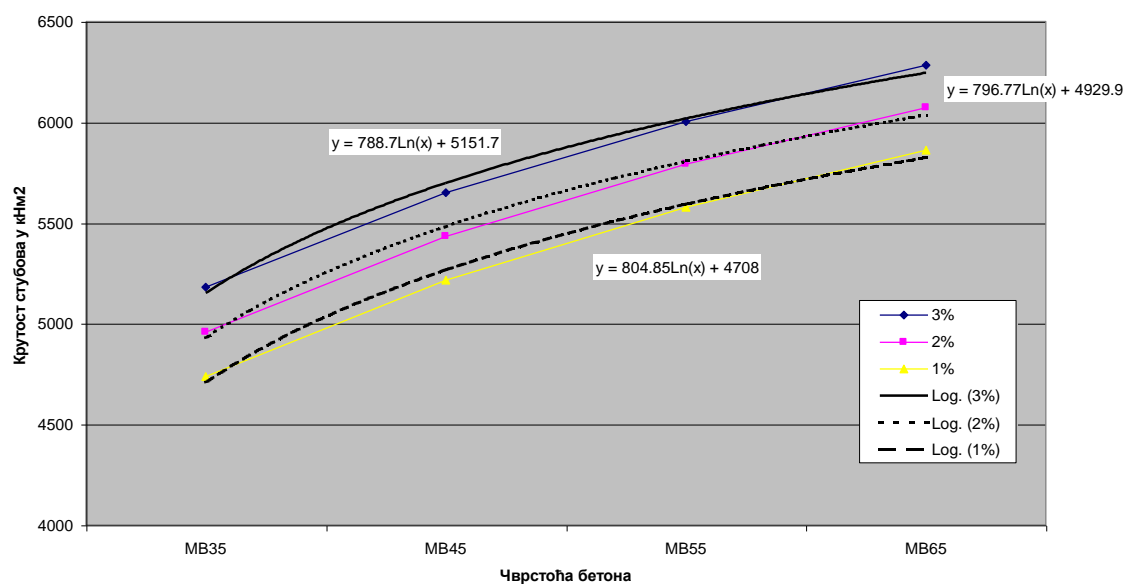


стубови учврсте по хоризонтали, када већ нису учвршћени по вертикали. Истовремено се мора рећи да и утицај хоризонталног померања траверзе услед ексцентричности силе радног оптерећења спада у занемарљиве утицаје, из ралога што се веза, односно ослањање траверзе на стубове може одрадити зглобним везама.

На овај начин стубови се прорачунавају на притисак а радни сто и траверза на оптерећење од савијања, али су као појединачна радна напрезања много лакша за прорачун динамичког понашања од динамичког понашања једноделне конструкције која је изложена сложенем напрезању. И за савијање радног стола односно траверзе важи исти приказ врсте промене амплитуде, приказан на слици 7.20. за притисак у стубовима.

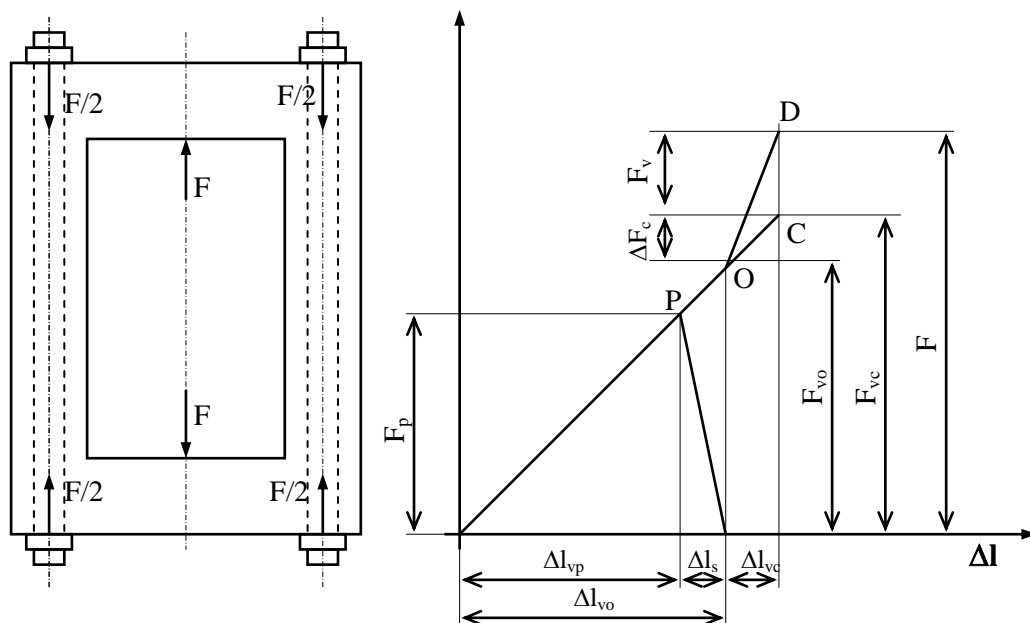
На слици 7.21. дат је приказ промене крутости стубова израђених од композитног материјала гвожђе-бетон, на коме се види пораст крутости са повећањем чврстоће бетона, као и са повећањем процента арматуре у саставу композита.

Апроксимативним путем добијају се три логаритамске криве које својим трендом показују веће повећање крутости код композита са мањим процентом арматуре.



Слика 7.21. Приказ крутости стубова од композитног материјала за различите чврстоће бетона и количине арматуре

У Прилогу Б дат је склопни цртеж вишеделне конструкције са дефинисаним позицијама, димензијама и материјалима делова.



Слика 7.22. Једноделна конструкција носеће структуре преднапрегнута вијцима

Конструкција дата на слици 7.22. представља комбинацију једноделне конструкције са вијцима за преднапрезање.

Вијци се у оваквим једноделним конструкцијама могу користити или за повећање крутости, или да носе целокупно оптерећење, у зависности од врсте радног оптерећења. За случај већег броја промена у јединици времена, тј. већи број осцилација вијке би требало користити за повећање крутости, а код динамичких оптерећења са већом амплитудом и супротносмерним распоредом амплитуда вијке треба искористити за повећање носивости.

Ово је повезано са чињеницом да бетон може релативно добро поднети мања динамичка оптерећења, иако су сложенијег карактера, док при већим динамичким оптерећењима треба више искористити челичну арматуру за носивост, као и добијен закључак да бетон добро подноси напоне на сабијање приликом претходног притезања.

## 7.6. Полазни подаци

Пошто је практично извођење свих ових конструкција везано са низом потешкоћа, за експериментално испитивање у циљу провере теоретских резултата, извршен је прорачун конструкција носеће структуре са следећим карактеристичним величинама, као на слици 7.9:

- **a = 0.4 m**
- **b = 0.4 m**
- **e = 0 m**

и процентима арматуре у стубовима  $c_{as}$ , траверзи  $c_{at}$  и радном столу  $c_{ar}$ .

- **$c_{as} = 0.8 \%$**
- **$c_{at} = 0.6 \%$**
- **$c_{ar} = 0.6 \%$**

Димензије израђених и тестираних конструкција су исте као и у теоретским разматрањима. Како су конструкције носећих структура без осталих елемената машине, тј. без вођица, величине **a** и **b** немају утицаја на резултате.

Димензије једноделне конструкције су као на сликама у Прилогу А.1 и за њу важи већ извршен прорачун.

Димензије вишеделне конструкције су као на сликама у Прилогу А.2 и за њу важи већ извршен прорачун.

## 8. ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ

Анализом сложеног система за обраду, који се зове машина, лако се уочава да се он састоји од неколико делова:

- погонске јединице,
- преносника погона,
- обрадног подсистема,
- управљачке јединице и
- носеће структуре.

Носећа структура, у овакавом систему, има врло сложено улогу. Тежине појединих делова система и силе које се јављају у процесу обраде су главни фактори у одређивању динамичког понашања носеће структуре са свим осталим подсистемима машине.

Идентификација величине утицаја појединих подсистема на динамичко понашање машине је врло сложена. И поред тога, може се рећи да је носећа структура најбитнији део система, јер мора да прими и уравнотежи све остале утицаје.

### Утицајни параметри на динамичко понашање носеће структуре

Да би се утврдило шта све утиче на динамику носеће структуре већ су постављени модели, у поглављу 2. Анализа је спроведена за два различита случаја извођења носеће структуре.

#### 8.1. Осциловање траверзе

Модел 1. (сл. 8.1.а) примењује се у случајевима када је вођица извршног дела машине у траверзи и када су крутости радног стола и траверзе изражено веће од крутости стубова /28/, а добијен је на основу следећих упрошћења:

- траверза са припадајућим елементима машине је замењена масом  $m_T$ ,
- радни сто са припадајућим елементима је замењен масом  $m_S$  и
- стубови носеће структуре замењени опругама крутости  $K$  и пригушивачима чији су фактори пригушења  $\zeta$ .

После прорачуна за овако постављен модел и на основу закона промене силе оптерећења

$$F(t) = \frac{F_n}{t_{ob}} t = \frac{F_n}{t_{ob}} \left[ \pi - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega t}{n} \right] \quad /8.1/$$

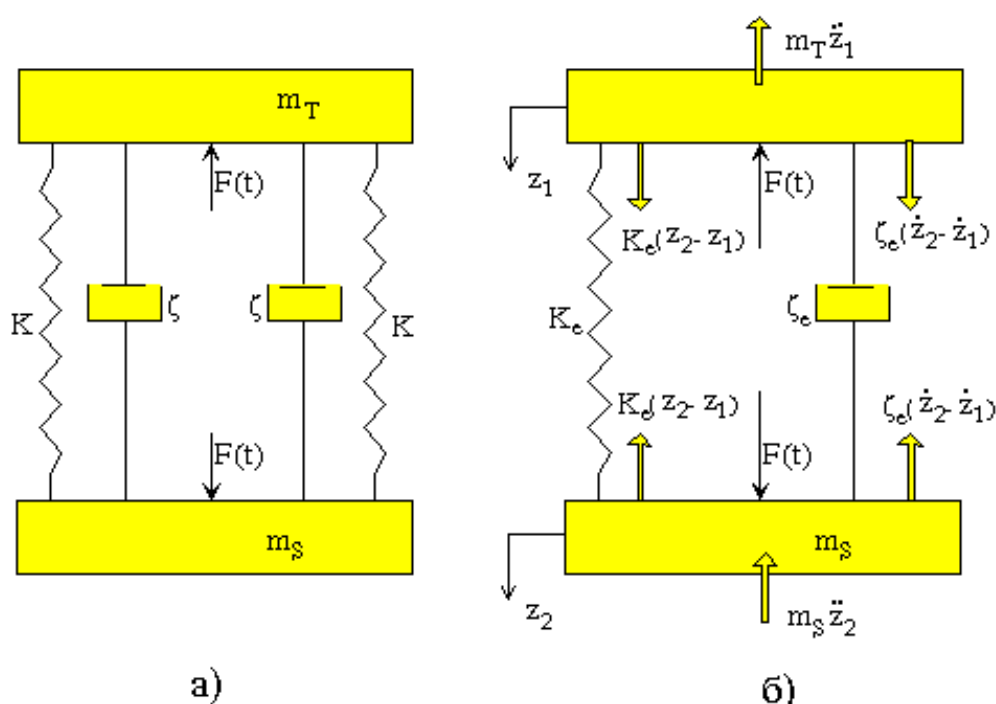
добијен је закон померања траверзе

$$z_1 = \frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{n\pi 2}} + \sum_{n=1}^{\infty} N_1 \cos(n\Omega t - \Theta_1) \quad /8.2/$$

где су амплитуда  $N_1$  и фазни угао  $\Theta_1$  одређени једначинама

$$N_1 = \frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{m\kappa 2}^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}}$$

$$\Theta_1 = -\arctg \frac{K_e \cdot f_{m\kappa 2} - m_T \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{\zeta_e \cdot f_{m\kappa 2} \cdot n \cdot \Omega}$$



Слика 8.1, Динамички модел затворене носеће структуре

Из закона померања траверзе види се да на динамичко понашање исте утичу:

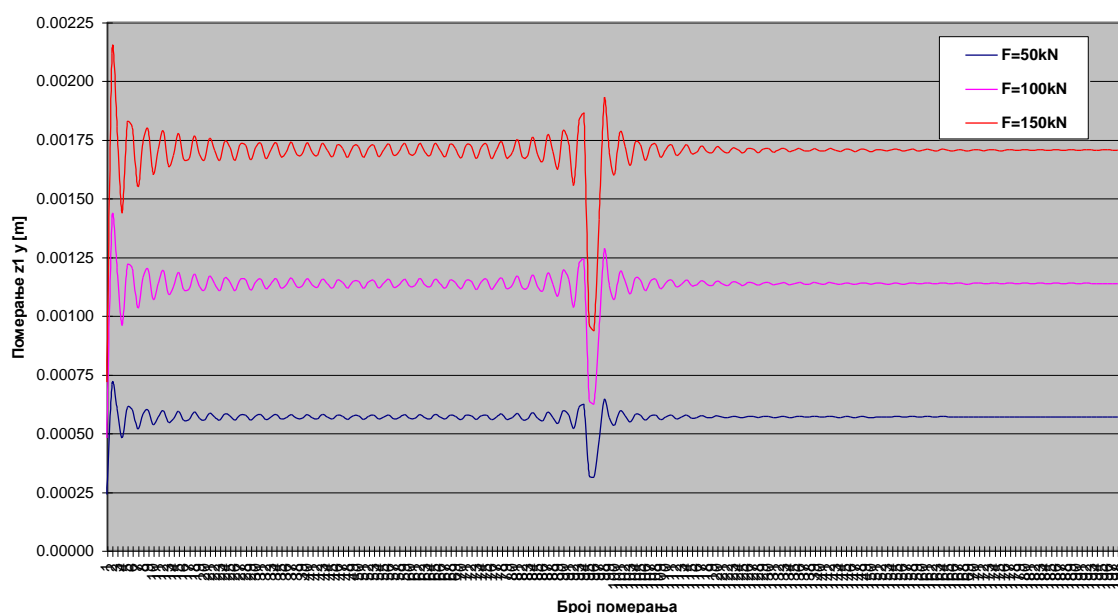
- $F_n$  - величина номиналне силе
- $K_e=2K$  - еквивалентна крутост
- $m_T$  - маса траверзе
- $m_S$  - маса радног стола
- $t_{ob}$  - време обраде
- $t$  - време посматрања
- $\zeta_e=2\zeta$  - еквивалентни фактор пригушења
- $\Omega$  - кружна фреквенција принудне силе
- $n$  - број понављања осцилација

### 8.1.1. Утицај величине силе

Радно оптерећење је параметар који је унапред познат, да би се могло приступити проналажењу решења модела носеће структуре. Напред је већ описано какви се облици радног оптерећења могу јавити у току експлоатације машине, а у овом случају радно оптерећење је дато формулом /8.1/.

Из формуле, која представља закон померања траверзе, може се видети да је величина померања директно пропорционална величини номиналне силе. То би се могло рећи и за све остале случајеве радног оптерећења, с том разликом да би утицај других фактора, на динамичко понашање носеће структуре, био већи или мањи и временска слика померања би била другачија.

На дијаграму слике 8.2. дат је приказ утицаја величине номиналне силе на понашање односно померање траверзе у одређеном временском периоду.



Слика 8.2. Дијаграм приказа утицаја радног оптерећења на померање траверзе  $z_1$

Као што се са самог дијаграма може видети, повећање силе доводи до повећања амплитуде осциловања траверзе. Закон, односно начин кретања траверзе остаје исти. Иста су чак и критична места, тј. максимум амплитуде је после другог померања, а нестабилност система се јавља после 90 померања. Максимум амплитуде у том периоду мањи је од оног на почетку али су колебања већа.

### 8.1.2. Утицај кружне фреквенције принудне силе

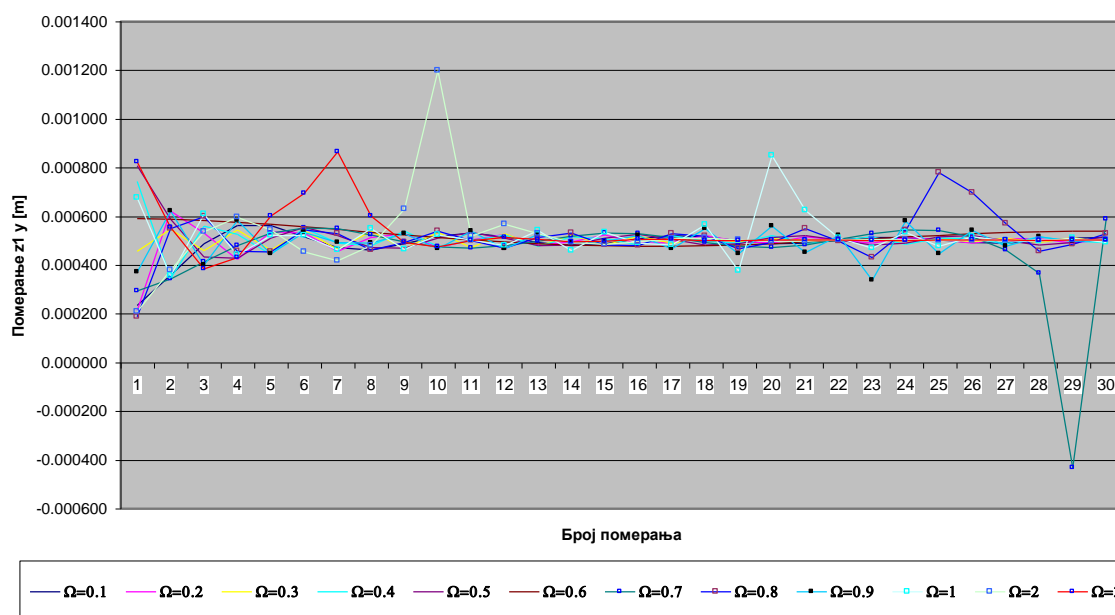
Утицај величине кружне фреквенције принудне силе на укупно померање траверзе у вертикалном правцу приказан је на дијаграму слике 8.3. Резултати

истраживања овог утицај дати су у Прилогу 26. Из приказаног дијаграма се види да је утицај шаролик и по утицају на величину амплитуде померања траверзе, као и на стабилност носеће структуре у смислу ранијег или каснијег смиривања и појаве критичних места. У овом случају величине кружних фреквенција принудне силе су узете врло мале, јер је у старту започет рад са елементима велике крутости и великих маса, за машине за одбраду деформисањем, код којих је време обраде дуго, а број ходова мали.

Да би се што јасније уочиле врсте односно начин померања траверзе један овако непрегледан дијаграм раздвојен је на неколико појединачних.

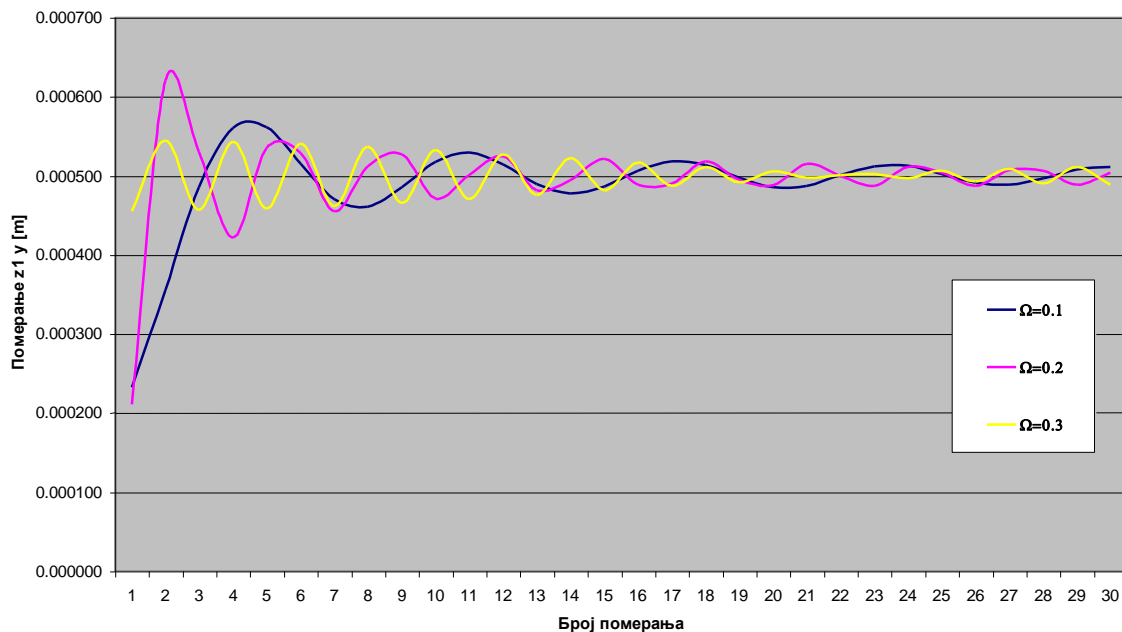
За мале величине кружне фреквенције принудне силе, од 0.1 до 0.3 у секунди односно од 6 до 18 у минути утицаји на померање траверзе дати су на дијаграму са слике 8.3. На дијаграму са слике 8.4. дат је приказ померања траверзе када су величине кружне фреквенције принудне силе 0.4 до 0.6 у секунди односно 24 до 36 у минути.

Као трећи део је дат дијаграм на слици 8.5. на коме су величине кружне фреквенције принудне силе 0.7 до 0.9 у секунди односно 42 до 54 у минути. На дијаграму са слике 8.6. приказане су промене померања траверзе када је кружне фреквенције принудне силе нешто већа и креће се од 1 до 3 по секунди, односно 60 до 180 у минути.



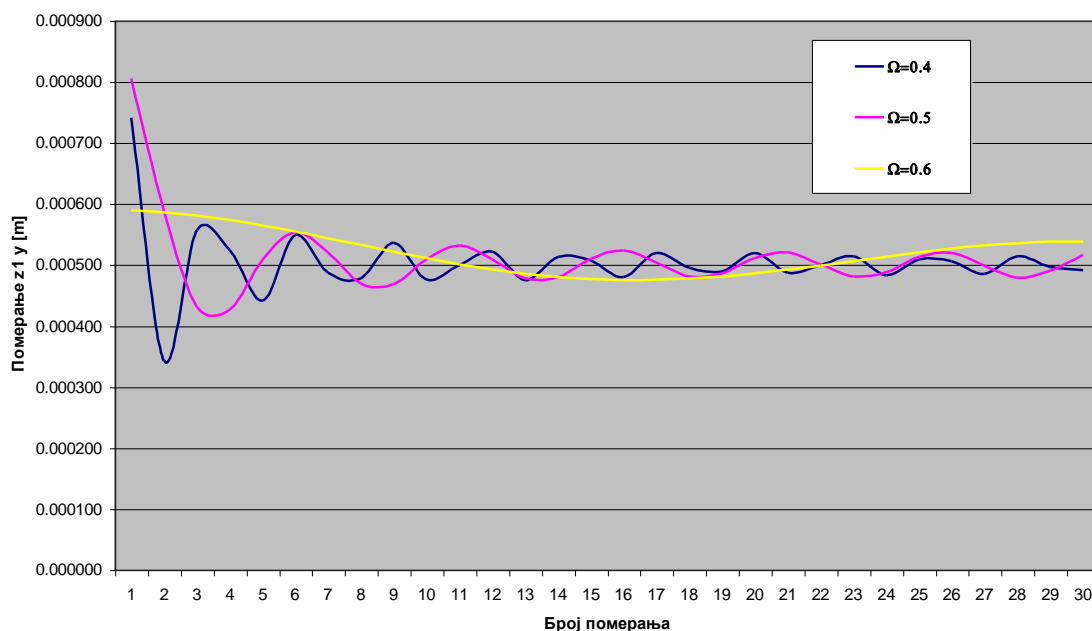
Слика 8.3. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе

Утицај малих величина кружне фреквенције принудне силе дат је на дијаграму слике 8.4. Може се лако уочити да врло брзо долази до смиривања система, као и да нема скокова у померању траверзе у вертикалном правцу.



Слика 8.4. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе

Величине кружне фреквенције принудне силе од 0.4 до 0.6 дају, као резултат који се може видети на дијаграму слике 8.5, миран рад машине односно мале амплитуде померања траверзе са тенденцијом брзог смиривања.

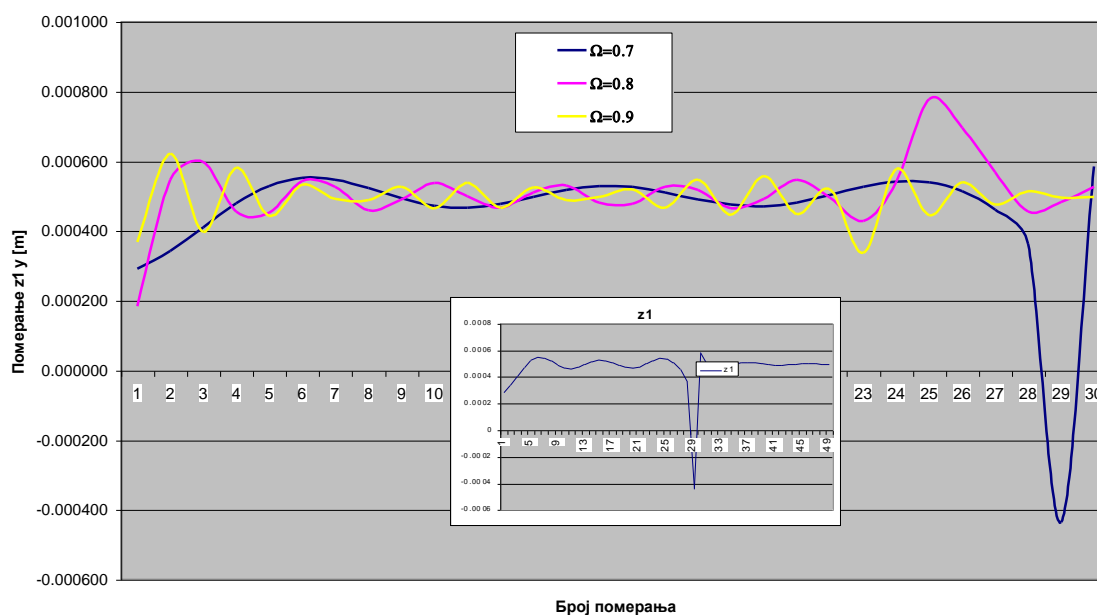


Слика 8.5. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе



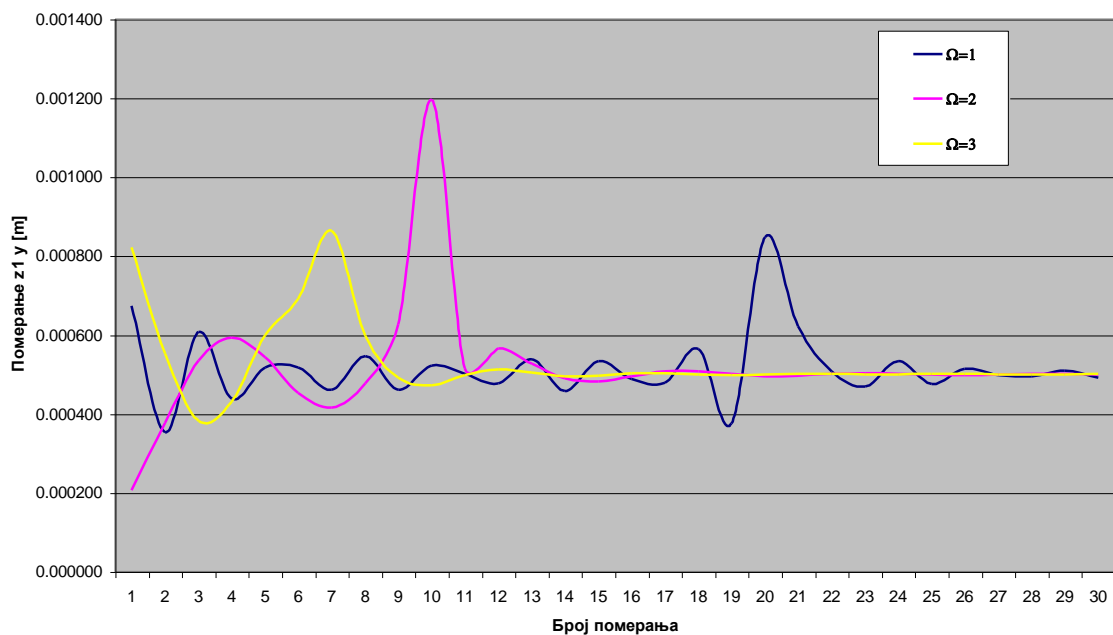
Кружне фреквенције принудне силе од 0.7 до 0.9 доводе до нестабилних стања у понашању носеће структуре. На слици 8.6. видно је да су трајања померања дужа, а и да су амплитуде веће тек након одређеног временског периода, тј. већег броја померања, што се може објаснити сабирањем осцилација појединих делова носеће структуре.

За величину кружне фреквенције принудне силе 0.7 након 29 померања долази до наглог пада амплитуде померања траверзе, након чега долази до смиривања система носеће структуре, што показује мањи дијаграм направљен само за ову величину и већи број померања..



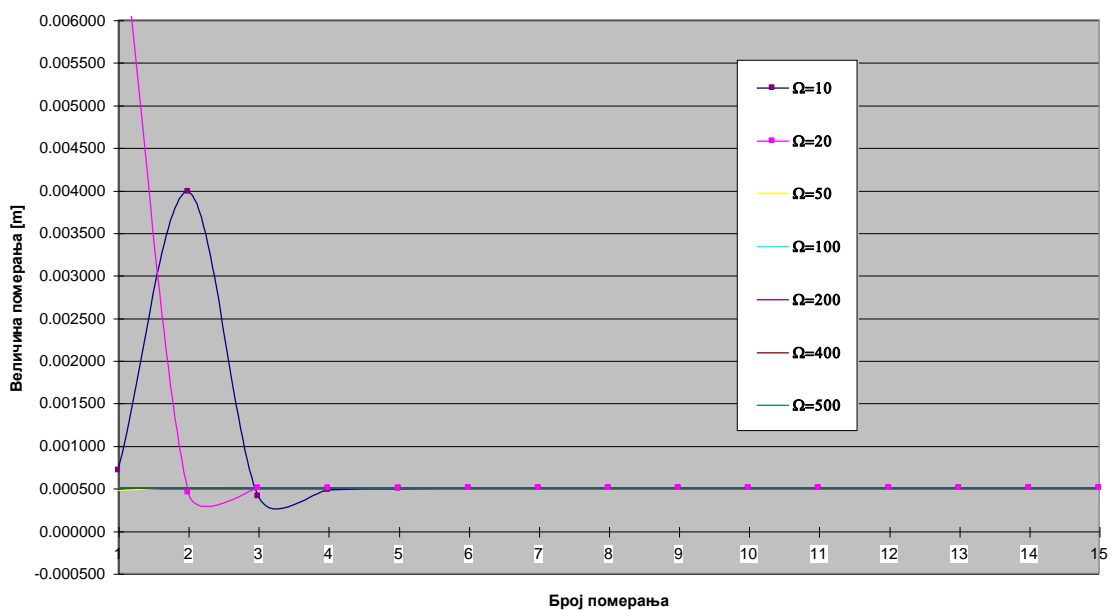
Слика 8.6. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе

На дијаграму слике 8.7. може се јасно видети разноврсност утицаја величине кружне фреквенције принудне силе на амплитуду померања траверзе, као и стабилност носеће структуре у периоду од 30 померања, након којих долази до смиривања система односно знатно мањих осцилација. У овом опсегу најнестабилнији рад изазива кружна фреквенција принудне силе величине 2, јер производи највећу амплитуду.



Слика 8.7. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе

Даљим повећањем величине кружне фреквенције принудне силе на 10 и 20, на слици 8.8. види се да постоји извесно померање траверзе, и то прилично велико. То, на срећу, траје врло кратко, у само 2-3 померања, након чега се систем скоро потпуно смирује и остаје на величини радних еластичних деформација носеће структуре.



Слика 8.8. Дијаграм утицаја кружне фреквенције принудне силе на померање траверзе

Насупрот томе још веће кружне фреквенције принудне силе, практично и не доводе до осциловања (померања) траверзе у вертикалном правцу, јер је величина померања око 1% сталне величине радне еластичне деформације.

### 8.1.3. Утицај еквивалентне крутости стубова

Еквивалентна крутост дефинисанан је изразом

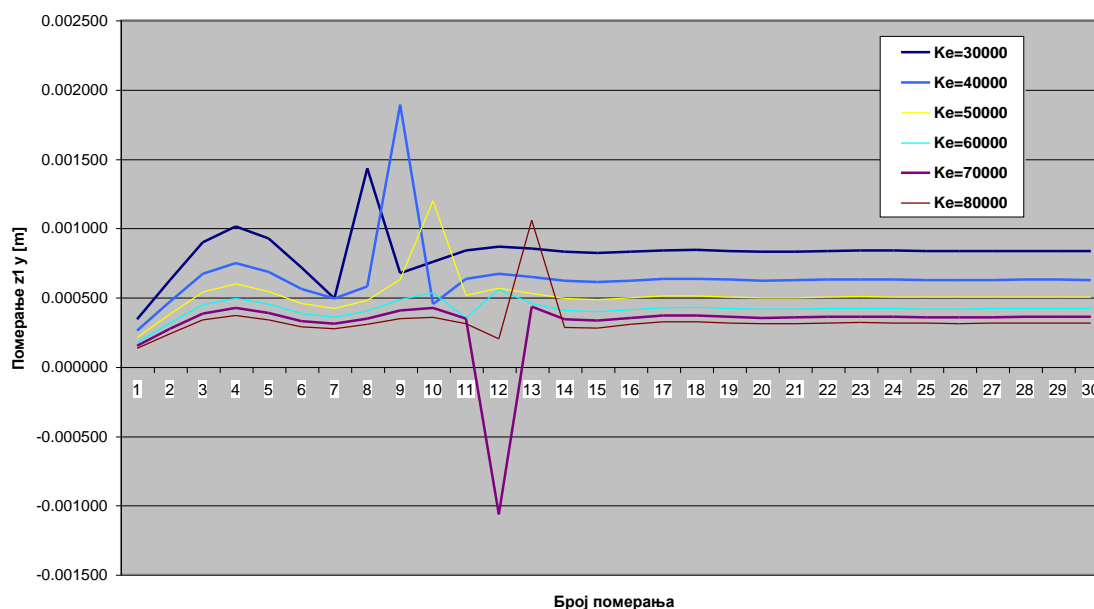
$$K_e = 2K$$

где је  $K$  крутост стубова. Крутост стубова је величина која зависи од облика површине попречног пресека стубова, тј. момента инерције стубова у посматраном правцу и модула еластичности материјала од којег је направљен стуб [31,32,33].

У претходним разматрањима, као и у експерименталним испитивањима посматрана је носећа структура са стубовима правоугаоног попречног пресека. Материјал је композитни и то гвожђе-бетон.

Добра особина композитног материјала гвожђе-бетон је да без промене површине попречног пресека односно величине елемената може да претрпи промене модула еластичности. Маса и састав бетона могу бити променљиви, а са променом учешћа челичне арматуре величина модула еластичности може се променити у веома великом опсегу.

С друге стране, врло лако се може повећати момент инерције повећањем површине попречног пресека стубова, као и осталих делова конструкције. Производни процес за добијање елемената већих димензија је занемарљиво обимнији у односу на производни процес и производне технологије потребне за добијање елемената већих димензија израђених другим материјалима.



Слика 8.9. Дијаграм утицаја еквивалентне крутости  $K_e$  на померање траверзе

На слици 8.9., као и Прилогу 25, може се видети величина утицаја различитих еквивалентних крутости, на померање траверзе у вертикалном правцу након дејства динамичке силе. Види се да мање крутости изазивају већа померања траверзе, тј. јављају се веће амплитуде, а и након смиривања система радне еластичне деформације су веће. Повећање еквивалентне крутости доводи до мањих амплитуда, нешто каснијег смиривања система, али су радне еластичне деформације мање.

На слици 8.9. може се уочити и пад амплитуде померања траверзе, односно померање траверзе које одводи до сабијања а не истезања као на претходним дијаграмима. Иако амплитуда  $N_1$  и фазни угао  $\Theta_1$  врло мало мењају своју величину, еквивалентна крутост  $K_e=70000$  умножена са масама  $m_T=400\text{kg}$  и  $m_s=200\text{kg}$  доводи до потпуне промене у слагању амплитуда, које не доводи по повећања амплитуде већ до смањења амплитуде. Када би еквивалентна крутост остала иста а масе промењене добио би се мирнији рад, без падова и супротносмерног сабирања амплитуда померања траверзе. Најкритичнија маса стубова је од  $197\text{kg}$  до  $203\text{kg}$ , јер доводе до напред описаних падова.

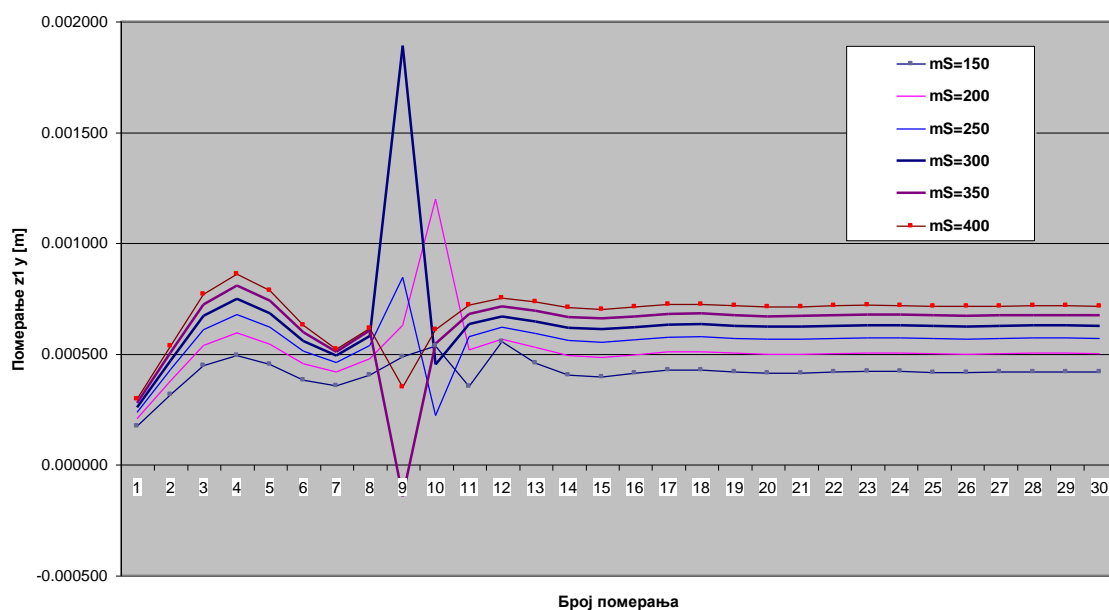
#### 8.1.4. Утицај масе радног стола

Модел носеће структуре, постављен за теоријску динамичку анализу, описан је масама и крутошћу елемената. Стубови су замењени еквивалентном крутошћу, а траверза и радни сто масама  $m_t$  и  $m_s$ .

У Прилогу 24 и на дијаграму слике 8.10. дати су подаци на основу којих је са променом масе радног стола  $m_s$ , указано на динамичко понашање носеће структуре. Може се лако видети да повећање масе радног стола доводи до повећања амплитуде померања траверзе. Само у појединим тренуцима, тј. након одређеног броја померања долази до скока амплитуде, који може бити и знатно већи. Критичне масе су масе приближно једнаке величини масе траверзе.

Како композитни материјал гвожђе-бетон може да истрпи промене у маси а за исту запремину, то се динамичко понашање носеће структуре може унапред предвидети и избећи критичне величине амплитуде померања траверзе. Сви недостаци теорије и практичног извођења носеће структуре могу се врло лако исправити и на коначној, изведеној носећој структури додавањем одговарајућих елемената за повећање масе радног стола.

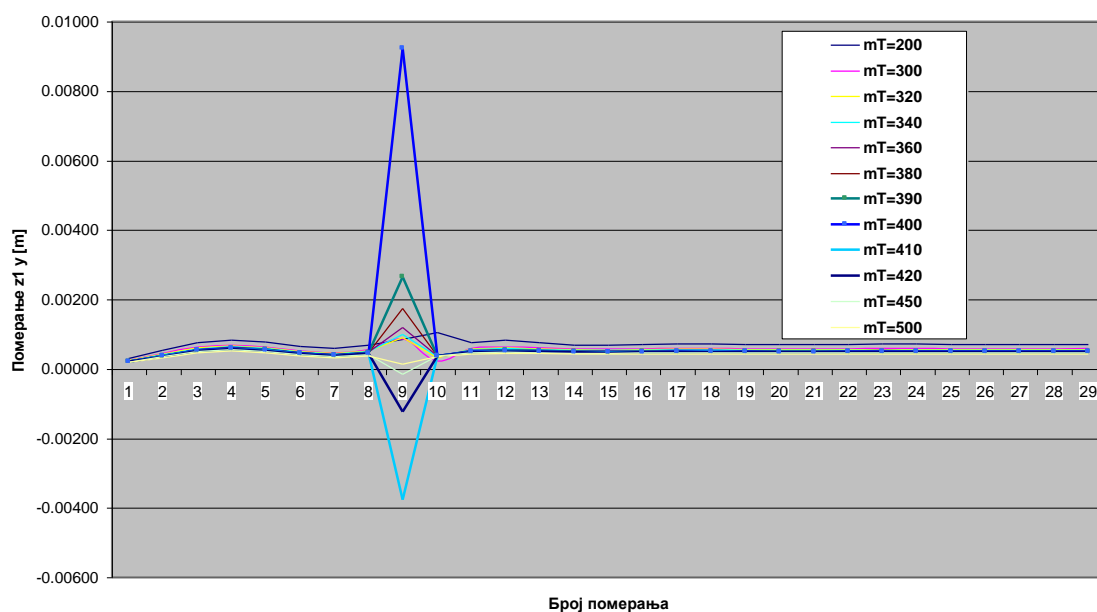
Као и у на претходном дијаграму види се утицај масе у смислу појаве величина које доводе до падова амплитуда и њиховог супротносмерног сабирања.



Слика 8.10. Дијаграм утицаја масе радног стола  $m_s$  на померање траверзе

### 8.1.5. Утицај масе траверзе

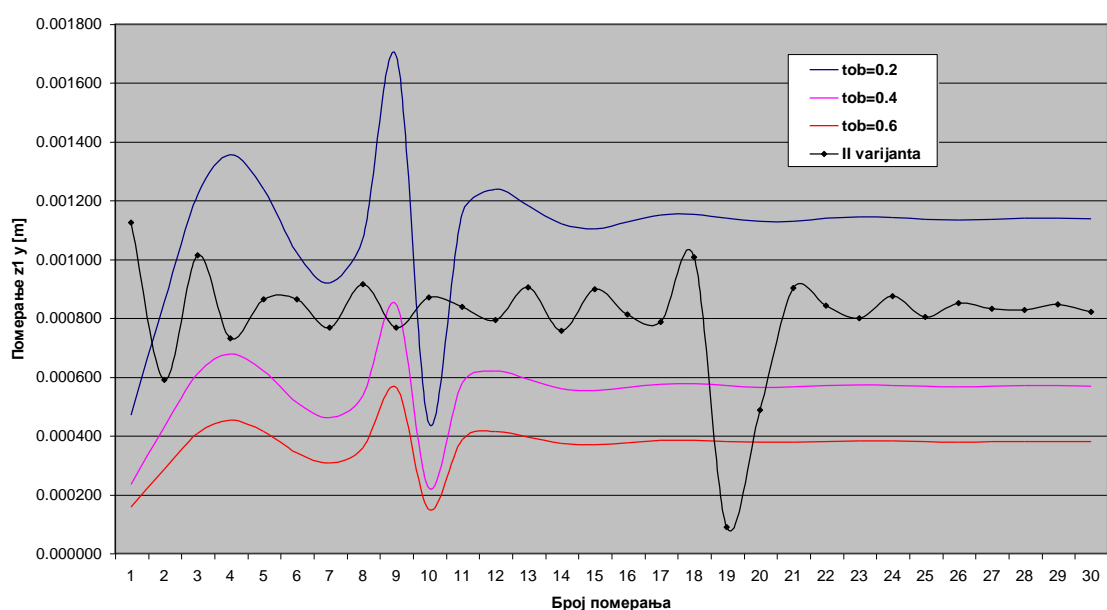
Маса траверзе, као што се види на дијаграму слике 8.11. и у Прилогу 23, може много да утиче на промену амплитуде померања исте. Критичне масе које се крећу око 400kg доводе и до вишеструког повећања амплитуде, а на основу експерименталних показатеља може се закључити да ће то довести и до лома носеће структуре. Све то може да се деси након 9 померања елемената носеће структуре, чијим свеукупним померањима долази до слагања односно сабирања амплитуде у том тренутку.



Слика 8.11. Дијаграм утицаја масе траверзе  $m_T$  на померање траверзе

### 8.1.6. Утицај времена обраде $t_{об}$

У Прилогу 22 и на слици 8.12. види се утицај времена обраде на величину амплитуде померања траверзе. Смањење времена обраде у односу на остале параметре доводи до нелинеарног повећања амплитуде. Како се време обраде за различите производне процесе знатно разликује, то значи да се за сваку конкретну машину, тј. носећу структуру мора приступити промени осталих параметара да би промена амплитуде остала у дозвољеном подручју.



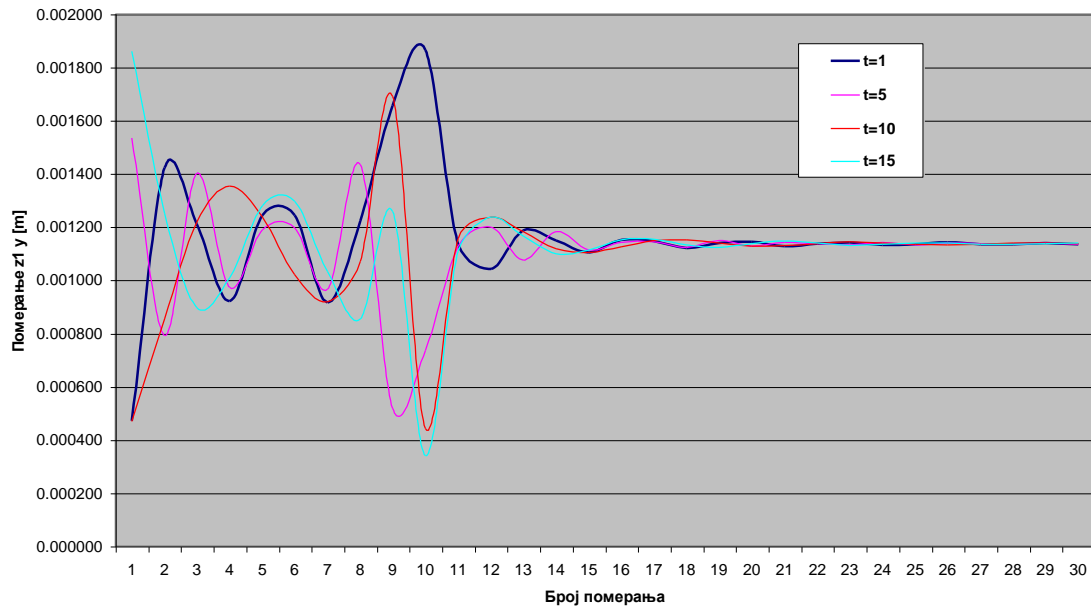
Слика 8.12. Дијаграм утицаја времена обраде  $t_{об}$  на померање траверзе

Линија означена као II варијанта модела носеће структуре представља резултат када су измењене масе траверзе  $m_t=200$  и масе радног стола  $m_s=400\text{kg}$ , време обраде  $t_{об}=0.2$ , а остали параметри су исти као у претходној анализи. Сама прерасподела маса донекле је умањила величину амплитуде померања траверзе, тако да се може умањити и време обраде.

### 8.1.7. Утицај времена $t$

Време посматрања процеса динамичког понашања носеће структуре и његов утицај приказани су на слици 8.13. Резултати добијени испитивањем утицаја времена дати су у Прилогу 21. Док су сви остали параметри исти, овај параметар својом променом изазива мале промене у динамичком понашању носеће структуре. Долази до повећања величине амплитуде, али у мањем опсегу, и који није у области критичних величина.

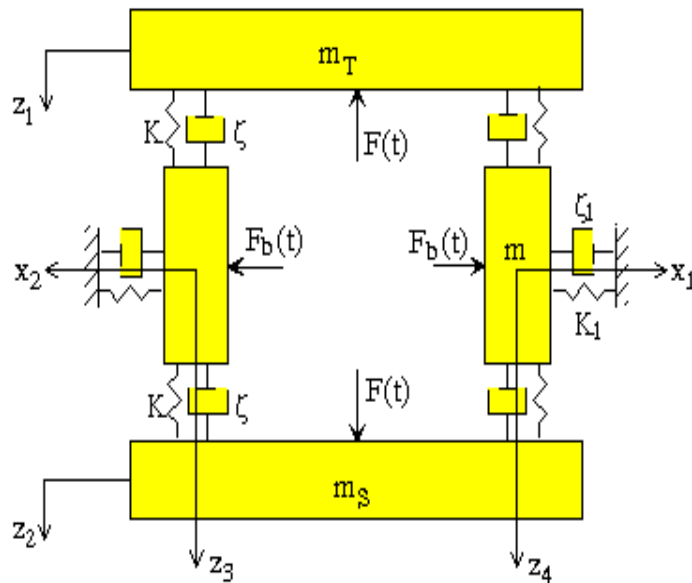
Независно од величине овог временског периода након броја померања већег од 15 долази до смиривања система, тј. величина амплитуде померања траверзе се стабилизује.



Слика 8.13. Дијаграм утицаја времена  $t$  на померање траверзе

## 8.2. Осциловање стубова

Модел 2. приказан на слици 8.14. примењује се у случајевима када су вођице извршног дела машине саставни део носеће структуре [28]. То је случај када су вођице постављене на стубовима и самим тим пренос радног оптерећења преко алата и вођица, а због ексцентричности дејства радног оптерећења, утиче на напоне у стубовима. Формиран је аналогним упрошћењима извршеним при формирању модела 1., само су стубови носеће структуре замењени масама ( $m$ ), јер постоје бочне силе  $F_b(t)$ . Ове бочне силе су у функционалној зависности од закона промене деформационе силе  $F(t)$ , тј. директно су му сразмерне.



Слика 8.14, Динамички модел 2. затворене носеће структуре

Ако закон промене бочне силе гласи

$$F_b(t) = f_p \frac{F_n}{t_{ob}} t = f_p \frac{F_n}{t_{ob}} \left( \frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega t}{n\pi} \right)$$

добија се **закон померања стуба носеће структуре** у  $x$  - правцу, односно његовог осциловања

$$x_1 = \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot 2 \cdot \omega_1^2} + \sum_{n=1}^{\infty} N_1 \cos(n\Omega t - \Theta_1)$$

где су амплитуда  $N_1$  и фазни угао  $\Theta_1$  одређени једначинама

$$N_1 = \frac{F_n \cdot f_p}{t_{ob} \cdot m \cdot n \cdot \pi} \frac{1}{\sqrt{(\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2)^2 + 4 \cdot \delta_1^2 \cdot n^2 \cdot \Omega^2}}$$

$$\Theta_1 = -\arctg \frac{\omega_1^2 - n^2 \cdot \Omega^2}{2 \cdot \delta_1 \cdot n \cdot \Omega}$$



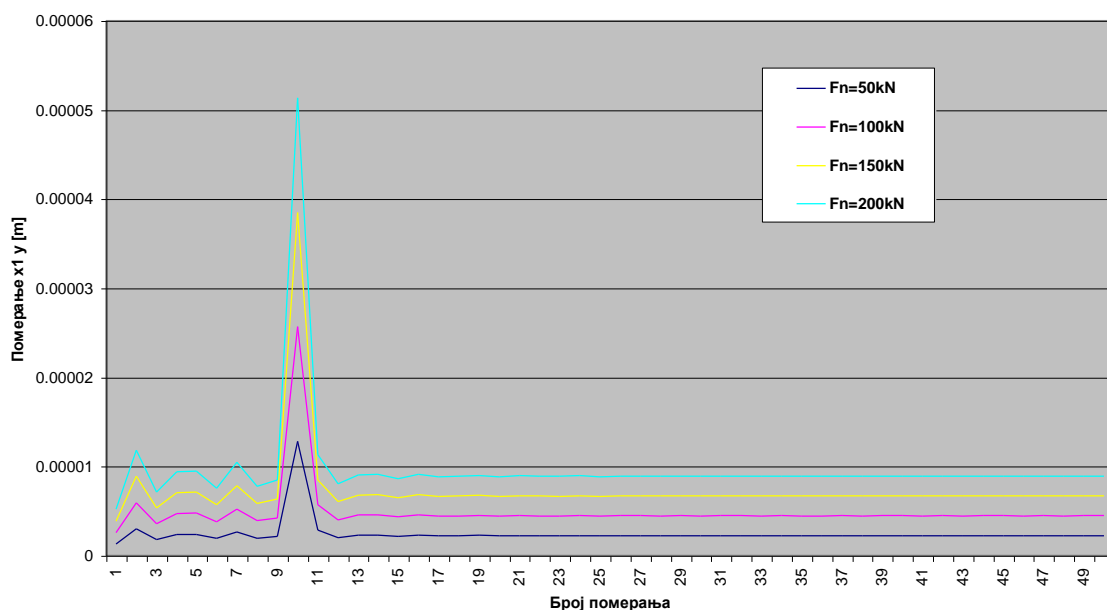
Из закона померања стубова види се да на динамичко понашање истих утичу:

- $F_n$  - величина номиналне силе
- $f_p$  - параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре
- $\omega_1$  - кружна фреквенција сопствених слободних осцилација
- $\Omega$  - кружна фреквенција принудне силе
- $\delta_1$  - коефицијент пригушења за одговарајућу масу,
- $m$  - маса стубова
- $t_{ob}$  - време обраде
- $t$  - време посматрања
- $n$  - број понављања осцилација

### 8.2.1. Утицај величине номиналне силе $F_n$

Утицај величине номиналне силе види се на дијаграму са слике 8.15., а резултати су дати у Прилогу 36. Лако се може видети да повећање силе доводи до повећања амплитуде осциловања стубова у хоризонталном правцу, и то увек у истом временском тренутку од почетка оптерећења система. Након једног критичног периода у раду машине, долази до смиривања система и величина радне еластичне деформације постаје приближно константна. И ова величина је већа са повећањем номиналне силе.

Може се приметити да је величина померања стубова у хоризонталном правцу далеко мања од величине померања траверзе у вертикалном правцу за исту величину оптерећења. То је и био један већи проблем и задатак је успешно одрађен, јер већа померања могу довести до веће ексцентричности алата. Већа ексцентричност алата доводи до још већих оптерећења на стубовима, а може доћи и до ломова.



Слика 8.15. Дијаграм утицаја величине радног оптерећења на амплитуду померања стубова  $x_1$

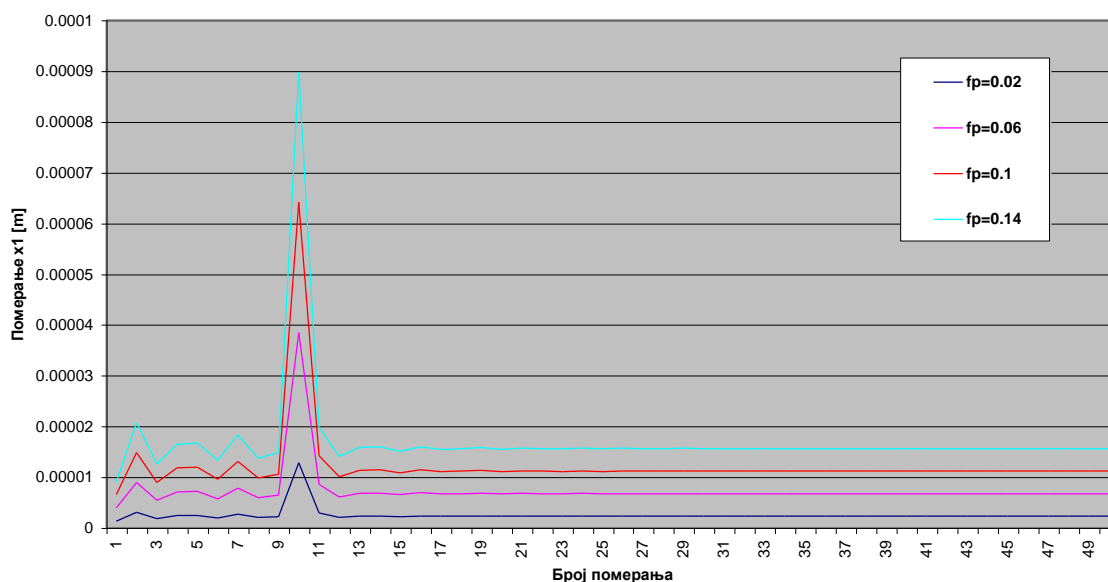
### 8.2.2. Утицај параметра који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре $f_p$

У зависности од конструктивног извођења вођица на стубовима, као и од квалитета односно толеранција израде истих, може се десити да различите вођице преносе различито радно оптерећење на стубове.

Независно од тога узето је да се утицај радног оптерећења на стубове може пренети у оквиру од 2% до 14% од номиналног оптерећења.

На слици 8.16. и у Прилогу 37. дати су резултати, на основу којих се може видети да повећање процента утицаја номиналне силе изазива веће амплитуде, и то линеарним трендом. За случај линеарног повећања номиналне силе долази до линеарног повећања амплитуде померања стубова.

Ова анализа доводи до тога да је за веће номиналне силе потребно уградити квалитетније вођице, са мањим процентима утицаја, а за мање номиналне силе могу се уградити и вођице лошијих карактеристика, са већим процентом утицаја. На тај начин, динамичко понашање стубова, тј. величине померања стубова у хоризонталном правцу могу бити предвиђене и унапред сведене на минималну меру.



Слика 8.15. Дијаграм утицаја односа деформационе силе и силе на стубовима на амплитуду померања стубова  $x_1$

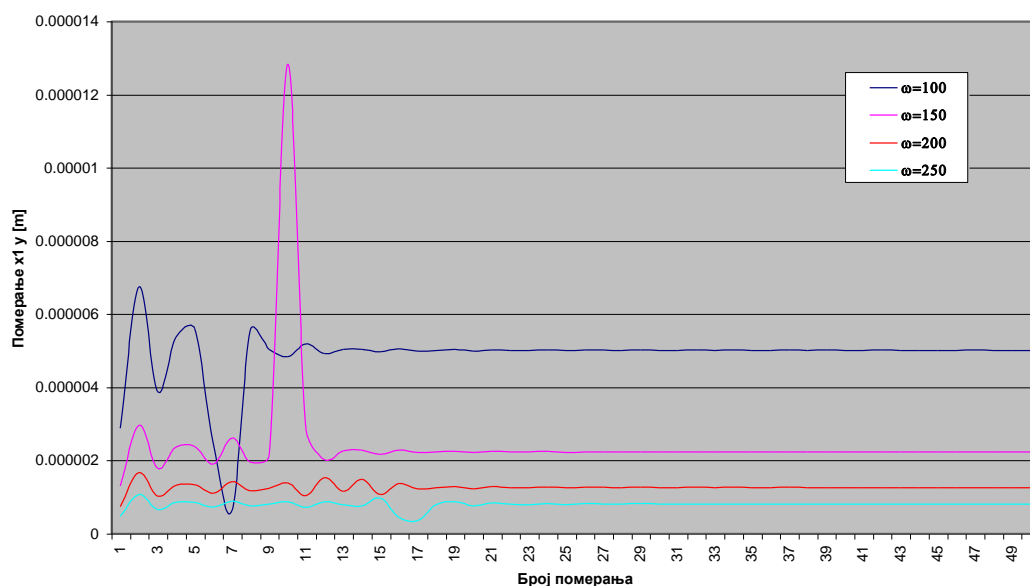
### 8.2.3. Утицај кружне фреквенције сопствених слободних осцилација $\omega_1$

Сопствена фреквенција представља закон померања носеће структуре која је једном оптерећена и остављена да осцилује у зависности од сопствених маса. Како у пракси свака машина има нешто мало другачији распоред прикључака и делова, тј. маса то се и сопствене осцилације мењају у веома широком дијапазону величина.

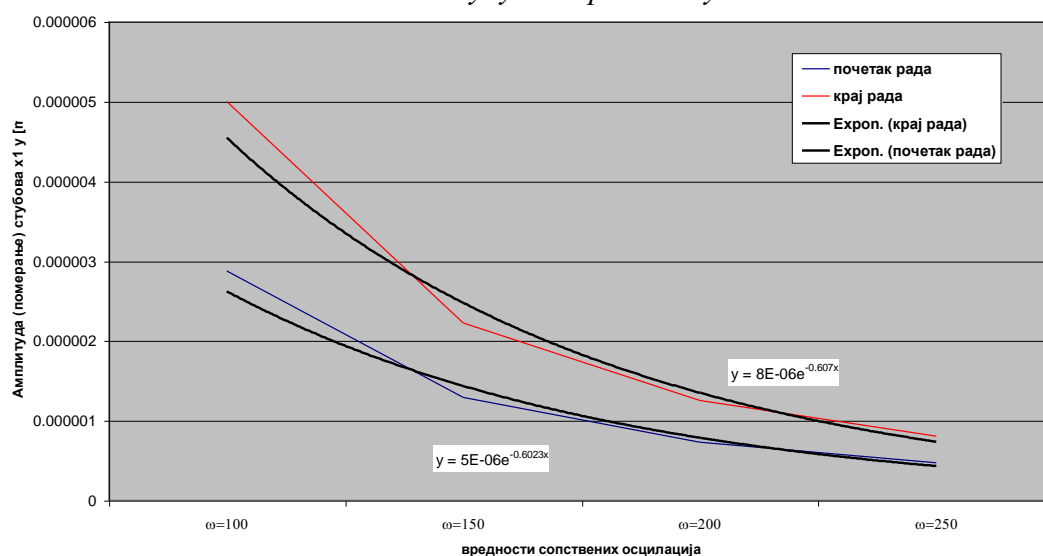
За модел који је изабран променљивост величина попречних пресека и димензије истих, у комбинацији са могућношћу промене масе композитног материјала гвожђе-бетон даје широк спектар различитих величина сопствене осцилације носеће структуре.

Утицај величине сопствених осцилација на померање стубова у хоризонталном правцу дат је на дијаграму са слике 8.17., а резултати су дати у Прилогу 35. Види се да различите сопствене осцилације доводе до бржег или споријег смиривања система, а може се уочити и да је са повећањем величине сопствене осцилације, амплитуда мања и да се на крају радна еластична деформација смањује. Због поклапања сопствених осцилација са принудним у одређеном тренутку долази до наглог скока или пада амплитуде померања. Избегавање ових критичних места или величина може се лако прорачунати променом једног од параметара који утичу на величину сопствених осцилација (маса или димензија).

На дијаграму са слике 8.18. види се да утицај сопствених осцилација на почетку рада и на крају рада није исти. Док се на почетку рада резултати утицаја знатно разликују, на крају рада тај утицај се умањује.



Слика 8.17. Дијаграм утицаја сопствене осцилације на амплитуду померања стубова  $x_1$



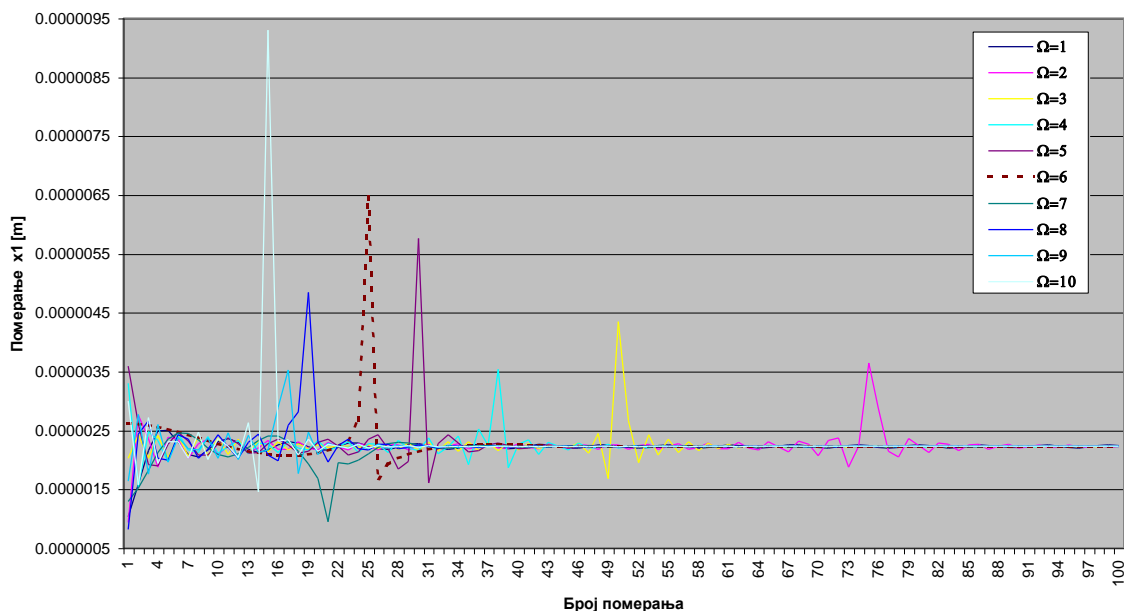
Слика 8.18. Дијаграм промене амплитуде померања стубова  $x_1$  на почетку и крају рада у зависности од сопствене осцилације

### 8.2.4. Утицај кружне фреквенције принудне силе $\Omega$

На сликама 8.19., 8.20. и 8.21. дат је приказ утицаја кружне фреквенције принудне силе на динамичко понашање стубова, тј. померање стубова у хоризонталном правцу.

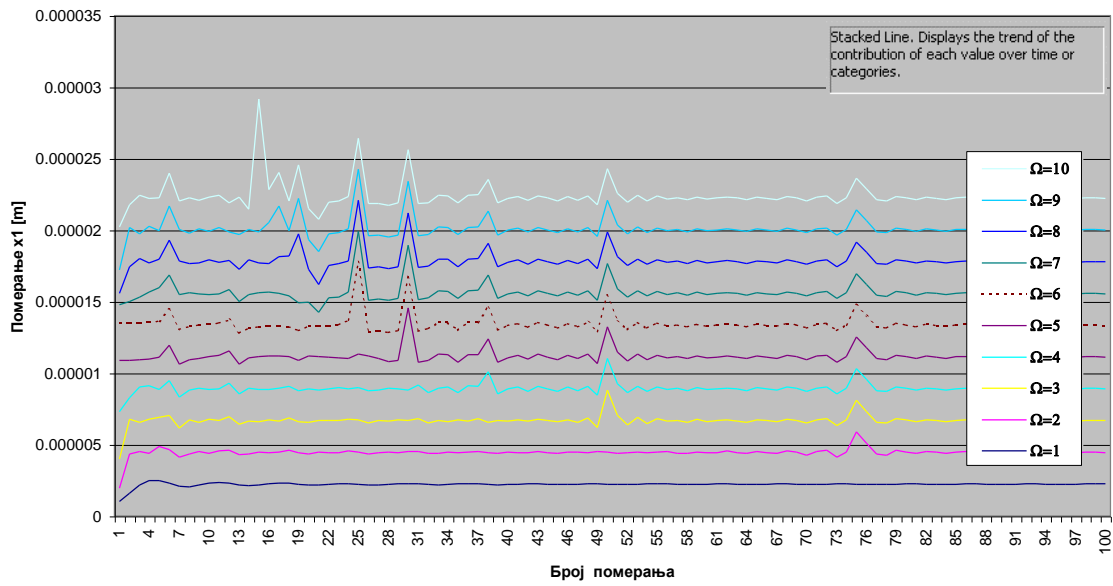
Како је у обради деформисањем кружна фреквенција принудне силе мала, а и како је речено да веће кружне фреквенције не доводе до битнијих промена у амплитуди померања траверзе, то је овде узет у разматрање утицај величине кружне фреквенције принудне силе у опсегу од 1 до 10 на дијаграму 8.19. и од 5 до 15 на дијаграму 8.21.

Поклапање фреквенције принудне силе са сопственим фреквенцијама и уопште слагање амплитуда у току процеса обраде, тј. у одређеном временском периоду посматрања, види се да долази до скокова и падова амплитуде померања стубова у хоризонталном правцу. За веће кружне фреквенције већа је и амплитуда, али након тога брже долази до смиривања система.

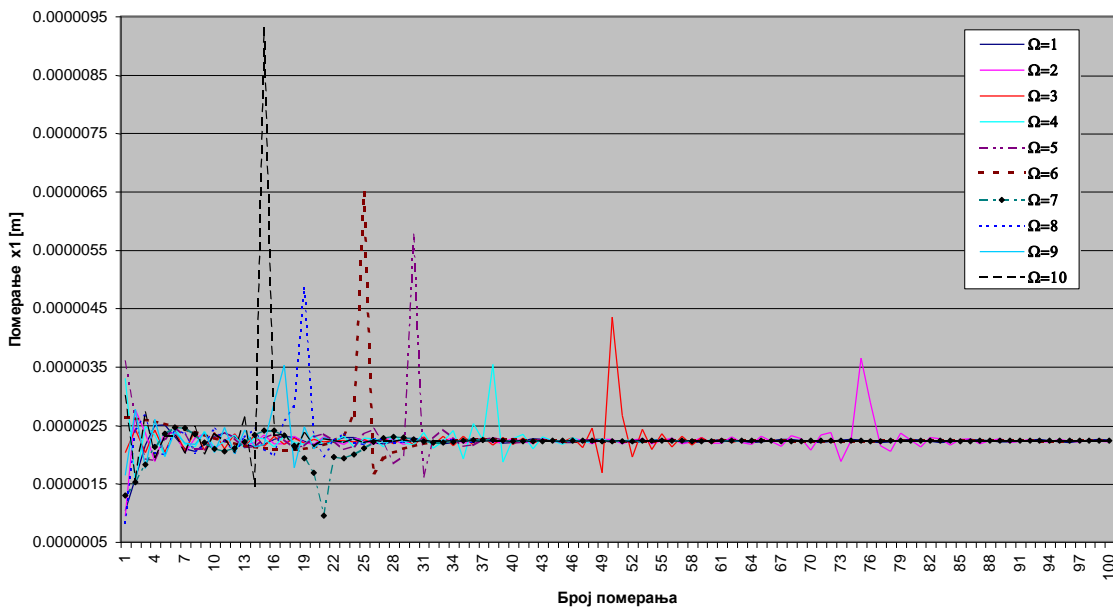


Слика 8.19. Дијаграм утицаја принудне осцилације на амплитуду померања стубова  $x_1$

Дијаграм 8.20. на други начин приказује исте криве, за исте параметре, али померене једну у односу на другу ради лакшег уочавања разлика и критичних места.



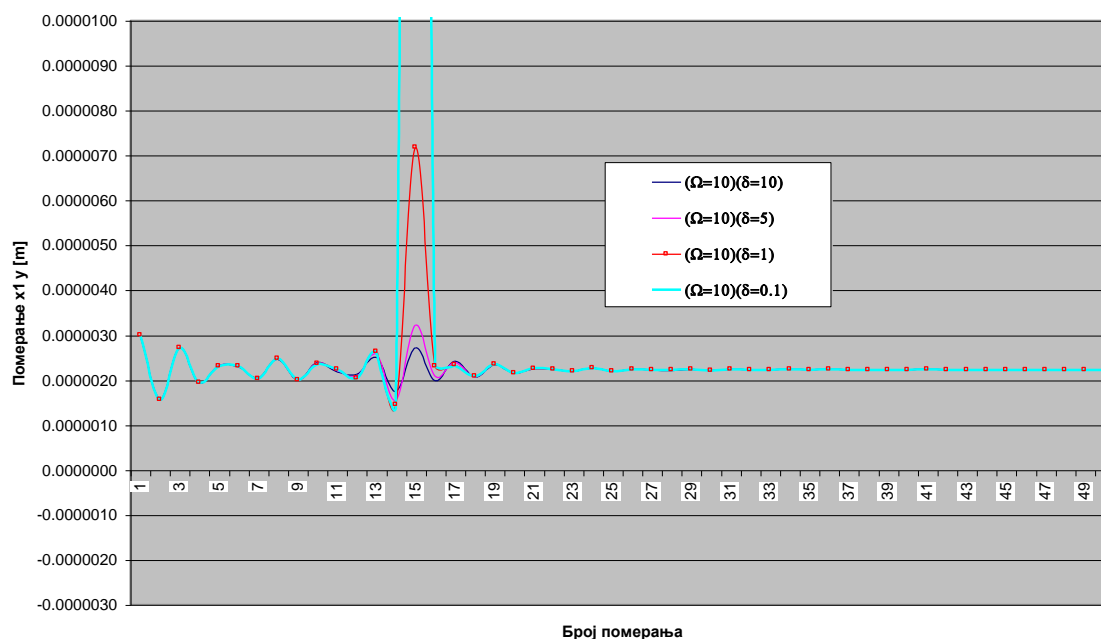
Слика 8.20. Дијаграм утицаја принудне осцилације на амплитуду померања стубова приказан са помереним амплитудима, за лакше уочавање разлика



Слика 8.21. Дијаграм утицаја принудне осцилације на амплитуду померања стубова  $x_1$

### 8.2.5. Утицај коефицијента пригушења за одговарајући материјал $\delta_1$

Коефицијент пригушења за одговарајући уграђени материјал, један је од кључних фактора који утичу на динамичко понашање носеће структуре у целини односно њених делова појединачно. Коефицијент пригушења зависи од врсте материјала, и у случају композитног материјала гвожђе-бетон то је до сада недовољно истражена и може се рећи недовољно позната величина.



Слика 8.22. Дијаграм утицаја коефицијента пригушења композитног материјала на амплитуду померања стубова  $x_1$

Како је понашање овог композитног материјала неједнако у различитим правцима и услед различитих врста напрезања, то је проблем одређивања коефицијента пригушења још компликованији.

Различити састави композитног материјала, у смислу већег или мањег процента арматуре, могу знатно да утичу на коефицијент пригушења.

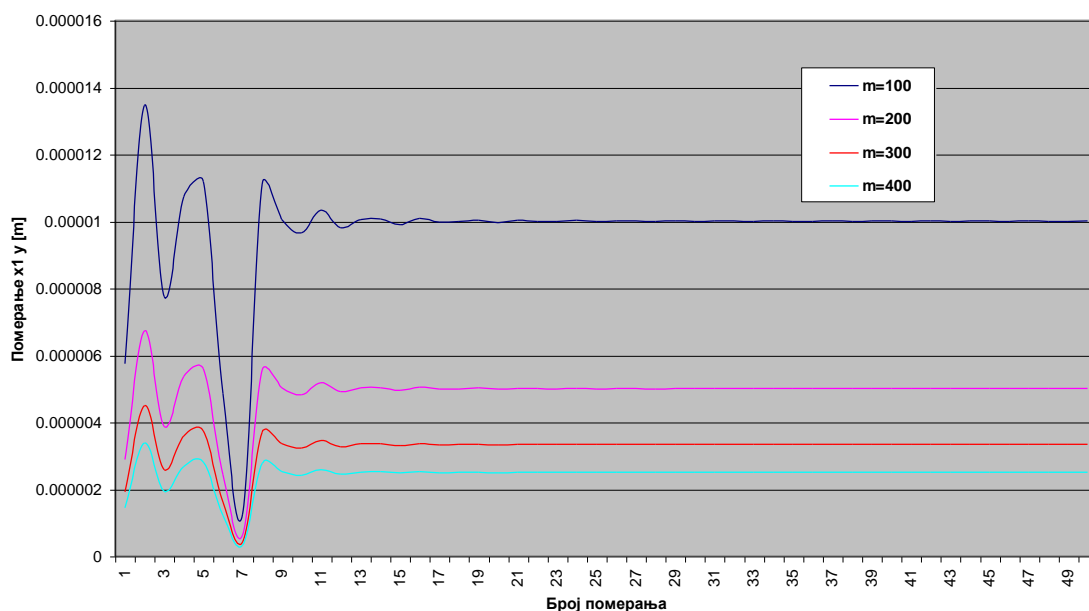
На дијаграму са слике 8.22. види се да коефицијент пригушења има велики утицај на амплитуду померања стубова у хоризонталном правцу. За одговарајућу конструкцију, са одређеним димензијама и масама, као и за одређене величине силе и принудне фреквенције види се да мали коефицијент пригушења може да доведе и до резонанције.

На основу резултата добијених експерименталним испитивањима, као и резултата испитивања модула еластичности композитног материјала гвожђе-бетон, добијена је граница еластичних деформација. На основу те границе постављена је и граница на дијаграму, на основу које се може утврдити да је за овде примењени композитни материјал, коефицијент пригушења око 0.6.

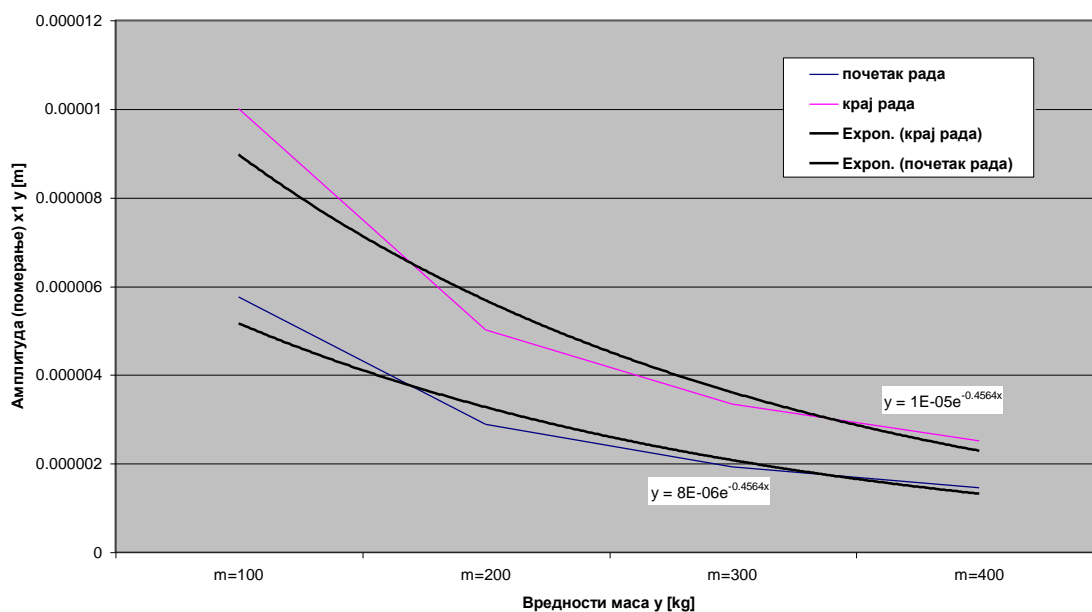
### 8.2.6. Утицај масе стубова $m$

Утицај масе стубова на динамичко понашање носеће структуре односно померање стубова у хоризонталном правцу, приказан је у Прилогу 34, односно на слици 8.23. Повећање масе доводи до смањења амплитуде осциловања стубова, брже долази до смиривања система, а и крајња радна еластична деформација је мања. Промена масе нелинеарно утиче на смањење амплитуде, и то је приказано на слици 8.24. Мало повећање масе изазива веће смањење амплитуда осциловања стубова.

Још једном се, на врло добар начин, указује на добру особину композитног материјала гвожђе-бетон да може у оквиру истих габарита да постигне већу масу. Треба напоменути да се са постизањем веће масе увек постижу и друге добре особине овог композитног материјала, тј. повећавају се чврстоћа и модул еластичности, што с друге стране даје већи степен сигурности да је повећање масе сигуран фактор у тренутку када треба смањити осцилације целог система па и стубова.



Слика 8.23. Дијаграм утицаја масе стубова од композитног материјала на амплитуду померања стубова  $x_1$



Слика 8.24. Дијаграм утицаја масе стубова од композитног материјала на амплитуду померања стубова  $x_1$  на почетку и крају рада

На дијаграму са слике 8.24. је дата програмски добијена, експоненцијална крива, са својом једначином, на основу које се може за већи број различитих композитних материјала гвожђе-бетон са различитим масама, одредити величина амплитуде померања стубова у хоризонталном правцу.

### 8.2.7. Утицај времена обраде $t_{об}$

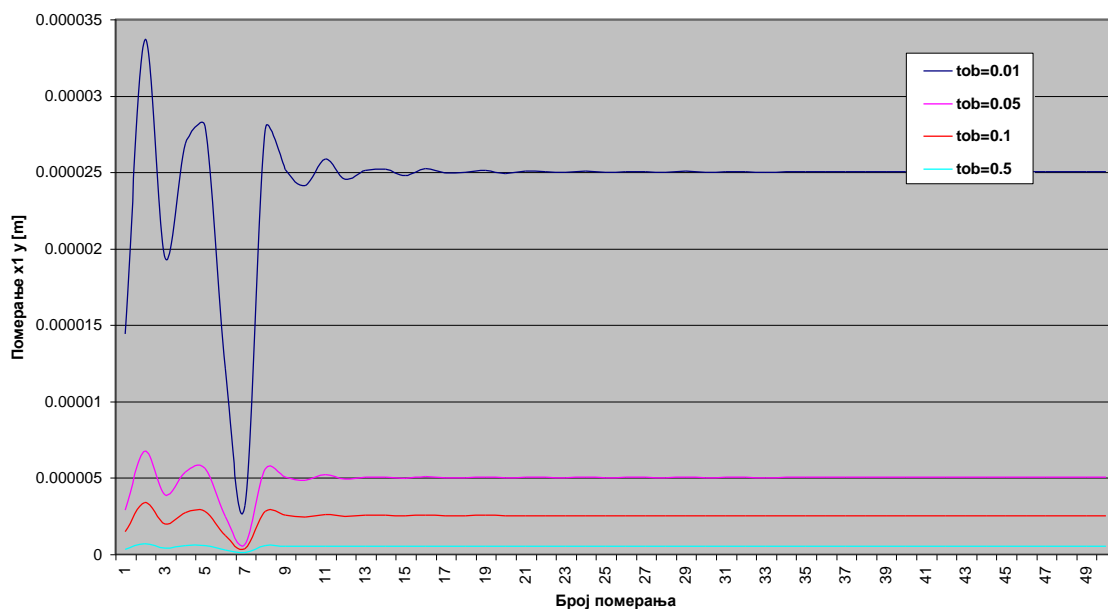
Време обраде за различите производне технологије траје различито и може се мењати у великом опсегу. Код машина за обраду деформисањем време обраде се може мерити секундама или деловима секунде, из разлога што је и природа принудне силе таква да се процес добијања једног радног комада добија у том истом периоду.

Утицај времена обраде, приказан у Прилогу 33. односно на дијаграму са слике 8.25., указује на велико повећање амплитуде осциловања стубова у хоризонталном правцу са смањењем времена обраде. То је сасвим логично јер са великим бројем понављања долази до већег сабирања померања, која се чак и не сабирају већ умножавају и на тај начин доводе до великих повећања амплитуде померања стубова у хоризонталном правцу.

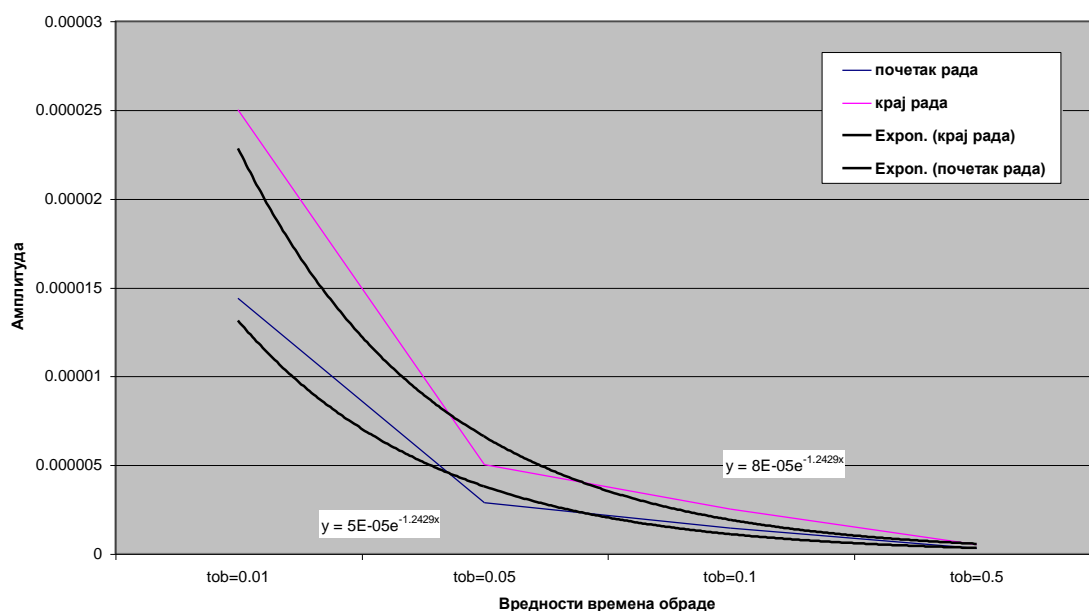
Нелинеарност увећања амплитуде са смањењем времена обраде дата је на слици 8.26. Може се уочити и разлика на почетку рада и након смиривања система, тј. после одређеног броја померања, када постоје само радне еластичне деформације стубова.



На слици 8.26. је дата и, програмски добијена, експоненцијална крива, са својом једначином, на основу које се може за сваки обрадни процес, и свако време обраде, одредити величина амплитуде померања стубова у хоризонталном правцу.



Слика 8.25. Дијаграм утицаја трајања радног оптерећења на амплитуду померања стубова  $x_1$



Слика 8.26. Дијаграм утицаја трајања радног оптерећења на амплитуду померања стубова  $x_1$  на почетку и крају рада

## 9. АНАЛИЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИХ ИСПИТИВАЊА НОСЕЋИХ СТРУКТУРА МАШИНА

Експериментална испитивања представљају једну од метода за проналажење или потврђивање података потребних за анализу свих врста питања. Тако је и са питањем динамичке издржљивости носећих структура машина и из тог разлога ће и овде бити искоришћени резултати експерименталних испитивања.

Након обимне анализе фактора који утичу на динамичко понашање, урађена су експериментална испитивања /36/. На основу анализе утицајних фактора урађена су два модела. Многи од фактора, у овим испитивањима, нису могли бити узети у обзир, али су као кључни фактори јасно утврђени и посматрани:

- композитни материјал гвожђе-бетон
- врста носеће структуре
- врста и величина оптерећења.

У поглављу 7. наведене су величине, које као утицајни фактори, могу да утичу на динамичко понашање носеће структуре, и то су:

- чврстоћа бетона,
- чврстоћа арматуре (гвожђа)

Склопни цртежи, са позицијама, материјалима и димензијама дати су у Прилогу А и Прилогу Б, а изглед изведених конструкција дат је на сликама 9.1 и 9.2. Једноделна конструкција је приказана без пратеће опреме за испитивање и виде се само мерне траке. Вишеделна конструкција је приказана са пратећом опремом за испитивање односно клипним уређајем који ће оптеретити конструкцију уместо алата у процесу рада.

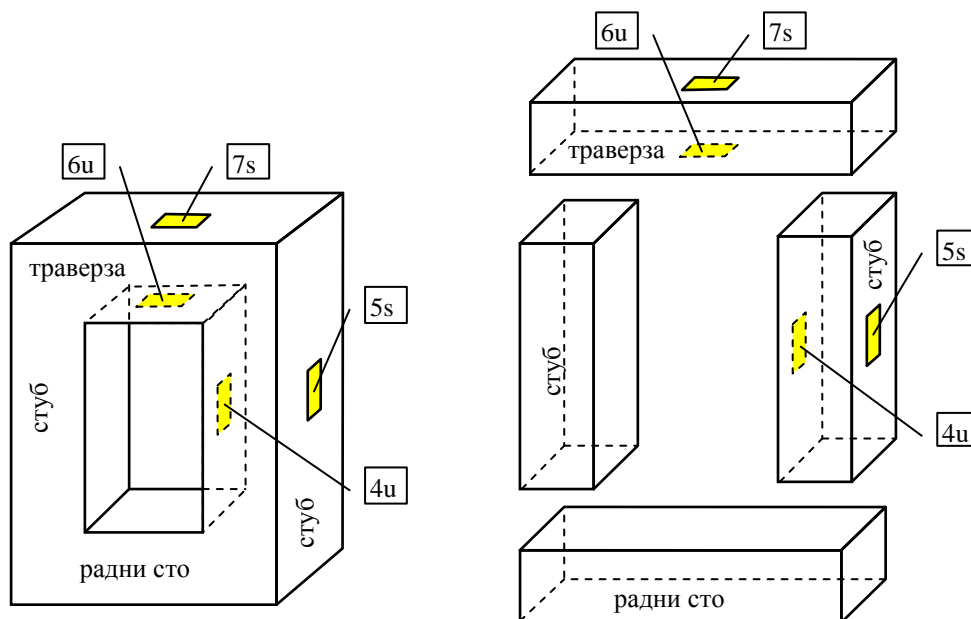


*Слика 9.1. Једноделна носећа структура машина израђена од композитног материјала гвожђе-бетон*



Слика 9.2. Вишеделна носећа структура машина израђена од композитног материјала гвожђе-бетон

На основу анализе утицајних фактора утврђена су критична места на носећој структури, на којима ће бити посматране промене деформација и напона, и из тог разлога је постављање мерних трака и прикључивање истих на мерну опрему урађено према шеми на слици 9.3. Бројке на шеми представљају број прикључка на инструменту, а словне ознаке “u” и “s” представљају унутрашњу односно спољну страну радног стола односно траверзе.



Слика 9.3. Приказ положаја мерних места и њиховог означавања

### Испитивање једноделне конструкције

На слици 9.4 приказана је композиција једноделне носеће структуре, мерне опреме и уређаја за побуђивање односно радно оптерећење носеће структуре у току испитивања. Након испитивања утврђено је чињенично стање, тј. усликан је резултат

оптерећивања до максимума односно појаве пукотине носеће структуре (слика 9.5 и слика 9.6). Измерене величине, потребне за анализу динамичког понашања, дате су у табелама 9.1 и 9.2. Дијаграми на којима се може графички видети промена деформација и напона на конструкцији дати су на сликама 9.7 и 9.8.



*Слика 9.4. Композиција једноделне носеће структуре, мерног уређаја и опреме за оптерећивање*



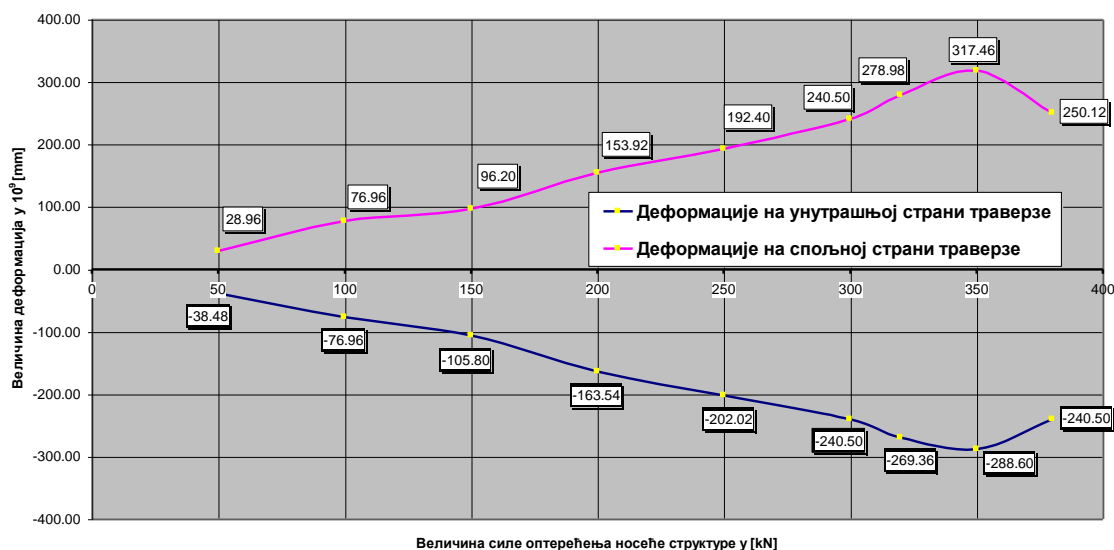
*Слика 9.5. Приказ пукотине у левом углу носеће структуре*



*Слика 9.6. Приказ пукотине у десном углу носеће структуре*

Табела 9.1. Измерене деформације мерних трака на једноделној носећој структури у току испитивања

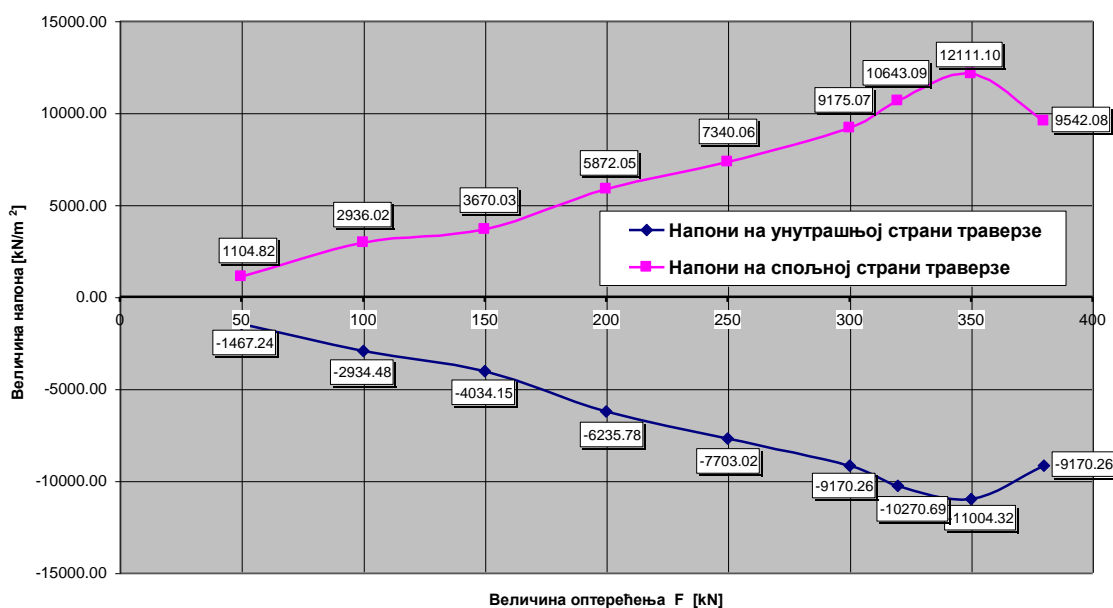
IZMERENE DEFORMACIJE						
Sila	Merna mesta					
	Davač sile		Stub		Traverza	
F [kN]	2a	3b	4u	5s	6u	7s
50	-130	-190	-19.24	0.00	-38.48	28.96
100	-360	-290	-38.48	9.62	-76.96	76.96
150	-690	-380	-57.96	9.62	-105.80	96.20
200	-850	-470	-76.96	19.24	-163.54	153.92
250	-1070	-550	-96.20	28.96	-202.02	192.40
300	-1200	-650	-115.44	28.96	-240.50	240.50
320	-1290	-690	-125.06	28.96	-269.36	278.98
350	-1370	-730	-144.30	38.48	-288.60	317.46
380	-1310	-720	-115.44	28.96	-240.50	250.12



Слика 9.7. Дијаграм приказа измерених вредности деформација мерне траке на спољној и унутрашњој страни траверзе

Табела 9.2. Измерени напони у конструкцији на месту постављених мерних трака, на једноделној носећој структури у току испитивања

IZMERENI NAPONI						
Sila	Merna mesta					
	Davač sile		Stub		Traverza	
F [kN]	2a	3b	4u	5s	6u	7s
50	-25948	-37924	-737.08	0.00	-1467.24	1104.82
100	-71856	-57884	-1474.17	368.54	-2934.48	2936.02
150	-137724	-75848	-2220.45	368.54	-4034.15	3670.03
200	-169660	-93812	-2948.34	737.08	-6235.78	5872.05
250	-213572	-109780	-3685.42	1109.46	-7703.02	7340.06
300	-239520	-129740	-4422.51	1109.46	-9170.26	9175.07
320	-257484	-137724	-4791.05	1109.46	-10270.69	10643.09
350	-273452	-145708	-5528.13	1474.17	-11004.32	12111.10
380	-261476	-143712	-4422.51	1109.46	-9170.26	9542.08

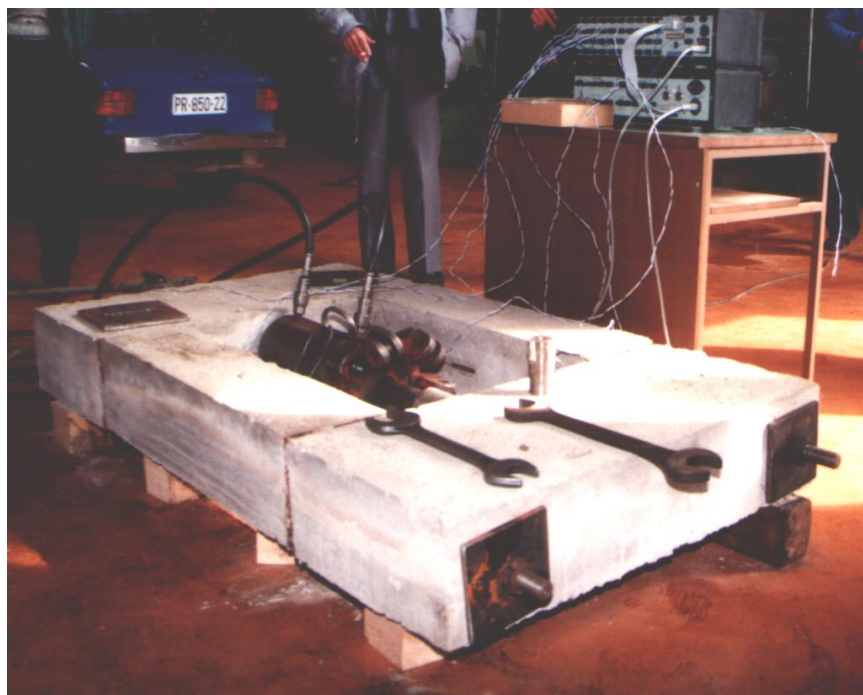


Слика 9.8. Дијаграм приказа вредности сложених напона на траверзи услед оптерећења силом  $F$

### Испитивање вишеделне конструкције

На слици 9.9. приказана је композиција вишеделне носеће структуре, мерне опреме и уређаја за побуђивање односно радно оптерећење носеће структуре у току испитивања. Након испитивања утврђено је чињенично стање, тј. усликан је резултат оптерећивања до максимума односно појаве пукотине носеће структуре (слика 9.10). Измерене величине, потребне за анализу динамичког понашања, дате су у табелама 9.3 и 9.4. На дијаграму са слике 9.11 види се промена напона на конструкцији у току испитивања.





*Слика 9.9. Композиција вишеделне носеће структуре, мерног уређаја и опреме за оптерећивање*



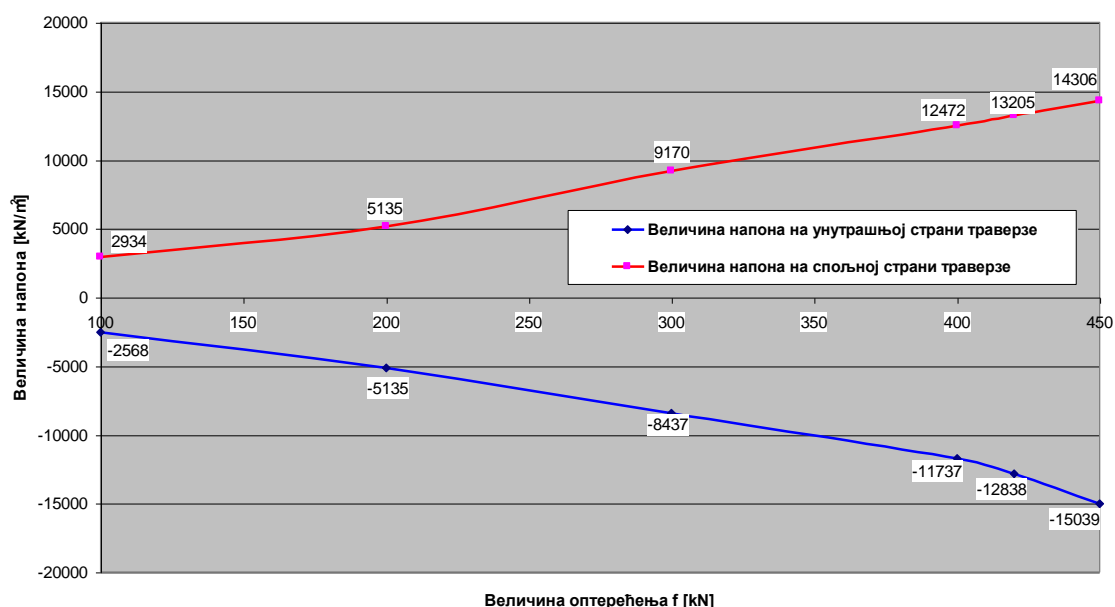
*Слика 9.10. Приказ пукотине на траверзи вишеделне носеће структуре*

Табела 9.3. Измерене деформације мерних трака на вишеделној носећој структури у току испитивања

IZMERENE DEFORMACIJE								
Sila	Merna mesta							
	Davač sile		Stub		Traverza		Vijak	
F [kN]	2a	3b	4u	5s	6u	7s	8s	9u
100	-320	-290	-10	-10	-70	80	700	710
200	-600	-620	0	0	-140	140	1050	1070
300	-910	-940	0	0	-230	250	1380	1440
400	-1200	-1250	0	0	-320	340	1750	1800
420	-1290	-1320	0	0	-350	360	1830	1900
450	-1390	-1420	0	0	-410	390	2100	2160

Табела 9.4. Измерени напони у конструкцији на месту постављених мерних трака, на вишеделној носећој структури у току испитивања

IZMERENI NAPONI								
Sila	Merna mesta							
	Davač sile		Stub		Traverza		Vijak	
F [kN]	2a	3b	4u	5s	6u	7s	8s	9u
100	-63872	-57884	-365	-369	-2568	2934	130235	132092
200	-119760	-123752	0	0	-5135	5135	195353	199008
300	-181636	-187624	0	0	-8437	9170	256750	267857
400	-239520	-249500	0	0	-11737	12472	325588	334775
420	-257484	263472	0	0	-12838	13205	340384	353342
450	-277444	-283432	0	0	-15039	14306	390668	401691

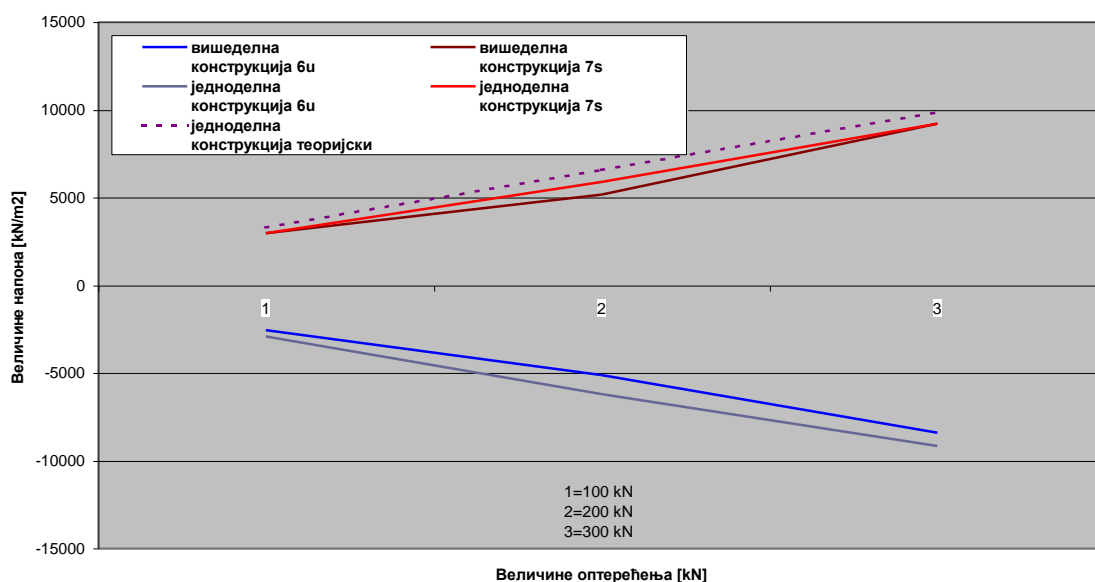


Слика 9.11. Дијаграм приказа величине напона на спољној и унутрашњој страни траверзе вишеделне конструкције у току испитивања



На дијаграму са слике 9.12. може се видети промена напона на траверзи једноделне и вишеделне конструкције при истим оптерећењима. Како су димензије траверзи у оба случаја извођења конструкције једнаке, то се и овакво упоређење могло извести. На дијаграму је дат и приказ теоријски добијених величина напона на траверзи једноделне конструкције и као што се може видети теоријски резултати су блиски практичним.

Треба напоменути и то да су стубови вишеделне конструкције мањег попречног пресека од стубова једноделне конструкције, и да то није битније утицало на максималне напоне на траверзи једне и друге конструкције.



Слика 9.12. Упоредни приказ величина напона на траверзи једноделне и вишеделне конструкције при истим оптерећењима

## 10. ИСПИТИВАЊЕ МЕТОДОМ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА

Испитивање методом коначних елемената је метода моделирања која подразумева да је један модел односно његов простор подељен на делове на које можемо применити општа знања и резултате из механике и математике. Делови који се посматрају називају се коначним елементима, а анализа и испитивање целокупног модела своди се на добијање физичких величина у тачкама насталим поделом модела на коначне елементе. Те тачке називају се чворови.

Теорија механике непрекидних средина /18,19/ представља основу за поделу модела на коначне елементе и испитивање понашања истих у целокупном моделу. Теорију механике непрекидних средина односно материјала већ смо искористили у глави 3. за моделирање композитних материјала, а овде је иста теорија коришћена за анализу динамичког понашања модела носеће структуре алатних машина.

И код композитног материјала проблем идентификације физичког стања сведен је на однос стања компоненти, представљених у облику коначних елемената различитих карактеристика. У овом случају није само утврђено стање у чворовима већ је анализиран и испитан утицај једног коначног елемента са особина различитим од другог коначног елемента, на целокупно стање модела, тј. материјала насталог комбиновањем коначних елемената различитих врста материјала, који се назива композитни материјал.

Један такав композитни материјал, гвожђе – бетон, коришћен је даље као нови материјал са новим карактеристикама у конструкцијама носеће структуре машине. Како се може рећи да постоји велики број могућих комбинација за добијање композитног материјала гвожђе – бетон и како конструкције носеће структуре могу бити изведене у великом броју различитих облика, то се овим испитивањем неће поново улазити у карактеристике композитног материјала већ ће бити искоришћене особине готовог композита у једном од модела носеће структуре машина.

Надаље метода коначних елемената захтева избор облика коначних елемената, који у општем случају могу бити: линијски, равански или просторни, а у свакој од ових подела може се направити нова подела на варијанте истих (нпр. просторни могу бити: призматични, троугаоне призме, тетраедри, четвороугаоне пирамиде и сл.) /18/, а у анализи композитних материјала коришћени су влакнасти односно сферни коначни елементи (укључци).

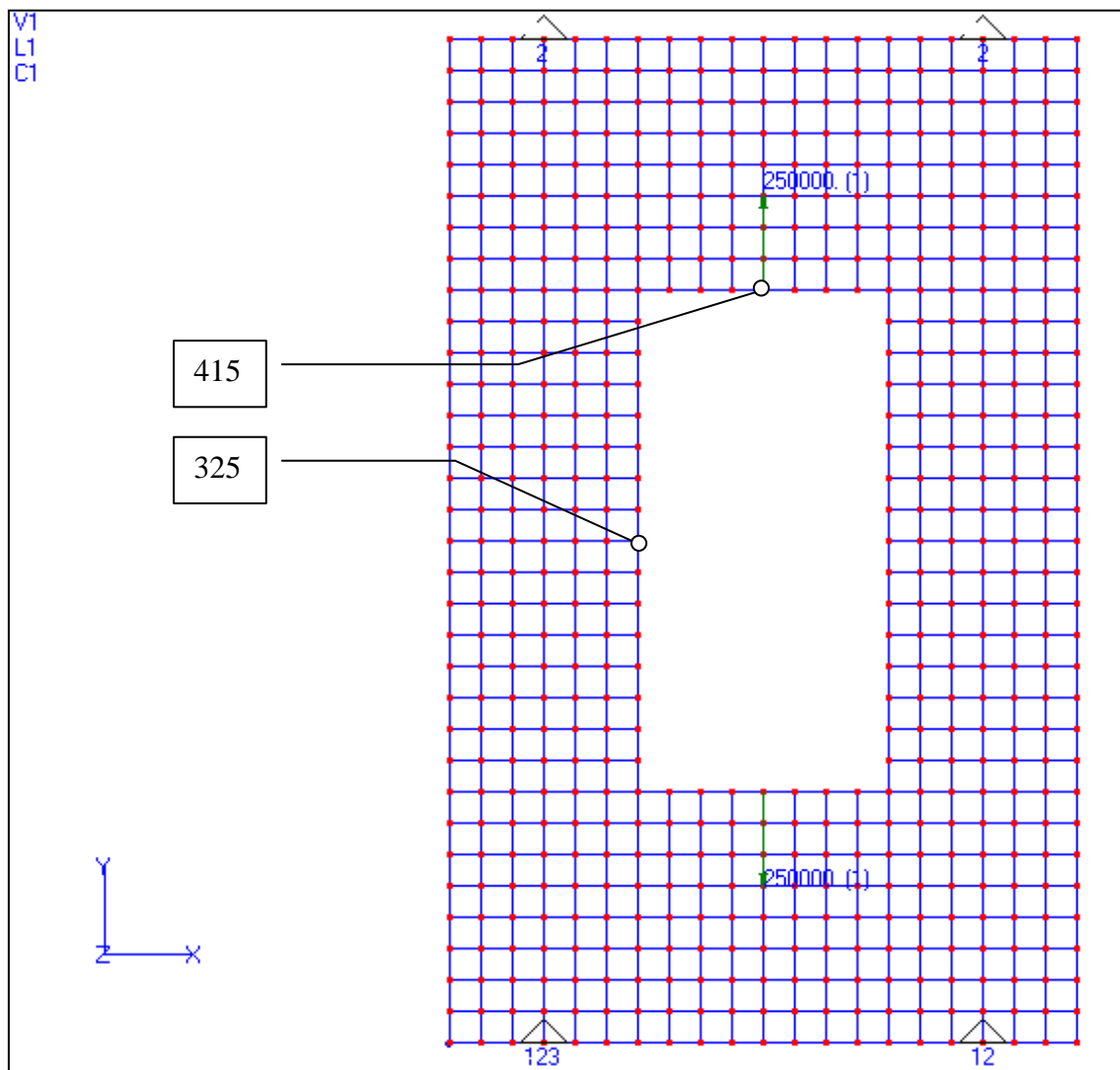
Модел носеће структуре анализиран у овом раду је просторни правоугани, али се распоред напона и осталих физичких стања не мења у правцу треће димензије, тако да се, по теорији коначних елемената, резултати анализе неће мењати ни ако посматрамо модел у равни и буду узети изопараметарски дводимензионални коначни елементи /18/.

На Машинском факултету у Крагујевцу урађен је модел носеће структуре, приказан на слици 10.1. Могућности за конструисање модела у програму FEMAP су велике, али је због обима прорачуна узет један модел, за који је претходним анализама утврђено да би се понашао најбоље у условима динамичког оптерећења.

Потребно је рећи да је, по програму, било потребно одредити ослањање модела да би се добио статички одређен задатак. Из тог разлога утврђено је, и то на основу претходне анализе, да је ослонац најбоље поставити, како је показано на слици 10.1, на месту ознака „1, 2, 3“, „1, 2“ и „2“.

Ознака „1, 2, 3“ показује ограничење кретања у X, Y и Z правцу, док ознака „1, 2“ показује ограничење кретања у X, Y правцу а ознака „2“ указују на ограничење кретања у Y правцу, што аутоматски одређује и врсту ослонаца на месту ознака.

Са оваквим распореду ослонаца добијају се најмања померања односно истезања стубова, чије је смањење један од већих задатака у истраживању, због природе композитног материјала гвожђе – бетон, тј. слабих карактеристика на истезање. Практично извођење, односно реалне конструкције би уместо ослонаца са ознаком „2“ имале вијке за претходно притезање који би дозвољавали минимална померања у Y правцу и не би утицали на карактер напрезања и померања траверзе, док је реална конструкција увек са доње стране везана за постоље и, такође, постоје врло мала померања у X, Y и Z правцу.



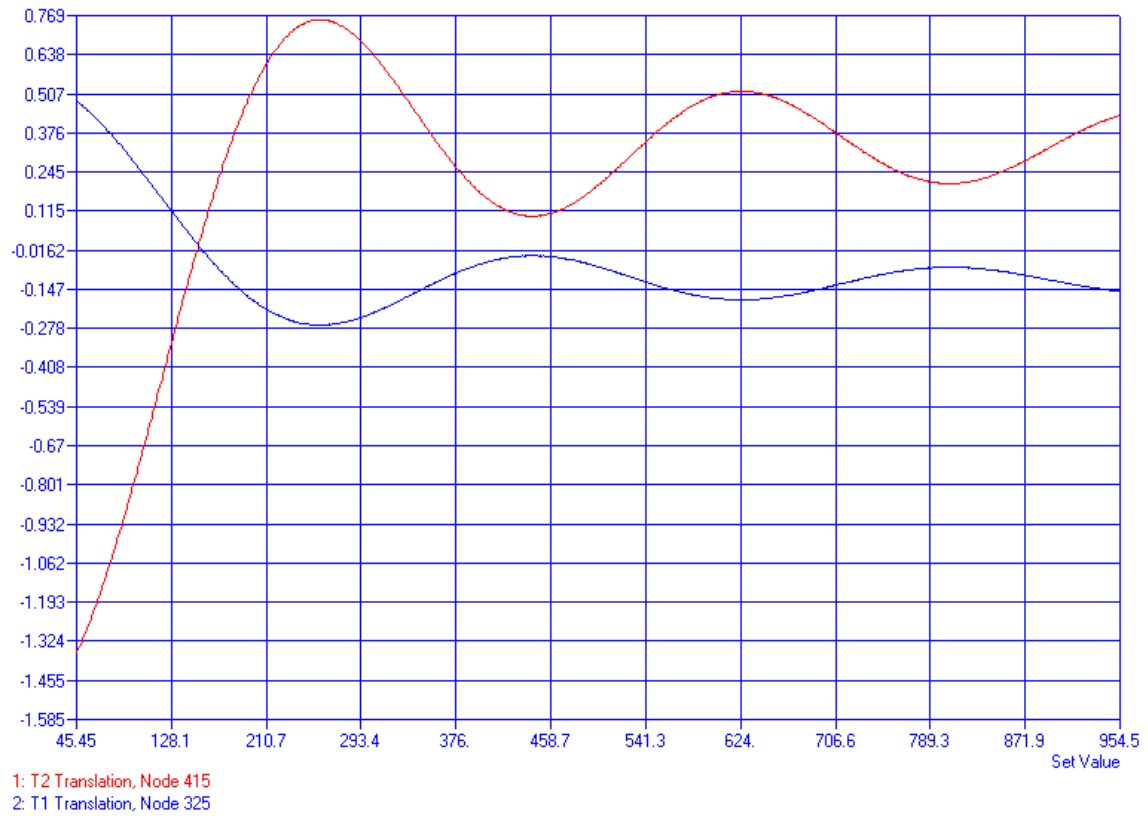
Слика 10.1. Модел носеће структуре по методи коначних елемената

Како постоје ограничења у кретању носеће структуре у односу на теоријске моделе код којих то није било дефинисано односно носећа структура је била потпуно слободна, као резултате испитивања методом коначних елемената, треба очекивати мања померања у односу на претходно анализирани модел постављене чистом теоријом динамике, али је метода коначних елемената, као прецизнија метода показала нешто већа померања траверзе и стубова.

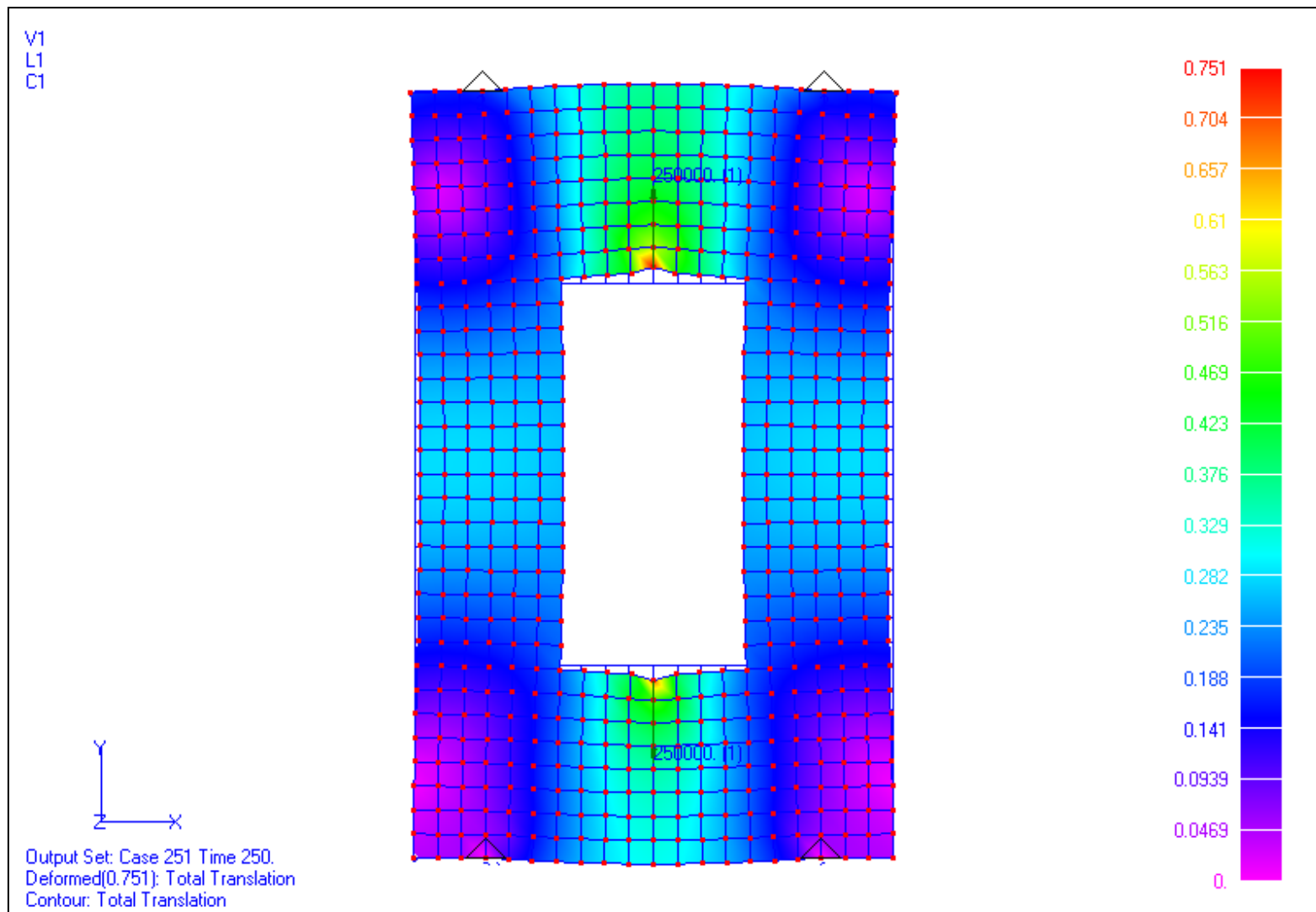
С друге стране, теорија коначних елемената не познаје тренутак успостављања радног оптерећења, које у реалном раду представља повезивање радног дела алата постављеног у траверзи, са радним комадом постављеним на радном столу. Та веза је за поједине врсте обрада, а поготову обраду деформисањем значајна у смислу ограничења кретања радних делова алата, па и самих делова конструкције носеће структуре. То нам говори да ће у пракси померања бити још и мања од прорачунатих на један или други начин, али ће се и даље димензије носеће структуре рачунати са максималним померањима добијеним на једна или други начин.

Подаци потребни за конструкцију модела, као и вредности величина и врсте оптерећења дати су у прилогу 41, а резултат односно динамичко понашање носеће структуре дато је на слици 10.2 односно 10.3.

На слици 10.2 дато је померање траверзе (црвеном бојом) и померање стубова (плавом бојом) у критичним тачкама, односно тачкама за које смо ранијим испитивањем утврдили да су критичне. То су тачка, са слике 10.1, на средини траверзе (415) односно на средини стуба (325), где бројеви у загради представљају број чвора, добијен програмском поделом модела на коначне елементе, у коме су мерене величине. Иначе програм може дати величину померања за било коју тачку, али смо представили само најкритичније, односно тачке у којима су померања највећа. На слици 10.3 дат је распоред величина померања свих тачака носеће структуре у једном тренутку рада машине, а који је претходном анализом утврђен као најкритичнији, тј. тренутак када су амплитуде померања највеће и које су приказане на слици 10.2.

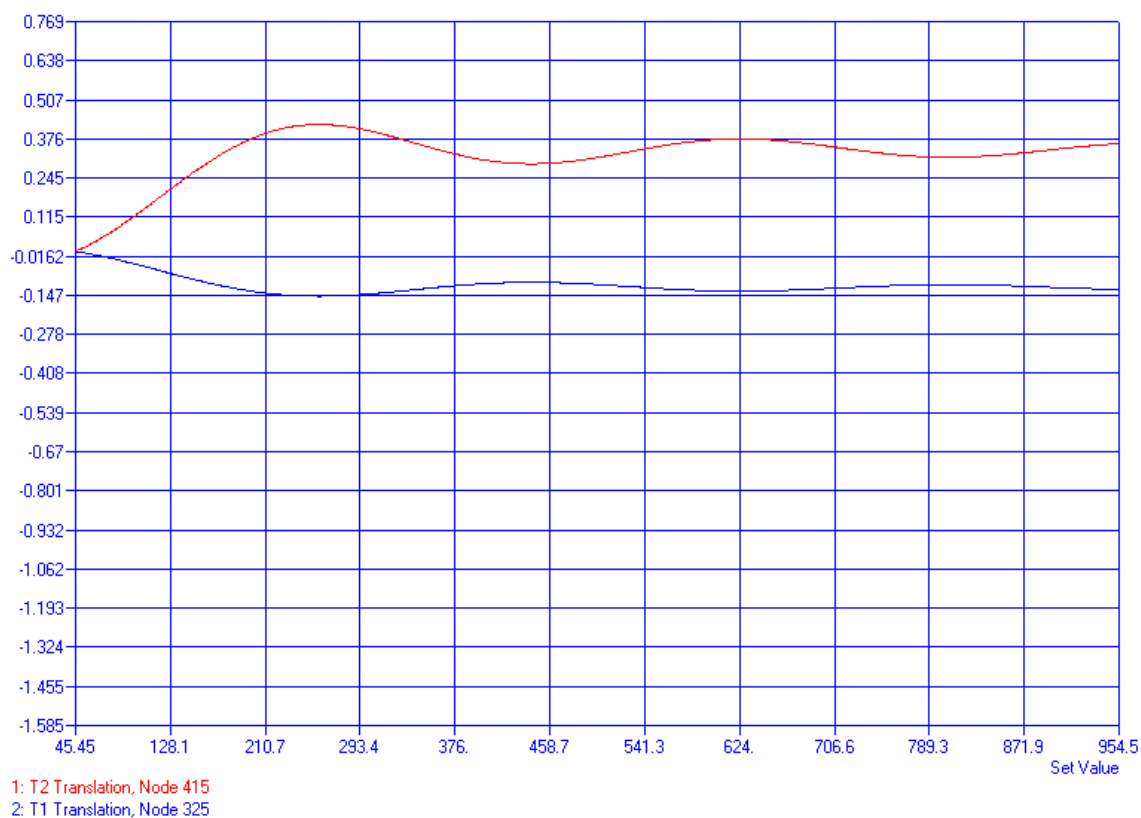


Слика 10.2. Дијаграм померања траверзе и стуба

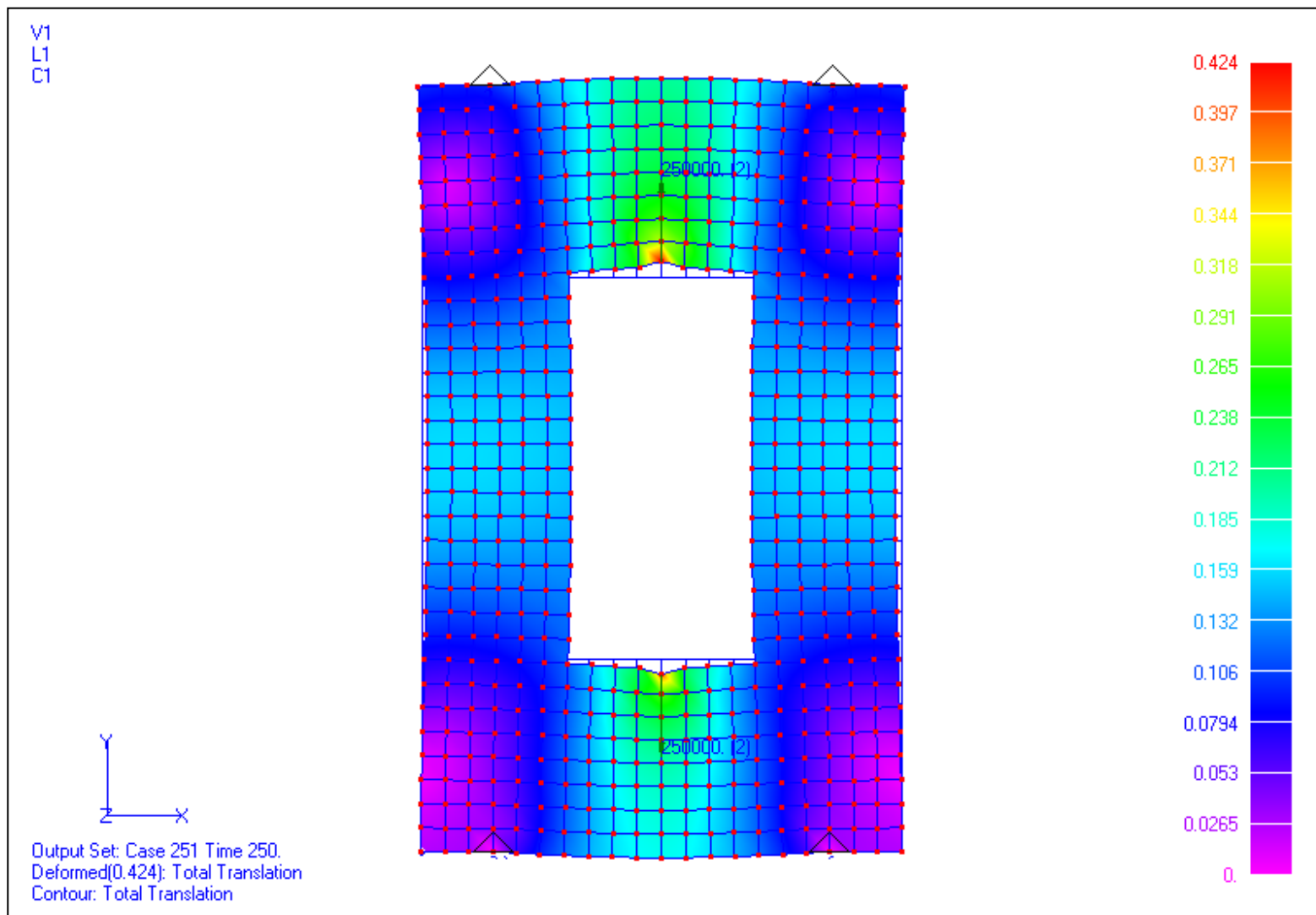


Слика 10.3. Приказ распореда величина померања делова носеће структуре

У циљу истраживања утицаја композитног материјала гвожђе – бетон на динамичко понашање носеће структуре алатних машина, извршене су измене у програму. На основу претходних истраживања (поглавље 8), утврђено је да модул еластичности композитног материјала може утицати на промену динамичког понашања, као и маса композитног материјала уграђеног у елементе конструкције. Извршена је и измена принудне осцилације радног оптерећења. Подаци потребни за конструкцију модела, који су остали исти као и код првог модела, као и остале вредности које утичу на динамичко понашање, дати су у прилогу 42, а разлика у односу на први модел је само у величини принудне осцилације радног оптерећења. Резултат односно динамичко понашање носеће структуре, са измењеним једним податком, дато је на слици 10.4 односно 10.5.



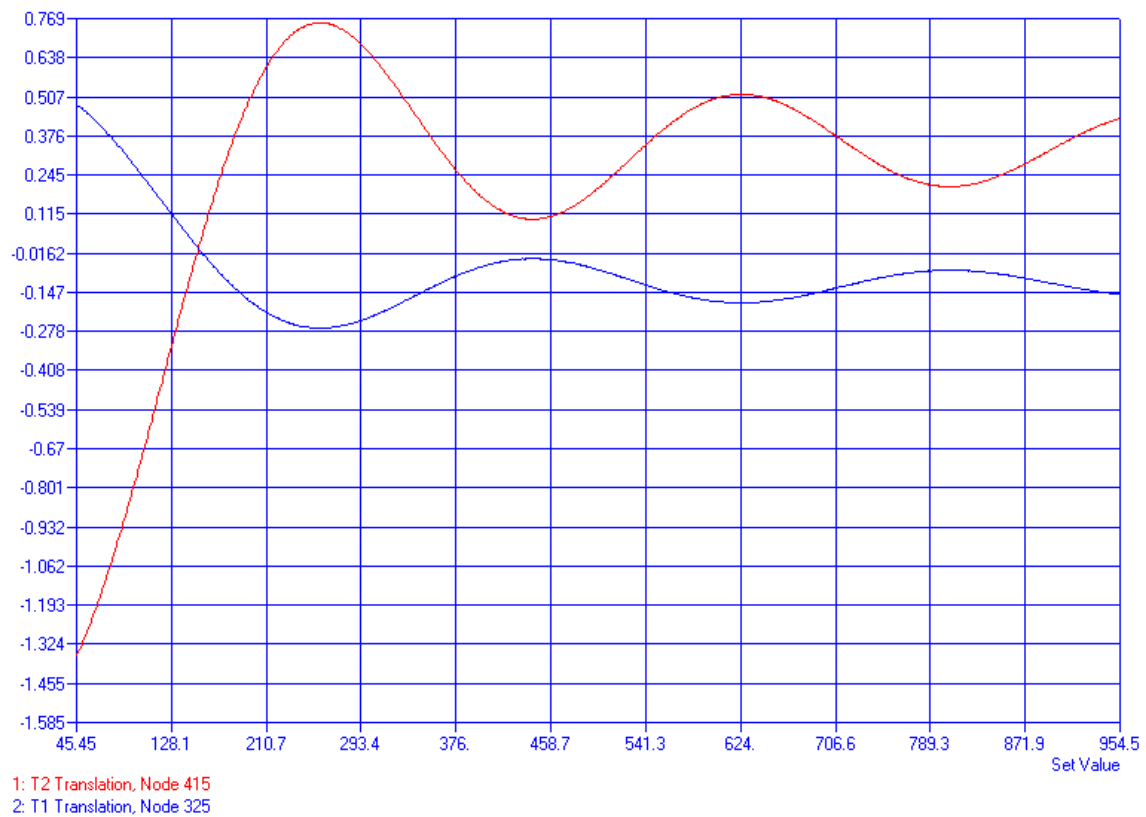
Слика 10.4. Дијаграм померања траверзе и стуба



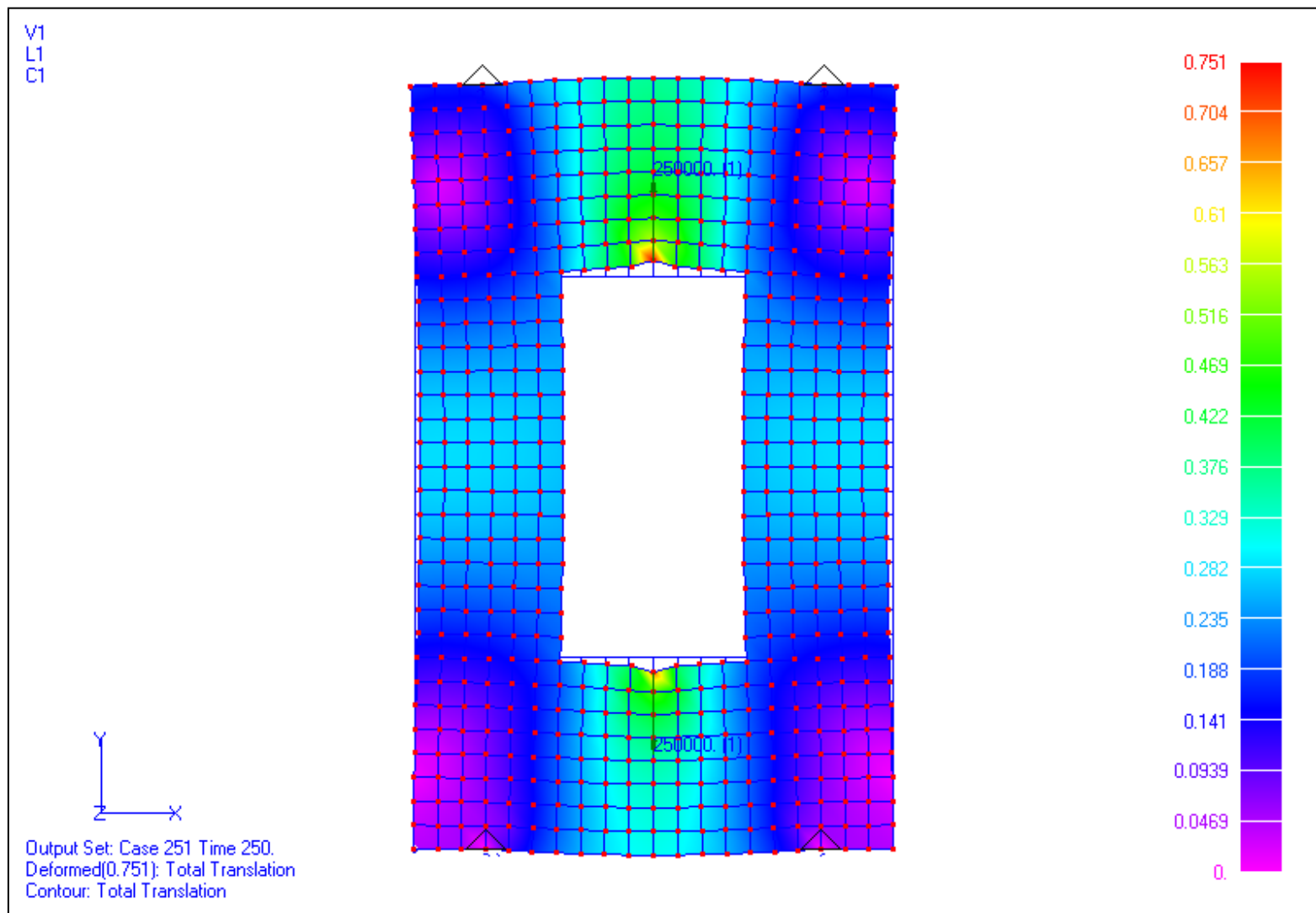
Слика 10.5. Приказ распореда величина померања делова носеће структуре



На слици 10.6 и 10.7 дато је динамичко понашање конструкције носеће структуре код које је у односу на први модел измењена маса елемената носеће структуре. Како је у програму маса изражена густином материјала, а промена масе по теорији композитних материјала доводи до промене модула еластичности, то је у овом случају добијени резултат (који је исти као и код првог модела) показао да се не може мењати само маса већ и друге величине зависне од масе (модул еластичности, пуасонов коефицијент и др.). Подаци коришћени за прорачун овог модела дати су у Прилогу 43.

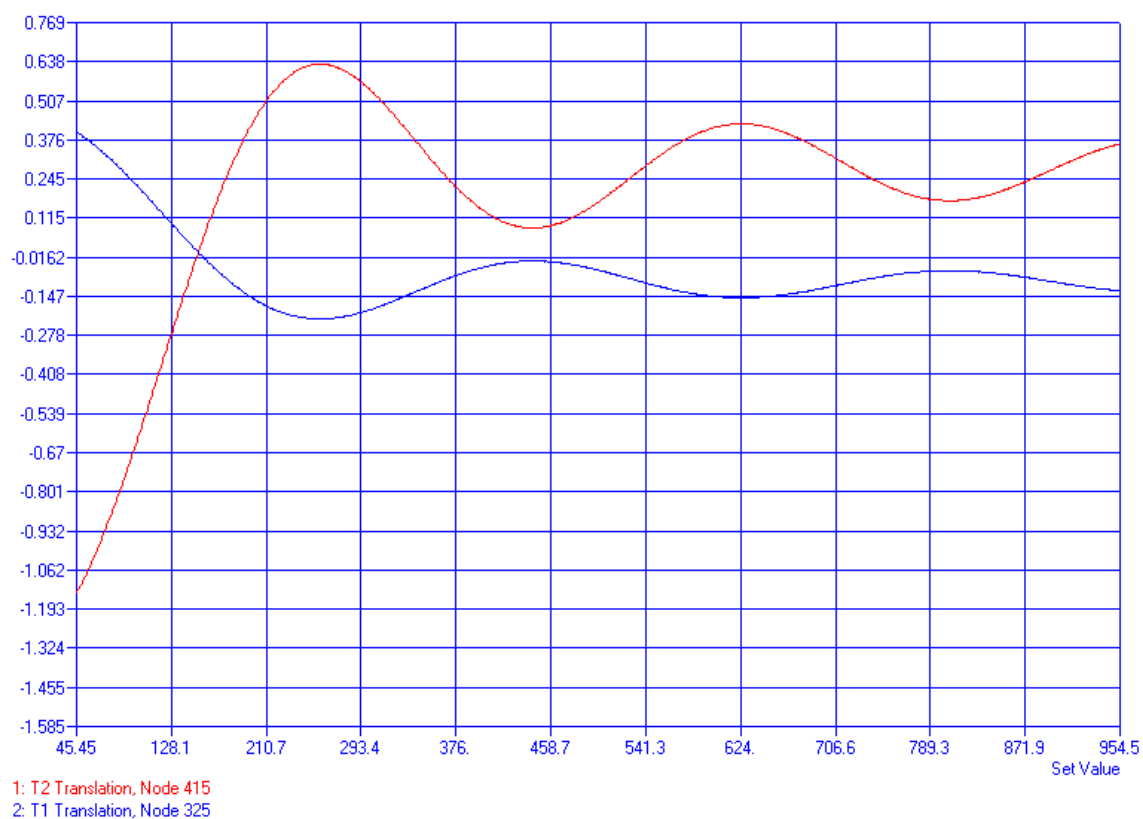


Слика 10.6. Дијаграм померања траверзе и стуба

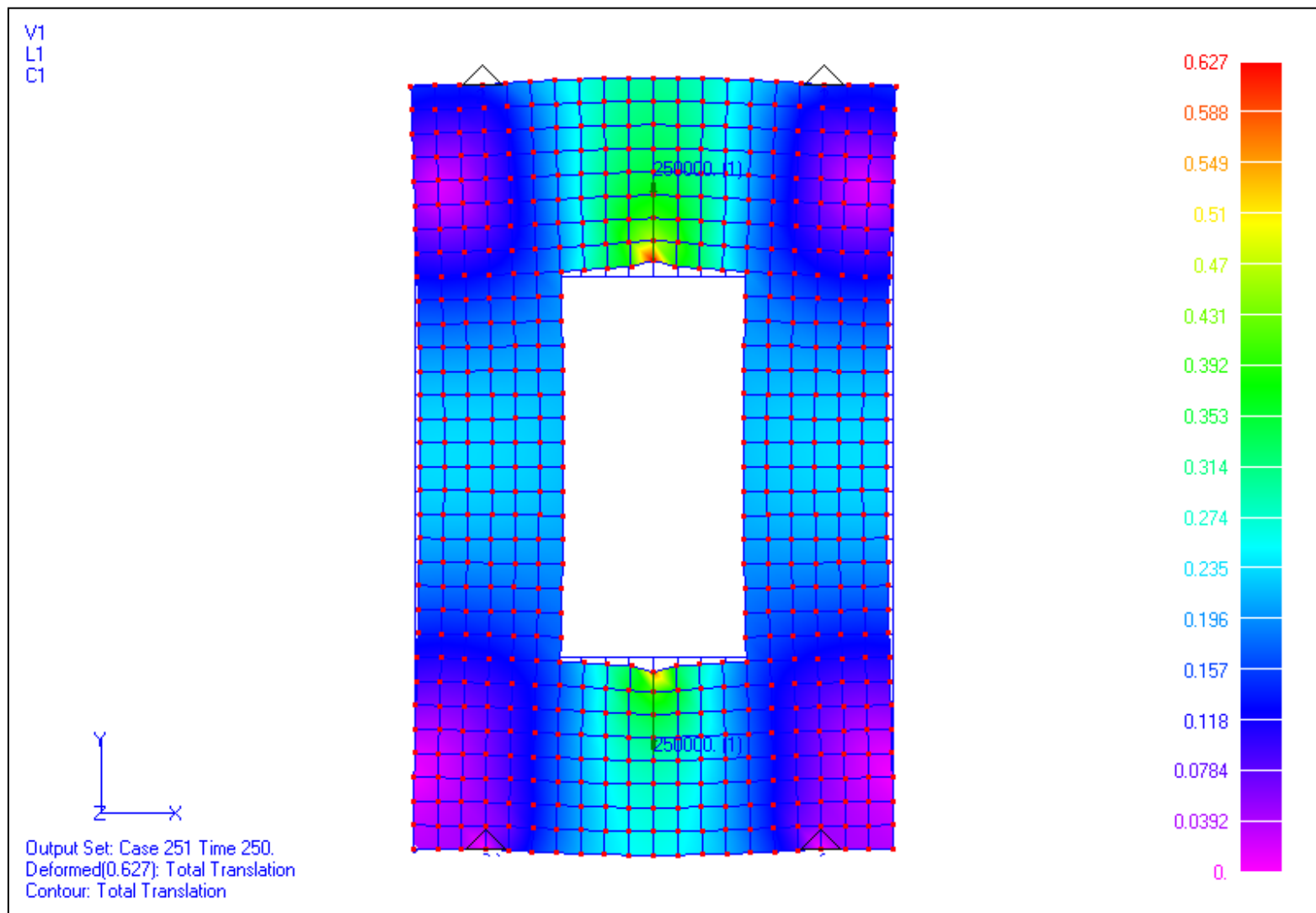


Слика 10.7. Приказ распореда величина померања делова носеће структуре

Промена модула еластичности и масе, док су остале величине везане за конструкцију и карактеристике композитног материјала исте, и њихов утицај виде се на сликама 10.8 и 10.9. Повећање модула еластичности и масе доводи до побољшања карактеристика композитног материјала и самим тим смањења динамичких померања, односно бољег динамичког понашања целе носеће структуре. Подаци коришћени за прорачун овог модела дати су у Прилогу 44.



Слика 10.8. Дијаграм померања траверзе и стуба



Слика 10.9. Приказ распореда величина померања делова носеће структуре

Теорија непрекидних средина и теорија коначних елемената, уз помоћ програма FEMAP и ALGOR, дале су нам још једну потврду да су статички и експериментално испитани модели пројектовани тако да могу да издрже и сложенија радна оптерећења. Резултати утицаја сложенијих радних оптерећења, представљених динамичким оптерећењима, утицаја композитног материјала, као и утицаја елемената конструкције на динамичко понашање претходно изабране носеће структуре, добијени класичном теоријом динамике поклапају се са резултатима теорије коначних елемената.

## 11. ЗАКЉУЧАК

Машиноградња је данас, покушавајући да изиђе у сусрет великом броју корисника са још већим бројем потребних машина различитих намена, пред веома великим проблемима. Велики број корисника за исте машине тражи различите карактеристике. Све те машине, од најпростијих до најсложенијих, у суштини свог настанка, експлоатације и развоја ка бољим решењима, зависе од материјала од којих су направљене.

Разноврсност материјала у најпростијој подели, може се видети набрајањем природних елемената. Решавање сложенијих захтева, приморава нас да правимо комбинације са тим истим материјалима. На тај начин можемо добити нове материјале, који по својим карактеристикама много пута надмашују карактеристике основних материјала. Композитни материјали представљају нову врсту материјала, којом се обухватају *вештачки створени материјали састављени од две или више хемијски разнородних материја, који по својим физичко - хемијским и механичким карактеристикама представља нов материјал у чијем интегритету постоје јасно утврђене границе раздвајања међу саставним компонентама.*

Суштина композитног материјал је да се у основном материјалу који има одређене особине убаце елементи другог материјала, влакнастог или дисперзног облика, који имају друге особине, и да на тај начин међусобном везом утичу на карактеристике истог. Променом количине једног и другог саставног дела могу се у многоме променити карактеристике композитног материјала.

Полазећи од ових основних дефиниција у овом раду је дата анализа композитног материјала гвожђе – бетон, где је бетон основни материјал а гвожђе у облику арматуре други – влакнасти елемент. Постављени математички модели и резултати анализе указали су на могућност велике промене карактеристика једног оваквог материјала.

Примена композитног материјала гвожђе – бетон, са карактеристикама широког опсега, у изради машина проверена је математичким апаратима и експериментално, на моделима носеће структуре, које у општем облику могу бити отворене и затворене, а затворене могу бити једноделне и вишеделне.

Због великог број модела носећих структура машина у истраживањима су обрађени само затворени модели. Математички модели затворене носеће структуре, и једноделне и вишеделне конструкције, постављени су и за статичка и динамичка истраживања. Статика, као специјални вид динамике, искоришћена је за анализу елемената конструкције, у смислу откривања критичних тачака, критичних величина, као и откривање квалитета једноделне или вишеделне конструкције.

Параметри који су испитани и њихови утицаји на конструкцију носеће структуре машина представљени су великим бројем зависности, великим бројем табела (у прилогу) и дијаграмима, на основу којих се може закључити следеће:

1. Бетон има анизотропне особине, али се може рећи да се довољно великом конструкцијом може постићи потребна издржљивост конструкције носеће структуре. Наиме, повећавајући попречни пресек елемената конструкције добијају се мањи напони у пресецима конструкције носеће структуре.

---

- a. карактеристике бетона као матрице у саставу композитног материјала могу се побољшати променом гранулометријског састава, тј. променом врсте камена и цемента, а са додацима смола или металних опилјака може се знатно променити маса и модул еластичности.
- b. карактеристике арматуре зависе од карактеристике метала који се користи, а како је то углавном челична арматура то је у старту одређен висок модул еластичности влакана композитног материјала.
- c. армирани бетон, тј. композитни материјал испитиван у овом раду, и по теорији композитних материјала и на основу осталих познатих података, има вишеструко боље карактеристике у односу на бетон без арматуре, а повећање носивости односно модула еластичности проверено је теоријским путем и поклопило се са експерименталним истраживањима. И даље су особине композитног материјала «армирани бетон» неповољније на истезање од притиска.

2. Да би се избегле негативне карактеристике бетона на затезање препоручује се коришћење вишеделне конструкције са преднапрегнути вијцима. Из тог разлога је вишеделна конструкција са преднапрегнутим вијцима и са мањим димензијама од једноделне конструкције, боља за употребу. Најповољнија варијанта је једноделна конструкција носеће структуре са вијцима за преднапрезање којом се стубови, као најкритичнија места конструкције, оптерећују на притисак од вијака у самом процесу конструисања, а онда се практично растерећују у процесу рада. Сила преднапрезања и димензије вијака зависне једна од друге могу у великој мери допринети граничној издржљивости носеће структуре. Наиме, већи вијци и веће силе преднапрезања дозвољавају промене димензија попречних пресека стубова од композитног материјала, у смислу да се за повећање крутости морају повећати и попречни пресеци стубова, а за «мирније» производне технологије могу се смањити.

3. Начин рада машине, у смислу постављања вођица кроз траверзу или преко стубова, показао је да сложеније напоне производи друга варијанта. Како су стубови предвиђени са мањим димензијама попречних пресека, то се свака сила на њима вишеструко одражава на повећање напона, а и само хоризонтално померање стубова је неповољно због директног утицаја на квалитет рада алата.

4. Производне технологије са дејством силе што мање ексцентричности, због смањења сложености напона у конструкцији, дају веће могућности примене композитног материјала гвожђе – бетон. Носеће структуре машина, са оваквим изгледом могу се применити за различите производне процесе, али је боље користити технологије које не производе ексцентрично дејство радног оптерећења на алат, а самим тим и на елементе носеће структуре.

5. Димензије вођица, преко тачака којима врши пренос оптерећења на стубове, могу равномерније да пренесу радно оптерећење са алата на стубове уколико је димензија вођица већа. Ако је димензија вођица мања пренос радног оптерећења врши се са већом концентрацијом, тј. тачке преноса су блише једна другој и дају већи спрег сила односно веће моменте на стубовима. С друге стране веће вођице дају мањи радни простор и тиме умањују степен корисности машине у смислу израде већих и мањих радних комада.

6. Положај вођица везан је за величину вођица и самим тим ход алата, али је у сваком случају најнеповољнији случај када су вођице на средини стубова, чиме се ствара већи крак силе радног оптерећења и већи momenti односно напони на стубовима. За случај обраде радних комада већих габарита ход алата односно померање положаја вођица би било мање и сами тим би се избегле критичне величине напона у стубовима.

Урађени су и реални модели, који су експериментално испитани и потврђено је да се композитни материјал гвожђе – бетон може искористити у ту сврху.

Након избора оптималне конструкције носеће структуре, постављени су модели којима су даље вршена истраживања у области динамичког понашања носећих структура машина. Због различитих потреба и различитих извођења машина постављена су два динамичка модела. У једном случају посматрано је померање траверзе, а у другом померање стубова, и утврђен је утицај композитног материјала гвожђе – бетон, на динамичко понашање носеће структуре.

Динамичко понашање може се променити:

а. Променом масе делова конструкције. Маса композитног материјала, армираног бетона, може се мењати по напред утврђеним законима, односно променом састава матрице и променом количине арматуре. Као и код свих динамичких прорачуна појављује се тренутак односно постоји комбинација маса која доводи до већих померања траверз и стубова, али се исто тако врло лако може доћи до маса стубова, траверзе и радног стола које дају врло миран рад, односно минимална померања траверзе и стубова.

б. Променом модула еластичности делова конструкције. Промена модула еластичности, као посебна величина нема посебан утицај на динамику конструкције, али се самом променом модула еластичности добија на носивости и повећањеу динамичких карактеристика композитног материјала и саме конструкције.

с. Променом попречних пресека делова конструкције мењају се крутости елемената конструкције, које су у тесној вези са модулом еластичности композитног материјала од којег су направљени делови конструкције. Повећање крутости, која условно представља статичку крутост повећава се и динамичка крутост односно побољшава динамичко понашање елемената носеће структуре. Повећање крутости доводи до смањења померања траверзе и стубова.

д. Променом састава односно масе и модула еластичности композитног материјала од кога су направљени делови конструкције утиче се на сопствене осцилације носеће структуре, а то је један од фактора са већим утицајем на померање траверзе и стубова. За постављене улазне податке види се да је могуће са великом стабилношћу радити када се повећа маса и попречни пресек делова носеће структуре.

е. Променом принудних осцилација односно врсте радног оптерећења може се битније утицати на динамичко понашање носеће структуре. Овде је постављен низ података који су довели до тога да треба користити радна оптерећења са мањом фреквенцијом промена радног оптерећења.



f. Промена времена трајања радног оптерећења и времена посматрања процеса динамичких померања има велики утицај на величину амплитуде померања траверзе и стубова. Уколико је време понављања процеса оптерећења и растерећења краће, тј. уколико је број понављања оптерећења и растерећења већи долази до већег нагомилавања амплитуда померања траверзе и стубова. И овде се може усагласити величина ових времена тако да се на крају добије мирнији рад целе машине односно носеће структуре.

g. Један од неиспитаних података је и тренутак спреге алата из горњег дела са радним комадом постављеним на доњем делу носеће структуре. У том тренутку, са великом сигурношћу може се рећи да се успоставља веза која представља још једну линију укрућења целог система. Уколико је процес обраде дужи то овај контакт алата и радног комада у већој мери доприноси смиривању система носеће структуре.

Експерименти изведени на конструкцијама, које су унапред биле прорачунате, по величини и са карактеристикама материјала које су најповољније за понашање машина, дали су потврду да је коришћена добра методологија и правилно одабран математички апарат за прорачун.

Потврду да је примена композитног материјала армираног бетона, за израду конструкција носеће структуре машина, могућа, дала је и метода коначних елеманата која је примењена и која је са истим подацима дала исту слику динамичког понашања носеће структуре. Разлика у односу на класичну теорију динамике, тј. модел који су постављени је у дефинисању граничних случајева односно одређивању степена слободе кретања појединих делова носеће структуре. Док је у класичној теорији динамике модел био слободан то се код методе коначних елемената морало ограничити кретање делова носеће структуре. Ова ограничења су врло блиска практичним условима односно условима експлоатације, јер у стварности скоро да нема померања радног стола, а када се ради конструкција са вијцима за преднапрезање онда се и ти делови, тј. стубови померају у зависности од јачине вијака.

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Аћић М., Паквор А., Перишић Ж.: Теорија армиранобетонских и претходно напрегнутих конструкција, Научна књига, Грађевински факултет, Београд, 1986.г.
- [2] Вукићевић Д., Машински материјали, I део, Ниш, 1988.г.
- [3] Верига С., Машински елементи, I, II и III део, Београд, 1976.г.
- [4] Витас Ј.Д., Основи машинских конструкција, I и II део, Београд, 1987.г.
- [5] Димитријевић Д., Савић Љ., Рачунско програмирање, Научна књига, Грађевински факултет, Београд, 1989.г.
- [6] Димић Г., Митровић М.: Метрологија у физици, Грађевинска књига, Београд,
- [7] Домазет Д., Прилог расматрању динамичке крутости носећих структура механичких кривајних преса, Публикација Катедре за производно машинство - СИМОД, Ниш, 1976.г., бр.1
- [8] Домазет Д., Прорачун преднапрегнутих једноделних затворених носећих структура пресе, Публикација Катедре за производно машинство - СИМОД, Ниш, 1978.г., бр.1 и бр. 2.
- [9] Ђукић В., Машински материјали, Београд, 1990.г.
- [10] Ђукић В., Метални материјали, Београд, 1989.г.
- [11] Захар С.: Машине алатке 1, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1993.г.
- [12] Ивковић.М., Радојичић Т., Реологија и општа теорија лома бетона, Научна књига, Грађевински факултет, Ниш, 1987.г.
- [13] Јеремић Б.: Технологија одржавања техничких система, Ескод д.д., Крагујевац, 1992.г.
- [14] John V., Application of B & K Equipment to Strain Measurements, Copenhagen, 1975.
- [15] Каранфилов Т.С., Волков Я.С., Железобетонная клеть прокатного стана, предварителѐно напругна навивкой високопрочной проволоки, Сборник статей, Москва, 1964.г.
- [16] Каранфилов Т.С., Волков Я.С., Железобетонная клеть прокатного стана "Кварто - 200", Сборник статей, Москва, 1964.г.
- [17] Козић П., Темельковски Д., Поповић П., Станковић М.: Динамички модел затворене носеће структуре машина за обраду деформисањем са четири масе, I Међународни научни скуп "Тешка машиноградња" - ТМ '95, Крушевац - Врњачка Бања, 1993.г.
- [18] Којић М., Славковић., Живковић., Грујовић Н.: Метод коначних елмената 1, Машински факултет, Крагујевац 1998.г.
- [19] Кристенсен Р., Введение в механику композитов, Москва, 1982.г.
- [20] Лучић Р.: Машински материјали, ДД ИП Вук Караџић, Параћин, 1994.г.
- [21] Людковский И.Г., Применение железобетона в машиностроении, Сборник статей, Москва, 1964.г.
- [22] Милачић В.Р.: Машине алатке 1 и 2, Машински факултет, Београд, 1986.г.
- [23] Младеновић М., Новаковић Ж.: Персонални компјутери – корак по корак, Мулти медија систем, Београд, 2001.г.

- [24] Мусафија Б.: Обрада метала пластичном деформацијом, Свјетлост, Сарајево, 1988.г.
- [25] Овчинникова И.Г., О прочности и жесткости соединений металлических закладных деталей с железобетонными станинами, Сборник статей, Москва, 1964.г.
- [26] Планчак М.: Појмовник из обраде деформисањем, Факултет техничких наука, Нови Сад, 1986.г.
- [27] Поповић В.П., Прилог проучавању проблема преднапрегнутих вијака машина за обраду материјала деформисањем затвореног типа, Публикација Катедре за производно машинство - СИМОД, Ниш, 1978, бр.1 и 2.
- [28] Поповић В.П., Темеловски И.Д., Машине за обраду деформисањем, први и други део, Ниш 1991.г.
- [29] Радосављевић Ж., Армирани бетон 1, Београд, 1982.г.
- [30] Ракановић Р.: Испитивање машинских конструкција, Машински факултет, Краљево, 1997.г.
- [31] Рашковић Д., Отпорност материјала, Београд, 1984.г.
- [32] Рашковић Д., Збирка задатака из отпорности материјала, Београд, 1985.г.
- [33] Рашковић Д., Таблице из отпорности материјала, Београд 1985.г.
- [34] Тодић Т., Машине и алати за обраду деформисањем, Машински факултет, Приштина, 1999.г.
- [35] Тодић Т., Обрада деформисањем – збирка задатака, Машински факултет, Приштина, 1991.г.
- [36] Ћирковић Б., Компаративне статичко – динамичке карактеристике носећих структура преса од влакнастог, ламеластог и дисперзно ојачаног композита, магистарски рад, Приштина, 1995.г.
- [37] Хајдин Р., Примена теорије пластичности у прорачуну армираног бетона и бетонских конструкција, Грађевински факултет, Београд, Предавања за последипломске студије, 1992.г.
- [38] Hauden W., Moffat G.W., Wulff J., Структуре и особине материјала, књига 3 - Механичке особине, Београд, 1982.г.
- [39] Walkenbach J.: Microsoft Excel 2000 – Biblija, Mikroknjiga, Beograd
- [40] Часописи "Савремени материјали"
- [41] Прегледни каталог 1989/90 фирме Brüel & Kjær
- [42] Instruction manual, Brüel & Kjær, Copenhagen, 1976.
- [43] НВМ - упутство произвођача за мерне траке и лепак
- [44] БАБ -87, I део, Приручник, Грађевинска књига, Београд, 1991.г.
- [45] БАБ -88, II део, Прилози, Грађевинска књига, Београд, 1991.г.
- [46] Стандарди

Прилог

# Прилог

## САДРЖАЈ ПРИЛОГА

Редни број прилога	Назив прилога
	<b>СПИСАК ОЗНАКА</b>
Прилог А	<b>Склопни цртеж једноделне конструкције носеће структуре</b>
Прилог Б	<b>Склопни цртеж вишеделне конструкције носеће структуре</b>
Прилог 1	Утицај старости бетона на чврстоћу бетона
Прилог 2	Модул еластичности композитног материјала гвожђе-бетон
Прилог 3	Модул еластичности композитног материјала у зависности од процента арматуре
Прилог 4	Процент увећања модула еластичности у зависности од процента арматуре
Прилог 5	Утицај ширине конструкције $h_1$ на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 6	Утицај ексцентритета силе на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 7	Утицај величине вођица на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 8	Утицај положаја вођица на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 9	Утицај процента арматуре на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 10	Утицај попречног пресека на величину напона на затвореној носећој структури
Прилог 11	Напони и крутости вишеделне носеће структуре
Прилог 12	Утицај величине оптерећења на напоне носеће структуре
Прилог 13	
Прилог 20	Утицај времена посматрања на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 21	Утицај времена обраде на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 22	Утицај масе траверзе на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 23	Утицај масе радног стола на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 24	Утицај еквивалентне крутости стубова на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 25	Утицај кружне фреквенције принудне силе на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 26	Утицај величине радног оптерећења на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 27	
Прилог 31	Утицај кружне фреквенције принудне силе на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 32	Утицај коефицијента пригушења на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 33	Утицај кружне фреквенције принудне силе на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 34	Утицај фреквенције сопствених осцилација на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 35	Утицај масе стубова на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 36	Утицај времена обраде на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 37	Утицај величине радног оптерећења на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 38	Утицај коефицијента <b>for</b> на динамичко понашање носеће структуре
Прилог 39	
Прилог 41	Списак величина коришћених у програму FEMAP и ALGOR потребних за анализу
Прилог 42	Списак величина коришћених у програму FEMAP и ALGOR потребних за анализу
Прилог 43	Списак величина коришћених у програму FEMAP и ALGOR потребних за анализу
Прилог 44	Списак величина коришћених у програму FEMAP и ALGOR потребних за анализу
Прилог 45	

## ОЗНАКЕ ПОДАТАКА КОРИШЋЕНИХ У ФОРМУЛАМА И ТАБЕЛАМА

Улазни подаци		
Ознака	Јединица	Опис
F	kN	Сила оптерећења конструкције
h	m	Висина конструкције
h1	m	Ширина конструкције
a	m	Величина вођице
b	m	Положај вођице
e	m	Ексцентритет дејства силе
A0	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека стубова
A1	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека траверзе
A2	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека радног стола
c00	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) стубова
c11	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) траверзе
c22	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) радног стола
nii	-	Пуасонов коефицијент за влакна композитног материјала (челичну арматуру)
nim	-	Пуасонов коефицијент за матрицу композитног материјала (бетон)
βk	MPa	Чврстоћа бетона
em	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности матрице композитног материјала (бетона)
ei	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности влакана композитног материјала (челичне арматуре)
e0	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) стубова
e1	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) траверзе
e2	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) радног стола
w0	m <sup>3</sup>	Отпорни момент попречног пресека стубова
w1	m <sup>3</sup>	Отпорни момент попречног пресека траверзе
w2	m <sup>3</sup>	Отпорни момент попречног пресека радног стола
C0	m <sup>4</sup>	Момент инерције попречног пресека стубова
C1	m <sup>4</sup>	Момент инерције попречног пресека траверзе
C2	m <sup>4</sup>	Момент инерције попречног пресека радног стола

<b>Међурезултати</b>		
<b>Ознака</b>	<b>Јединица</b>	<b>Опис</b>
F1	kN	Сила оптерећења конструкције која се појављује услед ексцентритета силе F
b0	kNm <sup>2</sup>	Крутост стуба
b1	kNm <sup>2</sup>	Крутост траверзе
b2	kNm <sup>2</sup>	Крутост радног стола
d1	-	Коефицијент упрошћења
d2	-	Коефицијент упрошћења
c	m	Вертикална координата положаја еластичног центра од тачке пресека
ee	-	Коефицијент за упрошћење
M0	kNm <sup>2</sup>	Момент као статички неодређена величина
H0	kN	Хоризонтална сила као статички неодређена величина
V0	kN	Вертикална сила као стаатички неодређена величина

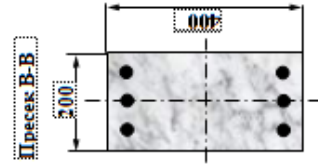
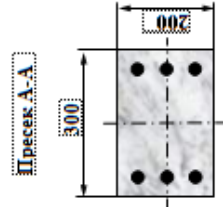
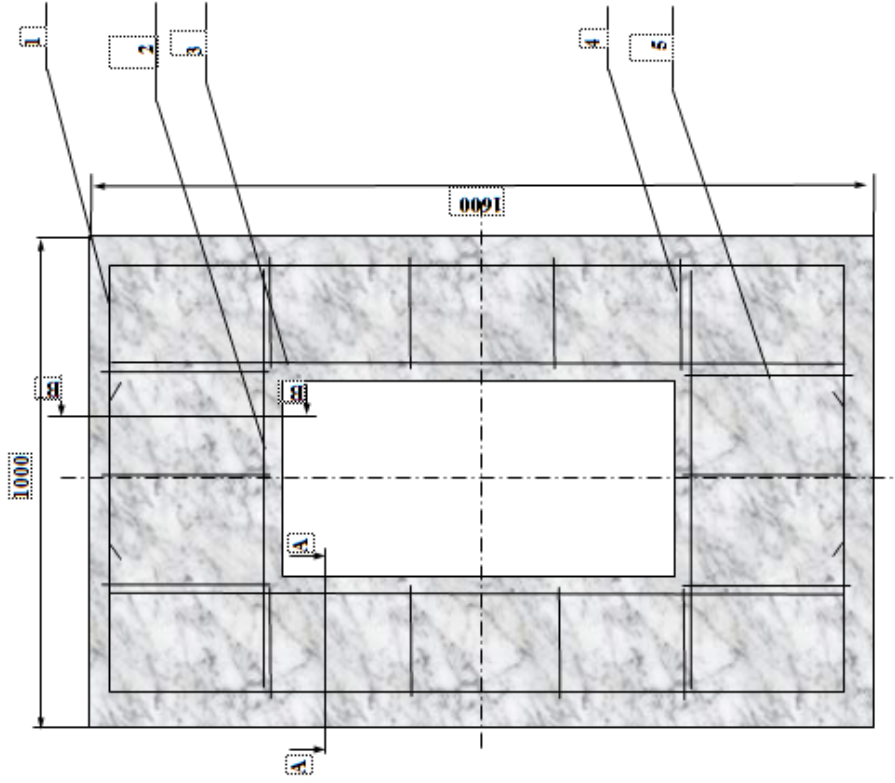
<b>Излазне величине</b>		
<b>Ознака</b>	<b>Јединица</b>	<b>Опис</b>
Mi	kNm	Моменти у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
Fti	kN	Трансверзалне силе у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
Fai	kN	Аксијалне силе у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
ti	kN/m <sup>2</sup>	Тангенцијални напон у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
sssi	kN/m <sup>2</sup>	Спољашњи нормални напон у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
ssui	kN/m <sup>2</sup>	Унутрашњи нормални напон у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
sesui	kN/m <sup>2</sup>	Еквивалентни унутрашњи нормални напон у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре
sessi	kN/m <sup>2</sup>	Еквивалентни спољашњи нормални напон у карактеристичним пресечним тачкама оквира носеће структуре

<b>Величине кој утичу на динамичко понашање траверзе</b>		
$F_n$	kN	величина номиналне силе
$K_e=2K$	kNm <sup>2</sup>	еквивалентна крутост
$m_T$	kg	маса траверзе
$m_S$	kg	маса радног стола
$t_{ob}$	s	време обраде
$t$		време посматрања
$\zeta_e=2\zeta$		еквивалентни фактор пригушења
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе
$n$		број понављања осцилација

<b>Величине кој утичу на динамичко понашање траверзе</b>		
$F_n$	kN	величина номиналне силе
$f_p$		параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре
$\omega_1$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција сопствених слободних осцилација
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе
$\delta_1$		коэффициент пригушења за одговарајућу масу,
$m$	kg	маса стубова
$t_{ob}$	s	време обраде
$t$	s	време посматрања
$n$		број понављања осцилација

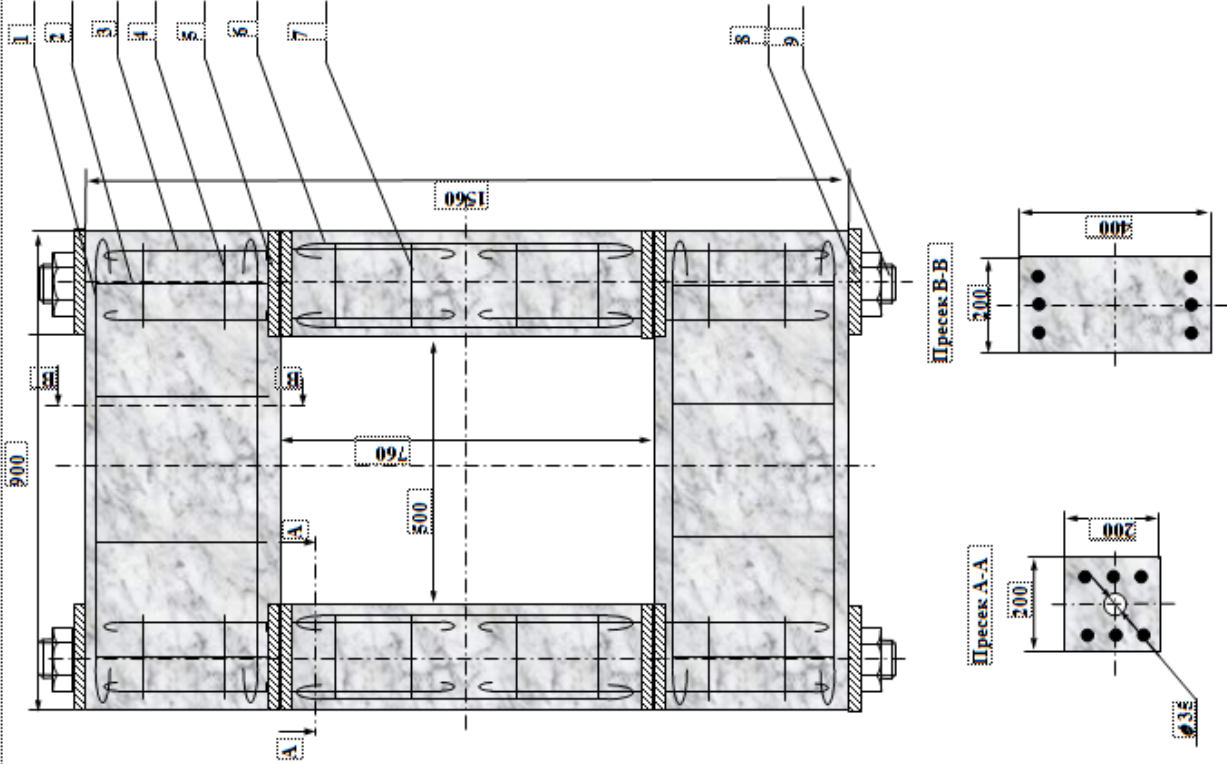


# Прилог А



5	Узеније	6	1-5		φ6		
4	Узеније	8	1-4		φ6		
3	Арматура	6	1-3		φ10		
2	Арматура	6	1-2		φ10		
1	Арматура	6	1-1		φ10		
Поз.	Назив дела	Ком.	Бр. цртежа	Материјал	Димензије	Напомена	
	Датум		Име и презиме	Потпис			
Цртао			Богдан Ђирковић			ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА Косовска Митровица	
У склад са ЈУС			Богдан Ђирковић				
Оверно			Богдан Ђирковић				
Размера	Назив дела	НОСЕЋА СТРУКТУРА БРОЈ 1				Број цртежа	1
<b>1:10</b>							

# Прилог Б



№	Видак	2	1-9	М30	
8	Плоча	4	1-8	150x150	
7	Узвнгија	8	1-7	φ6	
6	Анкер	16	1-6	φ10	
5	Плоча	4	1-5	200x200	
4	Узвнгија	8	1-4	φ6	
3	Анкер	16	1-3	φ10	
2	Узвнгија	8	1-2	φ6	
1	Арматура	12	1-1	φ10	
Поз.	Назив дела	Ком.	Бр. цртежа	Материјал	Димензија Напомена
	Датум		Име и презиме	Потпис	
Цртао			Богдан Ђирковић		ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
Усклад. са ЈУС			Богдан Ђирковић		Косовска
Оверно			Богдан Ђирковић		Митровица
Размера	Назив дела				Број цртежа
<b>1:10</b>			<b>НОСЕЋА СТРУКТУРА БРОЈ 2</b>		<b>1</b>

# Прилог 1

Старост бетона у данима	Чврстоћа бетона у процентима
7	0.45
14	0.60
28	0.70
90	0.85
180	0.90
365	0.95
1000	0.98

# Прилог 2

Чврстоћа бетона	Стварна чврстоћа бетона	Модул еластичности бетона	Модул еластичности челика	Пуасонов коефицијент за бетон	Пуасонов коефицијент за челик	Процент арматуре армираном бетону	Модул еластичности композитног материјала гвожђе-бетон
$\beta_k$ MPa	$\beta_{ks}$ MPa	$E_b$ MPa	$E_c$ MPa	$\nu_b$ -	$\nu_c$ -	$c$ %	$E_{ab}$ MPa
10	11.50	17922	210000	0.15	0.3	3%	23688
15	17.25	23390	210000	0.15	0.3	3%	28994
20	23.00	27600	210000	0.15	0.3	3%	33079
25	28.75	30942	210000	0.15	0.3	3%	36322
30	34.50	33659	210000	0.15	0.3	3%	38959
35	40.25	35911	210000	0.15	0.3	3%	41145
40	46.00	37808	210000	0.15	0.3	3%	42987
45	51.75	39429	210000	0.15	0.3	3%	44559
50	57.50	40828	210000	0.15	0.3	3%	45918
55	63.25	42050	210000	0.15	0.3	3%	47104
60	69.00	43125	210000	0.15	0.3	3%	48147
65	74.75	44079	210000	0.15	0.3	3%	49073

Модул еластичности армираног бетона

$$E = E_B + c * E_B \left[ \frac{E_C - 1 + \frac{2(\nu_C - \nu_B)^2}{(1 + \nu_B) + \left(\frac{E_C}{E_B}\right)(1 + \nu_C)(1 - 2\nu_C)}}{E_B} \right]$$

Модул еластичности бетона у зависности од чврстоће бетона

$$E_b = \frac{60000}{27 + \beta_{k,s}} \beta_{k,s} [MPa]$$

# Прилог 3

Величине модула еластичности бетона различитих чврстоћа у зависности од процента арматуре (0% - 10%)

redni broj	E <sub>b</sub> [MPa]			n <sub>b</sub>	E <sub>c</sub> [MPa]	n <sub>c</sub>	ρ	E (MB 45)	E (MB 55)	E (MB 65)
	MB45	MB55	MB65							
1	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.10%	37663	40404	42549
2	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.20%	37826	40564	42708
3	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.30%	37989	40725	42866
4	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.40%	38152	40885	43024
5	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.50%	38315	41045	43182
6	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.60%	38478	41205	43340
7	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.70%	38641	41366	43498
8	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.80%	38803	41526	43656
9	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	0.90%	38966	41686	43814
10	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.00%	39129	41846	43972
11	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.10%	39292	42007	44131
12	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.20%	39455	42167	44289
13	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.30%	39618	42327	44447
14	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.40%	39781	42487	44605
15	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.50%	39944	42648	44763
16	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.60%	40107	42808	44921
17	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.70%	40270	42968	45079
18	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.80%	40433	43128	45237
19	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	1.90%	40596	43288	45395
20	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.00%	40759	43449	45554
21	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.10%	40922	43609	45712
22	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.20%	41084	43769	45870
23	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.30%	41247	43929	46028
24	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.40%	41410	44090	46186
25	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.50%	41573	44250	46344
26	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.60%	41736	44410	46502
27	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.70%	41899	44570	46661
28	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.80%	42062	44731	46819
29	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	2.90%	42225	44891	46977
30	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.00%	42388	45051	47135
31	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.10%	42551	45211	47293
32	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.20%	42714	45372	47451
33	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.30%	42877	45532	47609
34	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.40%	43040	45692	47767
35	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.50%	43203	45852	47925
36	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.60%	43366	46013	48084
37	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.70%	43528	46173	48242
38	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.80%	43691	46333	48400
39	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	3.90%	43854	46493	48558
40	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.00%	44017	46654	48716
41	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.10%	44180	46814	48874
42	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.20%	44343	46974	49032
43	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.30%	44506	47134	49190
44	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.40%	44669	47295	49349
45	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.50%	44832	47455	49507
46	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.60%	44995	47615	49665
47	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.70%	45158	47775	49823
48	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.80%	45321	47935	49981
49	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	4.90%	45484	48096	50139
50	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.00%	45647	48256	50297
51	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.10%	45809	48416	50455
52	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.20%	45972	48576	50614
53	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.30%	46135	48737	50772
54	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.40%	46298	48897	50930
55	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.50%	46461	49057	51088
56	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.60%	46624	49217	51246
57	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.70%	46787	49378	51404
58	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.80%	46950	49538	51562
59	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	5.90%	47113	49698	51720
60	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.00%	47276	49858	51878
61	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.10%	47439	50019	52037
62	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.20%	47602	50179	52195
63	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.30%	47765	50339	52353
64	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.40%	47928	50499	52511
65	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.50%	48090	50660	52669
66	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.60%	48253	50820	52827
67	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.70%	48416	50980	52985
68	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.80%	48579	51140	53143
69	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	6.90%	48742	51301	53302
70	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.00%	48905	51461	53460
71	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.10%	49068	51621	53618
72	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.20%	49231	51781	53776
73	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.30%	49394	51941	53934
74	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.40%	49557	52102	54092
75	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.50%	49720	52262	54250
76	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.60%	49883	52422	54408
77	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.70%	50046	52582	54567
78	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.80%	50209	52743	54725
79	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	7.90%	50371	52903	54883
80	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.00%	50534	53063	55041
81	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.10%	50697	53223	55199
82	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.20%	50860	53384	55357
83	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.30%	51023	53544	55515
84	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.40%	51186	53704	55673
85	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.50%	51349	53864	55831
86	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.60%	51512	54025	55990
87	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.70%	51675	54185	56148
88	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.80%	51838	54345	56306
89	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	8.90%	52001	54505	56464
90	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.00%	52164	54666	56622
91	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.10%	52327	54826	56780
92	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.20%	52490	54986	56938
93	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.30%	52653	55146	57096
94	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.40%	52815	55307	57255
95	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.50%	52978	55467	57413
96	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.60%	53141	55627	57571
97	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.70%	53304	55787	57729
98	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.80%	53467	55948	57887
99	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	9.90%	53630	56108	58045
100	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3	10.00%	53793	56268	58203

# Прилог 4

Процент увећања модула еластичности бетона различитих чврстоћа у зависности од процента арматуре (0% - 10%)

redni broj	MB45			MB55			MB65			$\nu_b$	$E_c$ [Mpa]	$\nu_c$	c	$E$ (MB 45)	$E$ (MB 55)	$E$ (MB 65)	MB45	MB55	MB65
	$E_f$ [Mpa]	$E_c$ [Mpa]	$E_p$ [Mpa]	$E_f$ [Mpa]	$E_c$ [Mpa]	$E_p$ [Mpa]	$E_f$ [Mpa]	$E_c$ [Mpa]	$E_p$ [Mpa]										
1	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							37663	40404	42549	100%	107.28%	112.97%	
2	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							37826	40564	42708	100%	107.24%	112.91%	
3	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							37989	40725	42866	100%	107.20%	112.84%	
4	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38152	40885	43024	100%	107.16%	112.77%	
5	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38315	41045	43182	100%	107.13%	112.70%	
6	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38478	41205	43340	100%	107.09%	112.64%	
7	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38641	41366	43498	100%	107.05%	112.57%	
8	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38803	41526	43656	100%	107.02%	112.51%	
9	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							38966	41686	43814	100%	106.98%	112.44%	
10	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39129	41846	43972	100%	106.94%	112.38%	
11	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39292	42007	44131	100%	106.91%	112.31%	
12	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39455	42167	44289	100%	106.87%	112.25%	
13	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39618	42327	44447	100%	106.84%	112.19%	
14	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39781	42487	44605	100%	106.80%	112.13%	
15	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							39944	42648	44763	100%	106.77%	112.06%	
16	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40107	42808	44921	100%	106.73%	112.00%	
17	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40270	42968	45079	100%	106.70%	111.94%	
18	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40433	43128	45237	100%	106.67%	111.88%	
19	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40596	43288	45396	100%	106.63%	111.82%	
20	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40759	43449	45554	100%	106.60%	111.76%	
21	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							40922	43609	45712	100%	106.57%	111.71%	
22	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41084	43769	45870	100%	106.53%	111.65%	
23	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41247	43929	46028	100%	106.50%	111.59%	
24	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41410	44090	46186	100%	106.47%	111.53%	
25	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41573	44250	46344	100%	106.44%	111.48%	
26	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41736	44410	46502	100%	106.41%	111.42%	
27	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							41899	44570	46660	100%	106.38%	111.36%	
28	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42062	44731	46819	100%	106.34%	111.31%	
29	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42225	44891	46977	100%	106.31%	111.25%	
30	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42388	45051	47135	100%	106.28%	111.20%	
31	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42551	45211	47293	100%	106.25%	111.14%	
32	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42714	45372	47451	100%	106.22%	111.09%	
33	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							42877	45532	47609	100%	106.19%	111.04%	
34	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43040	45692	47767	100%	106.16%	110.98%	
35	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43203	45852	47925	100%	106.13%	110.93%	
36	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43366	46013	48084	100%	106.10%	110.88%	
37	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43528	46173	48242	100%	106.08%	110.83%	
38	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43691	46333	48400	100%	106.05%	110.78%	
39	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							43854	46493	48558	100%	106.02%	110.73%	
40	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44017	46654	48716	100%	105.99%	110.68%	
41	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44180	46814	48874	100%	105.96%	110.62%	
42	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44343	46974	49032	100%	105.93%	110.57%	
43	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44506	47134	49190	100%	105.91%	110.53%	
44	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44669	47295	49349	100%	105.88%	110.48%	
45	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44832	47455	49507	100%	105.85%	110.43%	
46	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							44995	47615	49665	100%	105.82%	110.38%	
47	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45158	47775	49823	100%	105.80%	110.33%	
48	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45321	47935	49981	100%	105.77%	110.28%	
49	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45484	48095	50139	100%	105.74%	110.24%	
50	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45647	48256	50297	100%	105.72%	110.19%	
51	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45810	48416	50455	100%	105.69%	110.14%	
52	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							45972	48576	50614	100%	105.66%	110.10%	
53	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46135	48737	50772	100%	105.64%	110.05%	
54	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46298	48897	50930	100%	105.61%	110.00%	
55	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46461	49057	51088	100%	105.59%	109.96%	
56	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46624	49217	51246	100%	105.56%	109.91%	
57	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46787	49378	51404	100%	105.54%	109.87%	
58	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							46950	49538	51562	100%	105.51%	109.82%	
59	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47113	49698	51720	100%	105.49%	109.78%	
60	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47276	49858	51878	100%	105.46%	109.74%	
61	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47439	50019	52037	100%	105.44%	109.69%	
62	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47602	50179	52195	100%	105.41%	109.65%	
63	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47765	50339	52353	100%	105.39%	109.61%	
64	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							47928	50499	52511	100%	105.37%	109.56%	
65	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48090	50660	52669	100%	105.34%	109.52%	
66	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48253	50820	52827	100%	105.32%	109.48%	
67	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48416	50980	52985	100%	105.30%	109.44%	
68	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48579	51140	53143	100%	105.27%	109.40%	
69	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48742	51300	53302	100%	105.25%	109.35%	
70	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							48905	51461	53460	100%	105.23%	109.31%	
71	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49068	51621	53618	100%	105.20%	109.27%	
72	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49231	51781	53776	100%	105.18%	109.23%	
73	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49394	51941	53934	100%	105.16%	109.19%	
74	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49557	52102	54092	100%	105.14%	109.15%	
75	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49720	52262	54250	100%	105.11%	109.11%	
76	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							49883	52422	54408	100%	105.09%	109.07%	
77	37500	40244	42391	0.15	200000	0.3							50046	52582	54566	100%	105.07%	109.03%	
78	37500	40244																	

# Прилог 5-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.5
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.8746
M0	-19.0077
H0	-14.6858
V0	11.3743

Моменти	
M1	2.3973
M2	-7.2591
M3	8.0845
M4	-3.6641
M5	-5.1327
M6	2.0873
M7	-7.1189
M8	-3.2563
M9	16.4001
M10	8.1487
M11	-4.9455

Трансверзалне силе	
Ft1	-38.6257
Ft2	61.3743
Ft3	-14.6858
Ft4	10.3142
Ft5	-61.3743
Ft6	38.6257
Ft7	10.3142
Ft8	-14.6858

Аксијалне силе	
Fa1	14.6858
Fa2	61.3743
Fa3	38.6257
Fa4	10.3142

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-482.8218
$\tau_2$	767.1782
$\tau_3$	-244.7625
$\tau_4$	171.9042
$\tau_5$	-767.1782
$\tau_6$	482.8218
$\tau_7$	171.9042
$\tau_8$	-244.7625

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	633
$\sigma_{u11}$	1443
$\sigma_{u2}$	-1178
$\sigma_{u3}$	1700
$\sigma_{u33}$	3718
$\sigma_{u4}$	-198
$\sigma_{u5}$	-688
$\sigma_{u6}$	1719
$\sigma_{u66}$	521
$\sigma_{u7}$	-1207
$\sigma_{u8}$	-482
$\sigma_{u9}$	3206
$\sigma_{u99}$	6110
$\sigma_{u10}$	3360
$\sigma_{u11}$	-1005

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1155
$\sigma_{eu11}$	1524
$\sigma_{eu2}$	1935
$\sigma_{eu3}$	2290
$\sigma_{eu33}$	3750
$\sigma_{eu4}$	528
$\sigma_{eu5}$	769
$\sigma_{eu6}$	1753
$\sigma_{eu66}$	1620
$\sigma_{eu7}$	1952
$\sigma_{eu8}$	1079
$\sigma_{eu9}$	3348
$\sigma_{eu99}$	6120
$\sigma_{eu10}$	3378
$\sigma_{eu11}$	1118

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-266
$\sigma_{s11}$	-155
$\sigma_s2$	1546
$\sigma_s3$	-1333
$\sigma_{s33}$	-1672
$\sigma_s4$	2244
$\sigma_s5$	2734
$\sigma_s6$	327
$\sigma_{s66}$	-263
$\sigma_s7$	1465
$\sigma_s8$	740
$\sigma_s9$	-2948
$\sigma_{s99}$	-4823
$\sigma_{s10}$	-2072
$\sigma_{s11}$	2292

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1002
$\sigma_{es11}$	514
$\sigma_{es2}$	2178
$\sigma_{es3}$	2033
$\sigma_{es33}$	1742
$\sigma_{es4}$	2297
$\sigma_{es5}$	2755
$\sigma_{es6}$	475
$\sigma_{es66}$	1557
$\sigma_{es7}$	2121
$\sigma_{es8}$	1216
$\sigma_{es9}$	3102
$\sigma_{es99}$	4835
$\sigma_{es10}$	2101
$\sigma_{es11}$	2344

# Прилог 5-2

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.6
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.7684
M0	-21.3025
H0	-14.6523
V0	9.5084

Моменти	
M1	2.5668
M2	-9.5807
M3	8.2719
M4	-3.4500
M5	-4.9152
M6	2.3282
M7	-9.5735
M8	-5.5244
M9	16.6231
M10	8.3450
M11	-4.7594

Трансверзалне силе	
Ft1	-40.4916
Ft2	59.5084
Ft3	-14.6523
Ft4	10.3477
Ft5	-59.5084
Ft6	40.4916
Ft7	10.3477
Ft8	-14.6523

Аксијалне силе	
Fa1	14.6523
Fa2	59.5084
Fa3	40.4916
Fa4	10.3477

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-506.1446
$\tau_2$	743.8554
$\tau_3$	-244.2051
$\tau_4$	172.4616
$\tau_5$	-743.8554
$\tau_6$	506.1446
$\tau_7$	172.4616
$\tau_8$	-244.2051

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	665
$\sigma_{u11}$	1530
$\sigma_{u2}$	-1614
$\sigma_{u3}$	1735
$\sigma_{u33}$	3749
$\sigma_{u4}$	-158
$\sigma_{u5}$	-647
$\sigma_{u6}$	1768
$\sigma_{u66}$	566
$\sigma_{u7}$	-1667
$\sigma_{u8}$	-907
$\sigma_{u9}$	3248
$\sigma_{u99}$	6216
$\sigma_{u10}$	3457
$\sigma_{u11}$	-912

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1211
$\sigma_{eu11}$	1607
$\sigma_{eu2}$	2195
$\sigma_{eu3}$	2286
$\sigma_{eu33}$	3781
$\sigma_{eu4}$	513
$\sigma_{eu5}$	733
$\sigma_{eu6}$	1801
$\sigma_{eu66}$	1592
$\sigma_{eu7}$	2234
$\sigma_{eu8}$	1359
$\sigma_{eu9}$	3402
$\sigma_{eu99}$	6225
$\sigma_{eu10}$	3474
$\sigma_{eu11}$	1034

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-298
$\sigma_{s11}$	-181
$\sigma_s2$	1981
$\sigma_s3$	-1369
$\sigma_{s33}$	-1765
$\sigma_s4$	2142
$\sigma_s5$	2630
$\sigma_s6$	216
$\sigma_{s66}$	-307
$\sigma_s7$	1926
$\sigma_s8$	1166
$\sigma_s9$	-2989
$\sigma_{s99}$	-4866
$\sigma_{s10}$	-2107
$\sigma_{s11}$	2261

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1055
$\sigma_{es11}$	521
$\sigma_{es2}$	2477
$\sigma_{es3}$	2022
$\sigma_{es33}$	1832
$\sigma_{es4}$	2197
$\sigma_{es5}$	2653
$\sigma_{es6}$	407
$\sigma_{es66}$	1519
$\sigma_{es7}$	2433
$\sigma_{es8}$	1544
$\sigma_{es9}$	3156
$\sigma_{es99}$	4878
$\sigma_{es10}$	2135
$\sigma_{es11}$	2313



Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-522.8232
$\tau$ 2	727.1768
$\tau$ 3	-243.7044
$\tau$ 4	172.9623
$\tau$ 5	-727.1768
$\tau$ 6	522.8232
$\tau$ 7	172.9623
$\tau$ 8	-243.7044

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	705
$\sigma$ u11	1626
$\sigma$ u2	-2041
$\sigma$ u3	1779
$\sigma$ u33	3806
$\sigma$ u4	-94
$\sigma$ u5	-581
$\sigma$ u6	1840
$\sigma$ u66	620
$\sigma$ u7	-2109
$\sigma$ u8	-1324
$\sigma$ u9	3299
$\sigma$ u99	6327
$\sigma$ u10	3560
$\sigma$ u11	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1261
$\sigma$ eu11	1697
$\sigma$ eu2	2506
$\sigma$ eu3	2298
$\sigma$ eu33	3837
$\sigma$ eu4	496
$\sigma$ eu5	676
$\sigma$ eu6	1873
$\sigma$ eu66	1581
$\sigma$ eu7	2562
$\sigma$ eu8	1687
$\sigma$ eu9	3460
$\sigma$ eu99	6337
$\sigma$ eu10	3577
$\sigma$ eu11	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-340
$\sigma$ s11	-232
$\sigma$ s2	2407
$\sigma$ s3	-1413
$\sigma$ s33	-1866
$\sigma$ s4	2033
$\sigma$ s5	2520
$\sigma$ s6	99
$\sigma$ s66	-360
$\sigma$ s7	2368
$\sigma$ s8	1583
$\sigma$ s9	-3039
$\sigma$ s99	-4933
$\sigma$ s10	-2166
$\sigma$ s11	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1100
$\sigma$ es11	540
$\sigma$ es2	2812
$\sigma$ es3	2028
$\sigma$ es33	1929
$\sigma$ es4	2090
$\sigma$ es5	2544
$\sigma$ es6	360
$\sigma$ es66	1498
$\sigma$ es7	2779
$\sigma$ es8	1898
$\sigma$ es9	3214
$\sigma$ es99	4945
$\sigma$ es10	2193
$\sigma$ es11	2259

# Прилог 5-4

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.8
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6357
M0	-25.7556
H0	-14.5951
V0	7.1725

Моменти	
M1	3.0515
M2	-14.0795
M3	8.7895
M4	-2.8866
M5	-4.3461
M6	2.9373
M7	-14.2145
M8	-9.9317
M9	17.1993
M10	8.8754
M11	-4.2460

Трансверзалне силе	
Ft1	-42.8275
Ft2	57.1725
Ft3	-14.5951
Ft4	10.4049
Ft5	-57.1725
Ft6	42.8275
Ft7	10.4049
Ft8	-14.5951

Аксијалне силе	
Fa1	14.5951
Fa2	57.1725
Fa3	42.8275
Fa4	10.4049

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-535.3441
$\tau_2$	714.6559
$\tau_3$	-243.2523
$\tau_4$	173.4144
$\tau_5$	-714.6559
$\tau_6$	535.3441
$\tau_7$	173.4144
$\tau_8$	-243.2523

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	755
$\sigma_{u11}$	1731
$\sigma_{u2}$	-2459
$\sigma_{u3}$	1832
$\sigma_{u33}$	3883
$\sigma_{u4}$	-9
$\sigma_{u5}$	-496
$\sigma_{u6}$	1932
$\sigma_{u66}$	681
$\sigma_{u7}$	-2537
$\sigma_{u8}$	-1733
$\sigma_{u9}$	3357
$\sigma_{u99}$	6447
$\sigma_{u10}$	3672
$\sigma_{u11}$	-702

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1310
$\sigma_{eu11}$	1798
$\sigma_{eu2}$	2844
$\sigma_{eu3}$	2323
$\sigma_{eu33}$	3913
$\sigma_{eu4}$	487
$\sigma_{eu5}$	605
$\sigma_{eu6}$	1963
$\sigma_{eu66}$	1583
$\sigma_{eu7}$	2912
$\sigma_{eu8}$	2037
$\sigma_{eu9}$	3524
$\sigma_{eu99}$	6456
$\sigma_{eu10}$	3689
$\sigma_{eu11}$	854

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-390
$\sigma_{s11}$	-303
$\sigma_s2$	2824
$\sigma_s3$	-1467
$\sigma_{s33}$	-1977
$\sigma_s4$	1915
$\sigma_s5$	2402
$\sigma_s6$	-26
$\sigma_{s66}$	-421
$\sigma_s7$	2797
$\sigma_s8$	1993
$\sigma_s9$	-3097
$\sigma_{s99}$	-5019
$\sigma_{s10}$	-2245
$\sigma_{s11}$	2129

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1140
$\sigma_{es11}$	573
$\sigma_{es2}$	3165
$\sigma_{es3}$	2048
$\sigma_{es33}$	2036
$\sigma_{es4}$	1976
$\sigma_{es5}$	2426
$\sigma_{es6}$	348
$\sigma_{es66}$	1490
$\sigma_{es7}$	3141
$\sigma_{es8}$	2263
$\sigma_{es9}$	3277
$\sigma_{es99}$	5031
$\sigma_{es10}$	2271
$\sigma_{es11}$	2184

# Прилог 5-5

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.9
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.5914
M0	-27.9197
H0	-14.5705
V0	6.3927

Моменти	
M1	3.3600
M2	-16.2633
M3	9.1135
M4	-2.5429
M5	-4.0000
M6	3.3007
M7	-16.4368
M8	-12.0761
M9	17.5472
M10	9.2036
M11	-3.9252

Трансверзалне силе	
Ft1	-43.6073
Ft2	56.3927
Ft3	-14.5705
Ft4	10.4295
Ft5	-56.3927
Ft6	43.6073
Ft7	10.4295
Ft8	-14.5705

Аксијалне силе	
Fa1	14.5705
Fa2	56.3927
Fa3	43.6073
Fa4	10.4295

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-545.0907
$\tau$ 2	704.9093
$\tau$ 3	-242.8419
$\tau$ 4	173.8247
$\tau$ 5	-704.9093
$\tau$ 6	545.0907
$\tau$ 7	173.8247
$\tau$ 8	-242.8419

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	813
$\sigma$ u11	1847
$\sigma$ u2	-2869
$\sigma$ u3	1892
$\sigma$ u33	3978
$\sigma$ u4	92
$\sigma$ u5	-393
$\sigma$ u6	2040
$\sigma$ u66	750
$\sigma$ u7	-2953
$\sigma$ u8	-2135
$\sigma$ u9	3423
$\sigma$ u99	6576
$\sigma$ u10	3795
$\sigma$ u11	-582

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1360
$\sigma$ eu11	1910
$\sigma$ eu2	3197
$\sigma$ eu3	2359
$\sigma$ eu33	4007
$\sigma$ eu4	494
$\sigma$ eu5	525
$\sigma$ eu6	2070
$\sigma$ eu66	1597
$\sigma$ eu7	3273
$\sigma$ eu8	2398
$\sigma$ eu9	3592
$\sigma$ eu99	6585
$\sigma$ eu10	3811
$\sigma$ eu11	758

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-448
$\sigma$ s11	-393
$\sigma$ s2	3233
$\sigma$ s3	-1528
$\sigma$ s33	-2098
$\sigma$ s4	1788
$\sigma$ s5	2273
$\sigma$ s6	-160
$\sigma$ s66	-489
$\sigma$ s7	3214
$\sigma$ s8	2396
$\sigma$ s9	-3162
$\sigma$ s99	-5122
$\sigma$ s10	-2341
$\sigma$ s11	2035

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1179
$\sigma$ es11	625
$\sigma$ es2	3527
$\sigma$ es3	2079
$\sigma$ es33	2153
$\sigma$ es4	1852
$\sigma$ es5	2300
$\sigma$ es6	383
$\sigma$ es66	1492
$\sigma$ es7	3510
$\sigma$ es8	2632
$\sigma$ es9	3344
$\sigma$ es99	5134
$\sigma$ es10	2367
$\sigma$ es11	2092

# Прилог 6-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1
a	0.4
b	0.5
e	0
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	0.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.0000
M0	-22.3905
H0	0.0000
V0	0.0000

Моменти	
M1	2.6095
M2	-22.3905
M3	2.6095
M4	2.6095
M5	2.6095
M6	2.6095
M7	-22.3905
M8	-22.3905
M9	2.6095
M10	2.6095
M11	2.6095

Трансверзалне силе	
Ft1	-50.0000
Ft2	50.0000
Ft3	0.0000
Ft4	0.0000
Ft5	-50.0000
Ft6	50.0000
Ft7	0.0000
Ft8	0.0000

Аксијалне силе	
Fa1	0.0000
Fa2	50.0000
Fa3	50.0000
Fa4	0.0000

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-625.0000
$\tau$ 2	625.0000
$\tau$ 3	0.0000
$\tau$ 4	0.0000
$\tau$ 5	-625.0000
$\tau$ 6	625.0000
$\tau$ 7	0.0000
$\tau$ 8	0.0000

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	490
$\sigma$ u11	1703
$\sigma$ u2	-4201
$\sigma$ u3	490
$\sigma$ u33	1703
$\sigma$ u4	1703
$\sigma$ u5	1703
$\sigma$ u6	1703
$\sigma$ u66	490
$\sigma$ u7	-4201
$\sigma$ u8	-4201
$\sigma$ u9	490
$\sigma$ u99	1703
$\sigma$ u10	1703
$\sigma$ u11	1703

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1342
$\sigma$ eu11	1703
$\sigma$ eu2	4383
$\sigma$ eu3	1342
$\sigma$ eu33	1703
$\sigma$ eu4	1703
$\sigma$ eu5	1703
$\sigma$ eu6	1703
$\sigma$ eu66	1342
$\sigma$ eu7	4383
$\sigma$ eu8	4383
$\sigma$ eu9	1342
$\sigma$ eu99	1703
$\sigma$ eu10	1703
$\sigma$ eu11	1703

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-490
$\sigma$ s11	-36
$\sigma$ s2	4201
$\sigma$ s3	-490
$\sigma$ s33	-36
$\sigma$ s4	-36
$\sigma$ s5	-36
$\sigma$ s6	-36
$\sigma$ s66	-490
$\sigma$ s7	4201
$\sigma$ s8	4201
$\sigma$ s9	-490
$\sigma$ s99	-36
$\sigma$ s10	-36
$\sigma$ s11	-36

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1342
$\sigma$ es11	36
$\sigma$ es2	4383
$\sigma$ es3	1342
$\sigma$ es33	36
$\sigma$ es4	36
$\sigma$ es5	36
$\sigma$ es6	36
$\sigma$ es66	1342
$\sigma$ es7	4383
$\sigma$ es8	4383
$\sigma$ es9	1342
$\sigma$ es99	36
$\sigma$ es10	36
$\sigma$ es11	36

# Прилог 6-2

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1
a	0.4
b	0.5
e	0.025
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	6.2500
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.1380
M0	-24.2945
H0	-3.6111
V0	1.4440

Моменти	
M1	2.8724
M2	-21.4056
M3	4.3164
M4	1.4275
M5	1.0664
M6	2.9136
M7	-21.5223
M8	-20.3084
M9	6.4696
M10	4.3585
M11	1.0668

Трансверзалне силе	
Ft1	-48.5560
Ft2	51.4440
Ft3	-3.6111
Ft4	2.6389
Ft5	-51.4440
Ft6	48.5560
Ft7	2.6389
Ft8	-3.6111

Аксијалне силе	
Fa1	3.6111
Fa2	51.4440
Fa3	48.5560
Fa4	2.6389

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-606.9498
$\tau_2$	643.0502
$\tau_3$	-60.1855
$\tau_4$	43.9812
$\tau_5$	-643.0502
$\tau_6$	606.9498
$\tau_7$	43.9812
$\tau_8$	-60.1855

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	584
$\sigma_{u11}$	1767
$\sigma_{u2}$	-3971
$\sigma_{u3}$	855
$\sigma_{u33}$	2296
$\sigma_{u4}$	1333
$\sigma_{u5}$	1213
$\sigma_{u6}$	1829
$\sigma_{u66}$	580
$\sigma_{u7}$	-4005
$\sigma_{u8}$	-3777
$\sigma_{u9}$	1247
$\sigma_{u99}$	2966
$\sigma_{u10}$	2262
$\sigma_{u11}$	1165

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1347
$\sigma_{eu11}$	1771
$\sigma_{eu2}$	4174
$\sigma_{eu3}$	1544
$\sigma_{eu33}$	2299
$\sigma_{eu4}$	1339
$\sigma_{eu5}$	1216
$\sigma_{eu6}$	1831
$\sigma_{eu66}$	1411
$\sigma_{eu7}$	4206
$\sigma_{eu8}$	3967
$\sigma_{eu9}$	1740
$\sigma_{eu99}$	2967
$\sigma_{eu10}$	2264
$\sigma_{eu11}$	1171

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-494
$\sigma_{s11}$	-148
$\sigma_s2$	4061
$\sigma_s3$	-765
$\sigma_{s33}$	-581
$\sigma_s4$	382
$\sigma_s5$	502
$\sigma_s6$	-114
$\sigma_{s66}$	-514
$\sigma_s7$	4071
$\sigma_s8$	3843
$\sigma_s9$	-1181
$\sigma_{s99}$	-1347
$\sigma_{s10}$	-644
$\sigma_{s11}$	454

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1310
$\sigma_{es11}$	191
$\sigma_{es2}$	4260
$\sigma_{es3}$	1496
$\sigma_{es33}$	594
$\sigma_{es4}$	400
$\sigma_{es5}$	510
$\sigma_{es6}$	144
$\sigma_{es66}$	1385
$\sigma_{es7}$	4269
$\sigma_{es8}$	4030
$\sigma_{es9}$	1693
$\sigma_{es99}$	1350
$\sigma_{es10}$	650
$\sigma_{es11}$	469

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1
a	0.4
b	0.5
e	0.05
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	12.5000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.2767
M0	-26.2050
H0	-7.2395
V0	2.8873

Моменти	
M1	3.1430
M2	-20.4134
M3	6.0303
M4	0.2386
M5	-0.4853
M6	3.1970
M7	-20.6023
M8	-18.2466
M9	10.3097
M10	6.1014
M11	-0.4768

Трансверзалне силе	
Ft1	-47.1127
Ft2	52.8873
Ft3	-7.2395
Ft4	5.2605
Ft5	-52.8873
Ft6	47.1127
Ft7	5.2605
Ft8	-7.2395

Аксијалне силе	
Fa1	7.2395
Fa2	52.8873
Fa3	47.1127
Fa4	5.2605

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-588.9091
$\tau_2$	661.0909
$\tau_3$	-120.6586
$\tau_4$	87.6747
$\tau_5$	-661.0909
$\tau_6$	588.9091
$\tau_7$	87.6747
$\tau_8$	-120.6586

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	680
$\sigma_{u11}$	1833
$\sigma_{u2}$	-3739
$\sigma_{u3}$	1222
$\sigma_{u33}$	2892
$\sigma_{u4}$	961
$\sigma_{u5}$	720
$\sigma_{u6}$	1947
$\sigma_{u66}$	666
$\sigma_{u7}$	-3800
$\sigma_{u8}$	-3358
$\sigma_{u9}$	2000
$\sigma_{u99}$	4222
$\sigma_{u10}$	2819
$\sigma_{u11}$	626

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1360
$\sigma_{eu11}$	1849
$\sigma_{eu2}$	3966
$\sigma_{eu3}$	1800
$\sigma_{eu33}$	2902
$\sigma_{eu4}$	991
$\sigma_{eu5}$	741
$\sigma_{eu6}$	1955
$\sigma_{eu66}$	1480
$\sigma_{eu7}$	4023
$\sigma_{eu8}$	3558
$\sigma_{eu9}$	2321
$\sigma_{eu99}$	4225
$\sigma_{eu10}$	2824
$\sigma_{eu11}$	671

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-499
$\sigma_s11$	-262
$\sigma_s2$	3920
$\sigma_s3$	-1041
$\sigma_s33$	-1129
$\sigma_s4$	802
$\sigma_s5$	1043
$\sigma_s6$	-184
$\sigma_s66$	-534
$\sigma_s7$	3931
$\sigma_s8$	3489
$\sigma_s9$	-1869
$\sigma_s99$	-2651
$\sigma_s10$	-1249
$\sigma_s11$	944

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1279
$\sigma_{es11}$	357
$\sigma_{es2}$	4137
$\sigma_{es3}$	1683
$\sigma_{es33}$	1154
$\sigma_{es4}$	837
$\sigma_{es5}$	1058
$\sigma_{es6}$	254
$\sigma_{es66}$	1426
$\sigma_{es7}$	4147
$\sigma_{es8}$	3683
$\sigma_{es9}$	2209
$\sigma_{es99}$	2657
$\sigma_{es10}$	1261
$\sigma_{es11}$	974

# Прилог 6-4

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1
a	0.4
b	0.5
e	0.075
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	18.7500
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.4160
M0	-28.1220
H0	-10.8852
V0	4.3290

Моменти	
M1	3.4216
M2	-19.4139
M3	7.7506
M4	-0.9575
M5	-2.0460
M6	3.4593
M7	-19.6305
M8	-16.2052
M9	14.1303
M10	7.8385
M11	-2.0210

Трансверзалне силе	
Ft1	-45.6710
Ft2	54.3290
Ft3	-10.8852
Ft4	7.8648
Ft5	-54.3290
Ft6	45.6710
Ft7	7.8648
Ft8	-10.8852

Аксијалне силе	
Fa1	10.8852
Fa2	54.3290
Fa3	45.6710
Fa4	7.8648

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-570.8873
$\tau_2$	679.1127
$\tau_3$	-181.4194
$\tau_4$	131.0806
$\tau_5$	-679.1127
$\tau_6$	570.8873
$\tau_7$	131.0806
$\tau_8$	-181.4194

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	778
$\sigma_{u11}$	1902
$\sigma_{u2}$	-3506
$\sigma_{u3}$	1590
$\sigma_{u33}$	3489
$\sigma_{u4}$	586
$\sigma_{u5}$	223
$\sigma_{u6}$	2059
$\sigma_{u66}$	747
$\sigma_{u7}$	-3585
$\sigma_{u8}$	-2942
$\sigma_{u9}$	2749
$\sigma_{u99}$	5471
$\sigma_{u10}$	3374
$\sigma_{u11}$	88

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1382
$\sigma_{eu11}$	1936
$\sigma_{eu2}$	3760
$\sigma_{eu3}$	2091
$\sigma_{eu33}$	3508
$\sigma_{eu4}$	690
$\sigma_{eu5}$	344
$\sigma_{eu6}$	2075
$\sigma_{eu66}$	1550
$\sigma_{eu7}$	3833
$\sigma_{eu8}$	3156
$\sigma_{eu9}$	2977
$\sigma_{eu99}$	5478
$\sigma_{eu10}$	3384
$\sigma_{eu11}$	373

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-506
$\sigma_{s11}$	-379
$\sigma_s2$	3778
$\sigma_s3$	-1318
$\sigma_{s33}$	-1678
$\sigma_s4$	1225
$\sigma_s5$	1587
$\sigma_s6$	-248
$\sigma_{s66}$	-551
$\sigma_s7$	3781
$\sigma_s8$	3139
$\sigma_s9$	-2553
$\sigma_{s99}$	-3949
$\sigma_{s10}$	-1852
$\sigma_{s11}$	1435

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1249
$\sigma_{es11}$	525
$\sigma_{es2}$	4015
$\sigma_{es3}$	1893
$\sigma_{es33}$	1717
$\sigma_{es4}$	1277
$\sigma_{es5}$	1609
$\sigma_{es6}$	361
$\sigma_{es66}$	1466
$\sigma_{es7}$	4018
$\sigma_{es8}$	3340
$\sigma_{es9}$	2796
$\sigma_{es99}$	3958
$\sigma_{es10}$	1870
$\sigma_{es11}$	1480

# Прилог 6-5

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.5560
M0	-30.0456
H0	-14.5481
V0	5.7685

Моменти	
M1	3.7086
M2	-18.4071
M3	9.4771
M4	-2.1613
M5	-3.6161
M6	3.7002
M7	-18.6072
M8	-14.1840
M9	17.9317
M10	9.5702
M11	-3.5654

Трансверзалне силе	
Ft1	-44.2315
Ft2	55.7685
Ft3	-14.5481
Ft4	10.4519
Ft5	-55.7685
Ft6	44.2315
Ft7	10.4519
Ft8	-14.5481

Аксијалне силе	
Fa1	14.5481
Fa2	55.7685
Fa3	44.2315
Fa4	10.4519

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-552.8939
$\tau$ 2	697.1061
$\tau$ 3	-242.4679
$\tau$ 4	174.1988
$\tau$ 5	-697.1061
$\tau$ 6	552.8939
$\tau$ 7	174.1988
$\tau$ 8	-242.4679

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	878
$\sigma$ u11	1973
$\sigma$ u2	-3272
$\sigma$ u3	1960
$\sigma$ u33	4089
$\sigma$ u4	209
$\sigma$ u5	-276
$\sigma$ u6	2163
$\sigma$ u66	825
$\sigma$ u7	-3360
$\sigma$ u8	-2531
$\sigma$ u9	3495
$\sigma$ u99	6714
$\sigma$ u10	3927
$\sigma$ u11	-451

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1412
$\sigma$ eu11	2032
$\sigma$ eu2	3556
$\sigma$ eu3	2405
$\sigma$ eu33	4117
$\sigma$ eu4	528
$\sigma$ eu5	444
$\sigma$ eu6	2191
$\sigma$ eu66	1620
$\sigma$ eu7	3638
$\sigma$ eu8	2762
$\sigma$ eu9	3666
$\sigma$ eu99	6723
$\sigma$ eu10	3943
$\sigma$ eu11	662

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-514
$\sigma$ s11	-499
$\sigma$ s2	3635
$\sigma$ s3	-1596
$\sigma$ s33	-2230
$\sigma$ s4	1650
$\sigma$ s5	2135
$\sigma$ s6	-304
$\sigma$ s66	-564
$\sigma$ s7	3622
$\sigma$ s8	2792
$\sigma$ s9	-3234
$\sigma$ s99	-5240
$\sigma$ s10	-2453
$\sigma$ s11	1926

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1219
$\sigma$ es11	696
$\sigma$ es2	3894
$\sigma$ es3	2119
$\sigma$ es33	2282
$\sigma$ es4	1720
$\sigma$ es5	2163
$\sigma$ es6	462
$\sigma$ es66	1504
$\sigma$ es7	3881
$\sigma$ es8	3003
$\sigma$ es9	3417
$\sigma$ es99	5252
$\sigma$ es10	2477
$\sigma$ es11	1986



# Прилог 7-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1.2
a	0.3
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	33.3333
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.7143
M0	-37.5689
H0	-20.6072
V0	5.0667

Моменти	
M1	5.8769
M2	-21.0831
M3	11.9569
M4	-4.5289
M5	-4.5289
M6	5.6521
M7	-21.8813
M8	-17.3880
M9	19.5720
M10	9.3911
M11	-4.4267

Трансверзалне силе	
Ft1	-44.9333
Ft2	55.0667
Ft3	-20.6072
Ft4	12.7261
Ft5	-55.0667
Ft6	44.9333
Ft7	12.7261
Ft8	-20.6072

Аксијалне силе	
Fa1	20.6072
Fa2	55.0667
Fa3	44.9333
Fa4	12.7261

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-561.6664
$\tau_2$	688.3336
$\tau_3$	-343.4532
$\tau_4$	212.1024
$\tau_5$	-688.3336
$\tau_6$	561.6664
$\tau_7$	212.1024
$\tau_8$	-343.4532

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	1360
$\sigma_{u11}$	2708
$\sigma_{u2}$	-3698
$\sigma_{u3}$	2501
$\sigma_{u33}$	4903
$\sigma_{u4}$	-592
$\sigma_{u5}$	-592
$\sigma_{u6}$	2802
$\sigma_{u66}$	1219
$\sigma_{u7}$	-3946
$\sigma_{u8}$	-3103
$\sigma_{u9}$	3831
$\sigma_{u99}$	7273
$\sigma_{u10}$	3879
$\sigma_{u11}$	-727

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1764
$\sigma_{eu11}$	2794
$\sigma_{eu2}$	3946
$\sigma_{eu3}$	2855
$\sigma_{eu33}$	4951
$\sigma_{eu4}$	907
$\sigma_{eu5}$	728
$\sigma_{eu6}$	2834
$\sigma_{eu66}$	1839
$\sigma_{eu7}$	4179
$\sigma_{eu8}$	3300
$\sigma_{eu9}$	3992
$\sigma_{eu99}$	7285
$\sigma_{eu10}$	3902
$\sigma_{eu11}$	1000

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-845
$\sigma_{s11}$	-1210
$\sigma_s2$	4213
$\sigma_s3$	-1986
$\sigma_{s33}$	-3068
$\sigma_s4$	2427
$\sigma_s5$	2427
$\sigma_s6$	-966
$\sigma_{s66}$	-901
$\sigma_s7$	4264
$\sigma_s8$	3421
$\sigma_s9$	-3513
$\sigma_{s99}$	-5775
$\sigma_{s10}$	-2381
$\sigma_{s11}$	2224

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1406
$\sigma_{es11}$	1391
$\sigma_{es2}$	4432
$\sigma_{es3}$	2416
$\sigma_{es33}$	3144
$\sigma_{es4}$	2523
$\sigma_{es5}$	2464
$\sigma_{es6}$	1055
$\sigma_{es66}$	1645
$\sigma_{es7}$	4481
$\sigma_{es8}$	3601
$\sigma_{es9}$	3688
$\sigma_{es99}$	5791
$\sigma_{es10}$	2419
$\sigma_{es11}$	2328

# Прилог 7-2

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1.2
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.5029
M0	-34.1921
H0	-14.5086
V0	4.8311

Моменти	
M1	4.5162
M2	-22.5852
M3	10.3135
M4	-1.2934
M5	-2.7443
M6	4.5997
M7	-22.8159
M8	-18.2990
M9	18.8023
M10	10.4092
M11	-2.7382

Трансверзалне силе	
Ft1	-45.1689
Ft2	54.8311
Ft3	-14.5086
Ft4	10.4914
Ft5	-54.8311
Ft6	45.1689
Ft7	10.4914
Ft8	-14.5086

Аксијалне силе	
Fa1	14.5086
Fa2	54.8311
Fa3	45.1689
Fa4	10.4914

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-564.6108
$\tau$ 2	685.3892
$\tau$ 3	-241.8108
$\tau$ 4	174.8559
$\tau$ 5	-685.3892
$\tau$ 6	564.6108
$\tau$ 7	174.8559
$\tau$ 8	-241.8108

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	1029
$\sigma$ u11	2258
$\sigma$ u2	-4056
$\sigma$ u3	2116
$\sigma$ u33	4352
$\sigma$ u4	483
$\sigma$ u5	-1
$\sigma$ u6	2447
$\sigma$ u66	994
$\sigma$ u7	-4150
$\sigma$ u8	-3302
$\sigma$ u9	3659
$\sigma$ u99	7020
$\sigma$ u10	4223
$\sigma$ u11	-160

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1528
$\sigma$ eu11	2309
$\sigma$ eu2	4281
$\sigma$ eu3	2522
$\sigma$ eu33	4378
$\sigma$ eu4	683
$\sigma$ eu5	350
$\sigma$ eu6	2472
$\sigma$ eu66	1693
$\sigma$ eu7	4370
$\sigma$ eu8	3490
$\sigma$ eu9	3829
$\sigma$ eu99	7029
$\sigma$ eu10	4237
$\sigma$ eu11	509

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-666
$\sigma$ s11	-753
$\sigma$ s2	4419
$\sigma$ s3	-1754
$\sigma$ s33	-2524
$\sigma$ s4	1345
$\sigma$ s5	1829
$\sigma$ s6	-619
$\sigma$ s66	-732
$\sigma$ s7	4412
$\sigma$ s8	3564
$\sigma$ s9	-3396
$\sigma$ s99	-5515
$\sigma$ s10	-2717
$\sigma$ s11	1666

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1311
$\sigma$ es11	895
$\sigma$ es2	4626
$\sigma$ es3	2226
$\sigma$ es33	2570
$\sigma$ es4	1429
$\sigma$ es5	1862
$\sigma$ es6	711
$\sigma$ es66	1554
$\sigma$ es7	4620
$\sigma$ es8	3739
$\sigma$ es9	3579
$\sigma$ es99	5526
$\sigma$ es10	2739
$\sigma$ es11	1734

# Прилог 7-3

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	1.2
a	0.5
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	20.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.3766
M0	-32.2135
H0	-10.8645
V0	4.5956

Моменти	
M1	3.7208
M2	-23.5218
M3	9.2355
M4	0.5439
M5	-1.6290
M6	3.8522
M7	-23.4456
M8	-18.9051
M9	18.3375
M10	11.0292
M11	-1.7115

Трансверзалне силе	
Ft1	-45.4044
Ft2	54.5956
Ft3	-10.8645
Ft4	9.1355
Ft5	-54.5956
Ft6	45.4044
Ft7	9.1355
Ft8	-10.8645

Аксијалне силе	
Fa1	10.8645
Fa2	54.5956
Fa3	45.4044
Fa4	9.1355

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-567.5553
$\tau_2$	682.4447
$\tau_3$	-181.0758
$\tau_4$	152.2575
$\tau_5$	-682.4447
$\tau_6$	567.5553
$\tau_7$	152.2575
$\tau_8$	-181.0758

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	834
$\sigma_{u11}$	1997
$\sigma_{u2}$	-4277
$\sigma_{u3}$	1869
$\sigma_{u33}$	3988
$\sigma_{u4}$	1091
$\sigma_{u5}$	367
$\sigma_{u6}$	2194
$\sigma_{u66}$	837
$\sigma_{u7}$	-4285
$\sigma_{u8}$	-3433
$\sigma_{u9}$	3555
$\sigma_{u99}$	6869
$\sigma_{u10}$	4433
$\sigma_{u11}$	186

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1408
$\sigma_{eu11}$	2030
$\sigma_{eu2}$	4490
$\sigma_{eu3}$	2314
$\sigma_{eu33}$	4005
$\sigma_{eu4}$	1150
$\sigma_{eu5}$	477
$\sigma_{eu6}$	2215
$\sigma_{eu66}$	1601
$\sigma_{eu7}$	4497
$\sigma_{eu8}$	3616
$\sigma_{eu9}$	3731
$\sigma_{eu99}$	6876
$\sigma_{eu10}$	4444
$\sigma_{eu11}$	407

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-562
$\sigma_{s11}$	-484
$\sigma_s2$	4549
$\sigma_s3$	-1597
$\sigma_{s33}$	-2169
$\sigma_s4$	729
$\sigma_s5$	1453
$\sigma_s6$	-374
$\sigma_{s66}$	-609
$\sigma_s7$	4513
$\sigma_s8$	3661
$\sigma_s9$	-3326
$\sigma_{s99}$	-5356
$\sigma_{s10}$	-2920
$\sigma_{s11}$	1327

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1267
$\sigma_{es11}$	604
$\sigma_{es2}$	4749
$\sigma_{es3}$	2101
$\sigma_{es33}$	2199
$\sigma_{es4}$	814
$\sigma_{es5}$	1485
$\sigma_{es6}$	482
$\sigma_{es66}$	1494
$\sigma_{es7}$	4715
$\sigma_{es8}$	3833
$\sigma_{es9}$	3515
$\sigma_{es99}$	5364
$\sigma_{es10}$	2935
$\sigma_{es11}$	1376

# Прилог 8-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.1
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	1.0198
M0	-30.1335
H0	-21.5321
V0	11.5385

Моменти	
M1	0.5537
M2	-12.9078
M3	8.6306
M4	-8.5950
M5	-2.1354
M6	1.6793
M7	-13.7053
M8	-9.8592
M9	13.6024
M10	10.8280
M11	-1.5995

Трансверзалне силе	
Ft1	-38.4615
Ft2	61.5385
Ft3	-21.5321
Ft4	3.4679
Ft5	-61.5385
Ft6	38.4615
Ft7	3.4679
Ft8	-21.5321

Аксијалне силе	
Fa1	21.5321
Fa2	61.5385
Fa3	38.4615
Fa4	3.4679

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-480.7693
$\tau$ 2	769.2307
$\tau$ 3	-358.8680
$\tau$ 4	57.7987
$\tau$ 5	-769.2307
$\tau$ 6	480.7693
$\tau$ 7	57.7987
$\tau$ 8	-358.8680

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	373
$\sigma$ u11	826
$\sigma$ u2	-2153
$\sigma$ u3	1888
$\sigma$ u33	3903
$\sigma$ u4	-1839
$\sigma$ u5	314
$\sigma$ u6	1585
$\sigma$ u66	358
$\sigma$ u7	-2528
$\sigma$ u8	-1806
$\sigma$ u9	2595
$\sigma$ u99	5175
$\sigma$ u10	4250
$\sigma$ u11	108

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1031
$\sigma$ eu11	1094
$\sigma$ eu2	2646
$\sigma$ eu3	2436
$\sigma$ eu33	3968
$\sigma$ eu4	1974
$\sigma$ eu5	334
$\sigma$ eu6	1590
$\sigma$ eu66	1580
$\sigma$ eu7	2959
$\sigma$ eu8	2046
$\sigma$ eu9	2768
$\sigma$ eu99	5176
$\sigma$ eu10	4252
$\sigma$ eu11	726

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	165
$\sigma$ s11	456
$\sigma$ s2	2691
$\sigma$ s3	-1350
$\sigma$ s33	-1851
$\sigma$ s4	3891
$\sigma$ s5	1737
$\sigma$ s6	466
$\sigma$ s66	-272
$\sigma$ s7	2615
$\sigma$ s8	1893
$\sigma$ s9	-2509
$\sigma$ s99	-3893
$\sigma$ s10	-2968
$\sigma$ s11	1174

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	976
$\sigma$ es11	851
$\sigma$ es2	3100
$\sigma$ es3	2047
$\sigma$ es33	1986
$\sigma$ es4	3956
$\sigma$ es5	1741
$\sigma$ es6	480
$\sigma$ es66	1562
$\sigma$ es7	3034
$\sigma$ es8	2123
$\sigma$ es9	2687
$\sigma$ es99	3895
$\sigma$ es10	2971
$\sigma$ es11	1376

# Прилог 8-2

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.3
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.8696
M0	-26.5784
H0	-18.3599
V0	9.8563

Моменти	
M1	2.1599
M2	-11.8904
M3	9.0593
M4	-5.6287
M5	-3.7927
M6	2.1834
M7	-12.7807
M8	-8.7663
M9	15.2840
M10	9.9719
M11	-3.3481

Трансверзалне силе	
Ft1	-40.1437
Ft2	59.8563
Ft3	-18.3599
Ft4	6.6401
Ft5	-59.8563
Ft6	40.1437
Ft7	6.6401
Ft8	-18.3599

Аксијалне силе	
Fa1	18.3599
Fa2	59.8563
Fa3	40.1437
Fa4	6.6401

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-501.7963
$\tau$ 2	748.2037
$\tau$ 3	-305.9992
$\tau$ 4	110.6675
$\tau$ 5	-748.2037
$\tau$ 6	501.7963
$\tau$ 7	110.6675
$\tau$ 8	-305.9992

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	635
$\sigma$ u11	1389
$\sigma$ u2	-2001
$\sigma$ u3	1929
$\sigma$ u33	4017
$\sigma$ u4	-879
$\sigma$ u5	-267
$\sigma$ u6	1725
$\sigma$ u66	493
$\sigma$ u7	-2315
$\sigma$ u8	-1562
$\sigma$ u9	2951
$\sigma$ u99	5764
$\sigma$ u10	3993
$\sigma$ u11	-447

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1187
$\sigma$ eu11	1518
$\sigma$ eu2	2499
$\sigma$ eu3	2442
$\sigma$ eu33	4064
$\sigma$ eu4	1071
$\sigma$ eu5	347
$\sigma$ eu6	1740
$\sigma$ eu66	1575
$\sigma$ eu7	2756
$\sigma$ eu8	1856
$\sigma$ eu9	3117
$\sigma$ eu99	5768
$\sigma$ eu10	3999
$\sigma$ eu11	758

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-176
$\sigma$ s11	-51
$\sigma$ s2	2460
$\sigma$ s3	-1470
$\sigma$ s33	-2022
$\sigma$ s4	2874
$\sigma$ s5	2262
$\sigma$ s6	270
$\sigma$ s66	-327
$\sigma$ s7	2481
$\sigma$ s8	1728
$\sigma$ s9	-2785
$\sigma$ s99	-4426
$\sigma$ s10	-2655
$\sigma$ s11	1785

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1019
$\sigma$ es11	614
$\sigma$ es2	2880
$\sigma$ es3	2098
$\sigma$ es33	2113
$\sigma$ es4	2938
$\sigma$ es5	2273
$\sigma$ es6	349
$\sigma$ es66	1532
$\sigma$ es7	2897
$\sigma$ es8	1998
$\sigma$ es9	2960
$\sigma$ es99	4431
$\sigma$ es10	2664
$\sigma$ es11	1887

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-522.8232
$\tau$ 2	727.1768
$\tau$ 3	-243.7044
$\tau$ 4	172.9623
$\tau$ 5	-727.1768
$\tau$ 6	522.8232
$\tau$ 7	172.9623
$\tau$ 8	-243.7044

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	705
$\sigma$ u11	1626
$\sigma$ u2	-2041
$\sigma$ u3	1779
$\sigma$ u33	3806
$\sigma$ u4	-94
$\sigma$ u5	-581
$\sigma$ u6	1840
$\sigma$ u66	620
$\sigma$ u7	-2109
$\sigma$ u8	-1324
$\sigma$ u9	3299
$\sigma$ u99	6327
$\sigma$ u10	3560
$\sigma$ u11	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1261
$\sigma$ eu11	1697
$\sigma$ eu2	2506
$\sigma$ eu3	2298
$\sigma$ eu33	3837
$\sigma$ eu4	496
$\sigma$ eu5	676
$\sigma$ eu6	1873
$\sigma$ eu66	1581
$\sigma$ eu7	2562
$\sigma$ eu8	1687
$\sigma$ eu9	3460
$\sigma$ eu99	6337
$\sigma$ eu10	3577
$\sigma$ eu11	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-340
$\sigma$ s11	-232
$\sigma$ s2	2407
$\sigma$ s3	-1413
$\sigma$ s33	-1866
$\sigma$ s4	2033
$\sigma$ s5	2520
$\sigma$ s6	99
$\sigma$ s66	-360
$\sigma$ s7	2368
$\sigma$ s8	1583
$\sigma$ s9	-3039
$\sigma$ s99	-4933
$\sigma$ s10	-2166
$\sigma$ s11	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1100
$\sigma$ es11	540
$\sigma$ es2	2812
$\sigma$ es3	2028
$\sigma$ es33	1929
$\sigma$ es4	2090
$\sigma$ es5	2544
$\sigma$ es6	360
$\sigma$ es66	1498
$\sigma$ es7	2779
$\sigma$ es8	1898
$\sigma$ es9	3214
$\sigma$ es99	4945
$\sigma$ es10	2193
$\sigma$ es11	2259

# Прилог 8-4

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.7
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.5066
M0	-21.0508
H0	-10.6961
V0	6.4920

Моменти	
M1	2.7339
M2	-12.4940
M3	7.2782
M4	-1.2786
M5	-4.4874
M6	2.6645
M7	-11.4585
M8	-7.1076
M9	18.1202
M10	6.6770
M11	-4.7534

Трансверзалне силе	
Ft1	-43.5080
Ft2	56.4920
Ft3	-10.6961
Ft4	14.3039
Ft5	-56.4920
Ft6	43.5080
Ft7	14.3039
Ft8	-10.6961

Аксијалне силе	
Fa1	10.6961
Fa2	56.4920
Fa3	43.5080
Fa4	14.3039

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-543.8502
$\tau_2$	706.1498
$\tau_3$	-178.2677
$\tau_4$	238.3990
$\tau_5$	-706.1498
$\tau_6$	543.8502
$\tau_7$	238.3990
$\tau_8$	-178.2677

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	647
$\sigma_{u11}$	1636
$\sigma_{u2}$	-2210
$\sigma_{u3}$	1499
$\sigma_{u33}$	3368
$\sigma_{u4}$	515
$\sigma_{u5}$	-554
$\sigma_{u6}$	1830
$\sigma_{u66}$	679
$\sigma_{u7}$	-1971
$\sigma_{u8}$	-1155
$\sigma_{u9}$	3578
$\sigma_{u99}$	6765
$\sigma_{u10}$	2951
$\sigma_{u11}$	-859

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1265
$\sigma_{eu11}$	1675
$\sigma_{eu2}$	2623
$\sigma_{eu3}$	2060
$\sigma_{eu33}$	3386
$\sigma_{eu4}$	627
$\sigma_{eu5}$	731
$\sigma_{eu6}$	1891
$\sigma_{eu66}$	1567
$\sigma_{eu7}$	2425
$\sigma_{eu8}$	1586
$\sigma_{eu9}$	3740
$\sigma_{eu99}$	6782
$\sigma_{eu10}$	2989
$\sigma_{eu11}$	930

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-379
$\sigma_{s11}$	-186
$\sigma_s2$	2478
$\sigma_s3$	-1232
$\sigma_{s33}$	-1485
$\sigma_s4$	1368
$\sigma_s5$	2437
$\sigma_s6$	53
$\sigma_{s66}$	-321
$\sigma_s7$	2329
$\sigma_s8$	1512
$\sigma_s9$	-3221
$\sigma_{s99}$	-5315
$\sigma_{s10}$	-1501
$\sigma_{s11}$	2310

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1152
$\sigma_{es11}$	402
$\sigma_{es2}$	2852
$\sigma_{es3}$	1874
$\sigma_{es33}$	1527
$\sigma_{es4}$	1413
$\sigma_{es5}$	2484
$\sigma_{es6}$	480
$\sigma_{es66}$	1448
$\sigma_{es7}$	2723
$\sigma_{es8}$	1863
$\sigma_{es9}$	3400
$\sigma_{es99}$	5336
$\sigma_{es10}$	1574
$\sigma_{es11}$	2337

# Прилог 9-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	3%
c11	3%
c22	3%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	44259767
e1	44259767
e2	44259767
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	19916.8953
b1	47180.9120
b2	47180.9120
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.8232
$\tau_2$	727.1768
$\tau_3$	-243.7044
$\tau_4$	172.9623
$\tau_5$	-727.1768
$\tau_6$	522.8232
$\tau_7$	172.9623
$\tau_8$	-243.7044

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	705
$\sigma_{u11}$	1626
$\sigma_{u2}$	-2041
$\sigma_{u3}$	1779
$\sigma_{u33}$	3806
$\sigma_{u4}$	-94
$\sigma_{u5}$	-581
$\sigma_{u6}$	1840
$\sigma_{u66}$	620
$\sigma_{u7}$	-2109
$\sigma_{u8}$	-1324
$\sigma_{u9}$	3299
$\sigma_{u99}$	6327
$\sigma_{u10}$	3560
$\sigma_{u11}$	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1261
$\sigma_{eu11}$	1697
$\sigma_{eu2}$	2506
$\sigma_{eu3}$	2298
$\sigma_{eu33}$	3837
$\sigma_{eu4}$	496
$\sigma_{eu5}$	676
$\sigma_{eu6}$	1873
$\sigma_{eu66}$	1581
$\sigma_{eu7}$	2562
$\sigma_{eu8}$	1687
$\sigma_{eu9}$	3460
$\sigma_{eu99}$	6337
$\sigma_{eu10}$	3577
$\sigma_{eu11}$	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-340
$\sigma_s11$	-232
$\sigma_s2$	2407
$\sigma_s3$	-1413
$\sigma_s33$	-1866
$\sigma_s4$	2033
$\sigma_s5$	2520
$\sigma_s6$	99
$\sigma_s66$	-360
$\sigma_s7$	2368
$\sigma_s8$	1583
$\sigma_s9$	-3039
$\sigma_s99$	-4933
$\sigma_s10$	-2166
$\sigma_s11$	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1100
$\sigma_{es11}$	540
$\sigma_{es2}$	2812
$\sigma_{es3}$	2028
$\sigma_{es33}$	1929
$\sigma_{es4}$	2090
$\sigma_{es5}$	2544
$\sigma_{es6}$	360
$\sigma_{es66}$	1498
$\sigma_{es7}$	2779
$\sigma_{es8}$	1898
$\sigma_{es9}$	3214
$\sigma_{es99}$	4945
$\sigma_{es10}$	2193
$\sigma_{es11}$	2259



# Прилог 9-2

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.8232
$\tau_2$	727.1768
$\tau_3$	-243.7044
$\tau_4$	172.9623
$\tau_5$	-727.1768
$\tau_6$	522.8232
$\tau_7$	172.9623
$\tau_8$	-243.7044

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	705
$\sigma_{u11}$	1626
$\sigma_{u2}$	-2041
$\sigma_{u3}$	1779
$\sigma_{u33}$	3806
$\sigma_{u4}$	-94
$\sigma_{u5}$	-581
$\sigma_{u6}$	1840
$\sigma_{u66}$	620
$\sigma_{u7}$	-2109
$\sigma_{u8}$	-1324
$\sigma_{u9}$	3299
$\sigma_{u99}$	6327
$\sigma_{u10}$	3560
$\sigma_{u11}$	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1261
$\sigma_{eu11}$	1697
$\sigma_{eu2}$	2506
$\sigma_{eu3}$	2298
$\sigma_{eu33}$	3837
$\sigma_{eu4}$	496
$\sigma_{eu5}$	676
$\sigma_{eu6}$	1873
$\sigma_{eu66}$	1581
$\sigma_{eu7}$	2562
$\sigma_{eu8}$	1687
$\sigma_{eu9}$	3460
$\sigma_{eu99}$	6337
$\sigma_{eu10}$	3577
$\sigma_{eu11}$	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-340
$\sigma_{s11}$	-232
$\sigma_s2$	2407
$\sigma_s3$	-1413
$\sigma_{s33}$	-1866
$\sigma_s4$	2033
$\sigma_s5$	2520
$\sigma_s6$	99
$\sigma_{s66}$	-360
$\sigma_s7$	2368
$\sigma_s8$	1583
$\sigma_s9$	-3039
$\sigma_{s99}$	-4933
$\sigma_{s10}$	-2166
$\sigma_{s11}$	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1100
$\sigma_{es11}$	540
$\sigma_{es2}$	2812
$\sigma_{es3}$	2028
$\sigma_{es33}$	1929
$\sigma_{es4}$	2090
$\sigma_{es5}$	2544
$\sigma_{es6}$	360
$\sigma_{es66}$	1498
$\sigma_{es7}$	2779
$\sigma_{es8}$	1898
$\sigma_{es9}$	3214
$\sigma_{es99}$	4945
$\sigma_{es10}$	2193
$\sigma_{es11}$	2259

# Прилог 9-3

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	7%
c11	7%
c22	7%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	50701362
e1	50701362
e2	50701362
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	22815.6129
b1	54047.6518
b2	54047.6518
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.8232
$\tau_2$	727.1768
$\tau_3$	-243.7044
$\tau_4$	172.9623
$\tau_5$	-727.1768
$\tau_6$	522.8232
$\tau_7$	172.9623
$\tau_8$	-243.7044

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	705
$\sigma_{u11}$	1626
$\sigma_{u2}$	-2041
$\sigma_{u3}$	1779
$\sigma_{u33}$	3806
$\sigma_{u4}$	-94
$\sigma_{u5}$	-581
$\sigma_{u6}$	1840
$\sigma_{u66}$	620
$\sigma_{u7}$	-2109
$\sigma_{u8}$	-1324
$\sigma_{u9}$	3299
$\sigma_{u99}$	6327
$\sigma_{u10}$	3560
$\sigma_{u11}$	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1261
$\sigma_{eu11}$	1697
$\sigma_{eu2}$	2506
$\sigma_{eu3}$	2298
$\sigma_{eu33}$	3837
$\sigma_{eu4}$	496
$\sigma_{eu5}$	676
$\sigma_{eu6}$	1873
$\sigma_{eu66}$	1581
$\sigma_{eu7}$	2562
$\sigma_{eu8}$	1687
$\sigma_{eu9}$	3460
$\sigma_{eu99}$	6337
$\sigma_{eu10}$	3577
$\sigma_{eu11}$	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-340
$\sigma_{s11}$	-232
$\sigma_s2$	2407
$\sigma_s3$	-1413
$\sigma_{s33}$	-1866
$\sigma_s4$	2033
$\sigma_s5$	2520
$\sigma_s6$	99
$\sigma_{s66}$	-360
$\sigma_s7$	2368
$\sigma_s8$	1583
$\sigma_s9$	-3039
$\sigma_{s99}$	-4933
$\sigma_{s10}$	-2166
$\sigma_{s11}$	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1100
$\sigma_{es11}$	540
$\sigma_{es2}$	2812
$\sigma_{es3}$	2028
$\sigma_{es33}$	1929
$\sigma_{es4}$	2090
$\sigma_{es5}$	2544
$\sigma_{es6}$	360
$\sigma_{es66}$	1498
$\sigma_{es7}$	2779
$\sigma_{es8}$	1898
$\sigma_{es9}$	3214
$\sigma_{es99}$	4945
$\sigma_{es10}$	2193
$\sigma_{es11}$	2259

# Прилог 9-4

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	3%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	44259767
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	19916.8953
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.3935
d2	0.3935
c	0.8000
ee	0.6759
M0	-23.5849
H0	-14.6251
V0	8.1653

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8347
Ft2	58.1653
Ft3	-14.6251
Ft4	10.3749
Ft5	-58.1653
Ft6	41.8347
Ft7	10.3749
Ft8	-14.6251

Аксијалне силе	
Fa1	14.6251
Fa2	58.1653
Fa3	41.8347
Fa4	10.3749

Моменти	
M1	2.7573
M2	-11.8849
M3	8.4730
M4	-3.2271
M5	-4.6896
M6	2.5728
M7	-11.9685
M8	-7.7850
M9	16.8572
M10	8.5572
M11	-4.5553

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.9342
$\tau_2$	727.0658
$\tau_3$	-243.7512
$\tau_4$	172.9154
$\tau_5$	-727.0658
$\tau_6$	522.9342
$\tau_7$	172.9154
$\tau_8$	-243.7512

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	700
$\sigma_{u11}$	1616
$\sigma_{u2}$	-2047
$\sigma_{u3}$	1772
$\sigma_{u33}$	3794
$\sigma_{u4}$	-106
$\sigma_{u5}$	-594
$\sigma_{u6}$	1827
$\sigma_{u66}$	612
$\sigma_{u7}$	-2116
$\sigma_{u8}$	-1331
$\sigma_{u9}$	3292
$\sigma_{u99}$	6316
$\sigma_{u10}$	3550
$\sigma_{u11}$	-821

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1259
$\sigma_{eu11}$	1688
$\sigma_{eu2}$	2511
$\sigma_{eu3}$	2293
$\sigma_{eu33}$	3825
$\sigma_{eu4}$	499
$\sigma_{eu5}$	687
$\sigma_{eu6}$	1859
$\sigma_{eu66}$	1578
$\sigma_{eu7}$	2567
$\sigma_{eu8}$	1693
$\sigma_{eu9}$	3455
$\sigma_{eu99}$	6326
$\sigma_{eu10}$	3566
$\sigma_{eu11}$	955

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-335
$\sigma_s11$	-222
$\sigma_s2$	2413
$\sigma_s3$	-1407
$\sigma_s33$	-1855
$\sigma_s4$	2045
$\sigma_s5$	2533
$\sigma_s6$	112
$\sigma_s66$	-353
$\sigma_s7$	2375
$\sigma_s8$	1590
$\sigma_s9$	-3033
$\sigma_s99$	-4922
$\sigma_s10$	-2155
$\sigma_s11$	2216

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1098
$\sigma_{es11}$	536
$\sigma_{es2}$	2817
$\sigma_{es3}$	2023
$\sigma_{es33}$	1918
$\sigma_{es4}$	2102
$\sigma_{es5}$	2556
$\sigma_{es6}$	363
$\sigma_{es66}$	1496
$\sigma_{es7}$	2785
$\sigma_{es8}$	1903
$\sigma_{es9}$	3208
$\sigma_{es99}$	4934
$\sigma_{es10}$	2183
$\sigma_{es11}$	2269

# Прилог 9-5

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.8232
$\tau_2$	727.1768
$\tau_3$	-243.7044
$\tau_4$	172.9623
$\tau_5$	-727.1768
$\tau_6$	522.8232
$\tau_7$	172.9623
$\tau_8$	-243.7044

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	705
$\sigma_{u11}$	1626
$\sigma_{u2}$	-2041
$\sigma_{u3}$	1779
$\sigma_{u33}$	3806
$\sigma_{u4}$	-94
$\sigma_{u5}$	-581
$\sigma_{u6}$	1840
$\sigma_{u66}$	620
$\sigma_{u7}$	-2109
$\sigma_{u8}$	-1324
$\sigma_{u9}$	3299
$\sigma_{u99}$	6327
$\sigma_{u10}$	3560
$\sigma_{u11}$	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1261
$\sigma_{eu11}$	1697
$\sigma_{eu2}$	2506
$\sigma_{eu3}$	2298
$\sigma_{eu33}$	3837
$\sigma_{eu4}$	496
$\sigma_{eu5}$	676
$\sigma_{eu6}$	1873
$\sigma_{eu66}$	1581
$\sigma_{eu7}$	2562
$\sigma_{eu8}$	1687
$\sigma_{eu9}$	3460
$\sigma_{eu99}$	6337
$\sigma_{eu10}$	3577
$\sigma_{eu11}$	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-340
$\sigma_{s11}$	-232
$\sigma_s2$	2407
$\sigma_s3$	-1413
$\sigma_{s33}$	-1866
$\sigma_s4$	2033
$\sigma_s5$	2520
$\sigma_s6$	99
$\sigma_{s66}$	-360
$\sigma_s7$	2368
$\sigma_s8$	1583
$\sigma_s9$	-3039
$\sigma_{s99}$	-4933
$\sigma_{s10}$	-2166
$\sigma_{s11}$	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1100
$\sigma_{es11}$	540
$\sigma_{es2}$	2812
$\sigma_{es3}$	2028
$\sigma_{es33}$	1929
$\sigma_{es4}$	2090
$\sigma_{es5}$	2544
$\sigma_{es6}$	360
$\sigma_{es66}$	1498
$\sigma_{es7}$	2779
$\sigma_{es8}$	1898
$\sigma_{es9}$	3214
$\sigma_{es99}$	4945
$\sigma_{es10}$	2193
$\sigma_{es11}$	2259

# Прилог 9-6

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	7%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	50701362
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	22815.6129
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4508
d2	0.4508
c	0.8000
ee	0.7092
M0	-23.5174
H0	-14.6196
V0	8.1830

Моменти	
M1	2.8143
M2	-11.8217
M3	8.5423
M4	-3.1533
M5	-4.6153
M6	2.6510
M7	-11.8948
M8	-7.7131
M9	16.9229
M10	8.6186
M11	-4.4955

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8170
Ft2	58.1830
Ft3	-14.6196
Ft4	10.3804
Ft5	-58.1830
Ft6	41.8170
Ft7	10.3804
Ft8	-14.6196

Аксијалне силе	
Fa1	14.6196
Fa2	58.1830
Fa3	41.8170
Fa4	10.3804

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-522.7131
$\tau_2$	727.2869
$\tau_3$	-243.6598
$\tau_4$	173.0069
$\tau_5$	-727.2869
$\tau_6$	522.7131
$\tau_7$	173.0069
$\tau_8$	-243.6598

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	711
$\sigma_{u11}$	1635
$\sigma_{u2}$	-2035
$\sigma_{u3}$	1785
$\sigma_{u33}$	3817
$\sigma_{u4}$	-81
$\sigma_{u5}$	-569
$\sigma_{u6}$	1853
$\sigma_{u66}$	627
$\sigma_{u7}$	-2102
$\sigma_{u8}$	-1317
$\sigma_{u9}$	3305
$\sigma_{u99}$	6338
$\sigma_{u10}$	3570
$\sigma_{u11}$	-802

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1264
$\sigma_{eu11}$	1706
$\sigma_{eu2}$	2502
$\sigma_{eu3}$	2303
$\sigma_{eu33}$	3848
$\sigma_{eu4}$	494
$\sigma_{eu5}$	666
$\sigma_{eu6}$	1885
$\sigma_{eu66}$	1584
$\sigma_{eu7}$	2556
$\sigma_{eu8}$	1682
$\sigma_{eu9}$	3466
$\sigma_{eu99}$	6347
$\sigma_{eu10}$	3587
$\sigma_{eu11}$	938

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-345
$\sigma_s11$	-241
$\sigma_s2$	2401
$\sigma_s3$	-1420
$\sigma_s33$	-1878
$\sigma_s4$	2021
$\sigma_s5$	2508
$\sigma_s6$	86
$\sigma_s66$	-368
$\sigma_s7$	2361
$\sigma_s8$	1577
$\sigma_s9$	-3045
$\sigma_s99$	-4944
$\sigma_s10$	-2176
$\sigma_s11$	2195

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1101
$\sigma_{es11}$	544
$\sigma_{es2}$	2807
$\sigma_{es3}$	2033
$\sigma_{es33}$	1940
$\sigma_{es4}$	2079
$\sigma_{es5}$	2532
$\sigma_{es6}$	357
$\sigma_{es66}$	1500
$\sigma_{es7}$	2773
$\sigma_{es8}$	1892
$\sigma_{es9}$	3220
$\sigma_{es99}$	4956
$\sigma_{es10}$	2203
$\sigma_{es11}$	2249

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.00335
A1	0.06
A2	0.06
c00	100%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	200000000
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00021
w1	0.00300
w2	0.00300
C0	0.000021
C1	0.000450
C2	0.000450

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	4280.0000
b1	21366.2541
b2	21366.2541
d1	0.2003
d2	0.2003
c	0.8000
ee	0.5638
M0	-23.8358
H0	-14.6484
V0	8.1035

Моменти	
M1	2.5467
M2	-12.1171
M3	8.2192
M4	-3.4996
M5	-4.9644
M6	2.2817
M7	-12.2441
M8	-8.0545
M9	16.6093
M10	8.3280
M11	-4.7775

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8965
Ft2	58.1035
Ft3	-14.6484
Ft4	10.3516
Ft5	-58.1035
Ft6	41.8965
Ft7	10.3516
Ft8	-14.6484

Аксијалне силе	
Fa1	14.6484
Fa2	58.1035
Fa3	41.8965
Fa4	10.3516

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-698.2756
$\tau$ 2	968.3911
$\tau$ 3	-4372.6542
$\tau$ 4	3090.0323
$\tau$ 5	-968.3911
$\tau$ 6	698.2756
$\tau$ 7	3090.0323
$\tau$ 8	-4372.6542

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	1093
$\sigma$ u11	24407
$\sigma$ u2	-3795
$\sigma$ u3	2984
$\sigma$ u33	55752
$\sigma$ u4	991
$\sigma$ u5	-5854
$\sigma$ u6	28007
$\sigma$ u66	933
$\sigma$ u7	-3909
$\sigma$ u8	-2512
$\sigma$ u9	5709
$\sigma$ u99	90120
$\sigma$ u10	51422
$\sigma$ u11	-9818

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1773
$\sigma$ eu11	25927
$\sigma$ eu2	4261
$\sigma$ eu3	3557
$\sigma$ eu33	56433
$\sigma$ eu4	8801
$\sigma$ eu5	8512
$\sigma$ eu6	28680
$\sigma$ eu66	2150
$\sigma$ eu7	4362
$\sigma$ eu8	2874
$\sigma$ eu9	5877
$\sigma$ eu99	90332
$\sigma$ eu10	51792
$\sigma$ eu11	13148

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-605
$\sigma$ s11	606
$\sigma$ s2	4283
$\sigma$ s3	-2496
$\sigma$ s33	-21063
$\sigma$ s4	33697
$\sigma$ s5	40542
$\sigma$ s6	6682
$\sigma$ s66	-588
$\sigma$ s7	4254
$\sigma$ s8	2857
$\sigma$ s9	-5364
$\sigma$ s99	-65107
$\sigma$ s10	-26410
$\sigma$ s11	34831

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1522
$\sigma$ es11	8766
$\sigma$ es2	4701
$\sigma$ es3	3159
$\sigma$ es33	22806
$\sigma$ es4	34814
$\sigma$ es5	41011
$\sigma$ es6	9102
$\sigma$ es66	2024
$\sigma$ es7	4674
$\sigma$ es8	3180
$\sigma$ es9	5543
$\sigma$ es99	65400
$\sigma$ es10	27123
$\sigma$ es11	35912

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	21366.2541
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.6925
M0	-23.5508
H0	-14.6223
V0	8.1741

Моменти	
M1	2.7861
M2	-11.8530
M3	8.5080
M4	-3.1899
M5	-4.6521
M6	2.6123
M7	-11.9312
M8	-7.7486
M9	16.8904
M10	8.5882
M11	-4.5251

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.8259
Ft2	58.1741
Ft3	-14.6223
Ft4	10.3777
Ft5	-58.1741
Ft6	41.8259
Ft7	10.3777
Ft8	-14.6223

Аксијалне силе	
Fa1	14.6223
Fa2	58.1741
Fa3	41.8259
Fa4	10.3777

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-522.8232
$\tau$ 2	727.1768
$\tau$ 3	-243.7044
$\tau$ 4	172.9623
$\tau$ 5	-727.1768
$\tau$ 6	522.8232
$\tau$ 7	172.9623
$\tau$ 8	-243.7044

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	705
$\sigma$ u11	1626
$\sigma$ u2	-2041
$\sigma$ u3	1779
$\sigma$ u33	3806
$\sigma$ u4	-94
$\sigma$ u5	-581
$\sigma$ u6	1840
$\sigma$ u66	620
$\sigma$ u7	-2109
$\sigma$ u8	-1324
$\sigma$ u9	3299
$\sigma$ u99	6327
$\sigma$ u10	3560
$\sigma$ u11	-811

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1261
$\sigma$ eu11	1697
$\sigma$ eu2	2506
$\sigma$ eu3	2298
$\sigma$ eu33	3837
$\sigma$ eu4	496
$\sigma$ eu5	676
$\sigma$ eu6	1873
$\sigma$ eu66	1581
$\sigma$ eu7	2562
$\sigma$ eu8	1687
$\sigma$ eu9	3460
$\sigma$ eu99	6337
$\sigma$ eu10	3577
$\sigma$ eu11	946

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-340
$\sigma$ s11	-232
$\sigma$ s2	2407
$\sigma$ s3	-1413
$\sigma$ s33	-1866
$\sigma$ s4	2033
$\sigma$ s5	2520
$\sigma$ s6	99
$\sigma$ s66	-360
$\sigma$ s7	2368
$\sigma$ s8	1583
$\sigma$ s9	-3039
$\sigma$ s99	-4933
$\sigma$ s10	-2166
$\sigma$ s11	2205

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1100
$\sigma$ es11	540
$\sigma$ es2	2812
$\sigma$ es3	2028
$\sigma$ es33	1929
$\sigma$ es4	2090
$\sigma$ es5	2544
$\sigma$ es6	360
$\sigma$ es66	1498
$\sigma$ es7	2779
$\sigma$ es8	1898
$\sigma$ es9	3214
$\sigma$ es99	4945
$\sigma$ es10	2193
$\sigma$ es11	2259

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.08
A1	0.08
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00533
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.001066
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	50614.2819
b1	50614.2819
b2	50614.2819
d1	1.0000
d2	1.0000
c	0.8000
ee	1.0279
M0	-22.9891
H0	-14.5851
V0	8.3395

Моменти	
M1	3.2601
M2	-11.3211
M3	9.0978
M4	-2.5703
M5	-4.0288
M6	3.2616
M7	-11.3233
M8	-7.1572
M9	17.4240
M10	9.0920
M11	-4.0324

Трансверзалне силе	
Ft1	-41.6605
Ft2	58.3395
Ft3	-14.5851
Ft4	10.4149
Ft5	-58.3395
Ft6	41.6605
Ft7	10.4149
Ft8	-14.5851

Аксијалне силе	
Fa1	14.5851
Fa2	58.3395
Fa3	41.6605
Fa4	10.4149

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-520.7560
$\tau_2$	729.2440
$\tau_3$	-182.3137
$\tau_4$	130.1863
$\tau_5$	-729.2440
$\tau_6$	520.7560
$\tau_7$	130.1863
$\tau_8$	-182.3137

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	794
$\sigma_{u11}$	1132
$\sigma_{u2}$	-1942
$\sigma_{u3}$	1889
$\sigma_{u33}$	2436
$\sigma_{u4}$	247
$\sigma_{u5}$	-27
$\sigma_{u6}$	1341
$\sigma_{u66}$	742
$\sigma_{u7}$	-1994
$\sigma_{u8}$	-1213
$\sigma_{u9}$	3399
$\sigma_{u99}$	3790
$\sigma_{u10}$	2227
$\sigma_{u11}$	-236

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1310
$\sigma_{eu11}$	1190
$\sigma_{eu2}$	2428
$\sigma_{eu3}$	2387
$\sigma_{eu33}$	2463
$\sigma_{eu4}$	440
$\sigma_{eu5}$	262
$\sigma_{eu6}$	1366
$\sigma_{eu66}$	1636
$\sigma_{eu7}$	2471
$\sigma_{eu8}$	1599
$\sigma_{eu9}$	3555
$\sigma_{eu99}$	3799
$\sigma_{eu10}$	2242
$\sigma_{eu11}$	434

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-429
$\sigma_{s11}$	-91
$\sigma_s2$	2306
$\sigma_s3$	-1525
$\sigma_{s33}$	-978
$\sigma_s4$	1211
$\sigma_s5$	1485
$\sigma_s6$	117
$\sigma_{s66}$	-482
$\sigma_s7$	2255
$\sigma_s8$	1473
$\sigma_s9$	-3139
$\sigma_{s99}$	-2748
$\sigma_{s10}$	-1185
$\sigma_{s11}$	1277

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1127
$\sigma_{es11}$	376
$\sigma_{es2}$	2729
$\sigma_{es3}$	2110
$\sigma_{es33}$	1043
$\sigma_{es4}$	1265
$\sigma_{es5}$	1508
$\sigma_{es6}$	286
$\sigma_{es66}$	1536
$\sigma_{es7}$	2685
$\sigma_{es8}$	1804
$\sigma_{es9}$	3307
$\sigma_{es99}$	2761
$\sigma_{es10}$	1213
$\sigma_{es11}$	1328



# Прилог 10-4

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.08
A1	0.08
A2	0.06
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta$ k	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00533
w1	0.00533
w2	0.00300
C0	0.001066
C1	0.001066
C2	0.000450

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	50614.2819
b1	50614.2819
b2	21366.2541
d1	1.0000
d2	2.3689
c	0.9379
ee	1.4545
M0	-24.5364
H0	-13.7662
V0	9.3416

Моменти	
M1	2.6055
M2	-11.6249
M3	9.1447
M4	-1.8683
M5	-3.2449
M6	4.6188
M7	-10.2166
M8	-6.1508
M9	18.0797
M10	9.0926
M11	-4.2775

Трансверзалне силе	
Ft1	-40.6584
Ft2	59.3416
Ft3	-13.7662
Ft4	11.2338
Ft5	-59.3416
Ft6	40.6584
Ft7	11.2338
Ft8	-13.7662

Аксијалне силе	
Fa1	13.7662
Fa2	59.3416
Fa3	40.6584
Fa4	11.2338

Тангенцијални напони	
$\tau$ 1	-508.2296
$\tau$ 2	741.7704
$\tau$ 3	-172.0771
$\tau$ 4	140.4229
$\tau$ 5	-989.0272
$\tau$ 6	677.6395
$\tau$ 7	140.4229
$\tau$ 8	-172.0771

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma$ u1	661
$\sigma$ u11	997
$\sigma$ u2	-2009
$\sigma$ u3	1888
$\sigma$ u33	2457
$\sigma$ u4	391
$\sigma$ u5	133
$\sigma$ u6	1608
$\sigma$ u66	1727
$\sigma$ u7	-3218
$\sigma$ u8	-1863
$\sigma$ u9	6214
$\sigma$ u99	3900
$\sigma$ u10	2214
$\sigma$ u11	-294

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma$ eu1	1212
$\sigma$ eu11	1055
$\sigma$ eu2	2497
$\sigma$ eu3	2401
$\sigma$ eu33	2481
$\sigma$ eu4	521
$\sigma$ eu5	311
$\sigma$ eu6	1633
$\sigma$ eu66	2626
$\sigma$ eu7	3778
$\sigma$ eu8	2304
$\sigma$ eu9	6360
$\sigma$ eu99	3910
$\sigma$ eu10	2232
$\sigma$ eu11	453

Спољашњи нормални напони	
$\sigma$ s1	-317
$\sigma$ s11	19
$\sigma$ s2	2353
$\sigma$ s3	-1544
$\sigma$ s33	-974
$\sigma$ s4	1092
$\sigma$ s5	1351
$\sigma$ s6	-125
$\sigma$ s66	-1352
$\sigma$ s7	3593
$\sigma$ s8	2237
$\sigma$ s9	-5839
$\sigma$ s99	-2884
$\sigma$ s10	-1198
$\sigma$ s11	1311

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma$ es1	1065
$\sigma$ es11	345
$\sigma$ es2	2782
$\sigma$ es3	2141
$\sigma$ es33	1033
$\sigma$ es4	1145
$\sigma$ es5	1379
$\sigma$ es6	307
$\sigma$ es66	2396
$\sigma$ es7	4101
$\sigma$ es8	2616
$\sigma$ es9	5995
$\sigma$ es99	2897
$\sigma$ es10	1230
$\sigma$ es11	1355

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0.1
A0	0.08
A1	0.06
A2	0.08
c00	5%
c11	5%
c22	5%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	47480565
e1	47480565
e2	47480565
w0	0.00533
w1	0.00300
w2	0.00533
C0	0.001066
C1	0.000450
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	25.0000
b0	50614.2819
b1	21366.2541
b2	50614.2819
d1	2.3689
d2	1.0000
c	0.6621
ee	1.2588
M0	-20.5343
H0	-15.3670
V0	7.6713

Моменти	
M1	4.4549
M2	-10.3602
M3	9.8248
M4	-2.4688
M5	-4.0055
M6	2.7377
M7	-11.6802
M8	-7.4473
M9	17.3678
M10	9.6613
M11	-3.2286

Трансверзалне силе	
Ft1	-42.3287
Ft2	57.6713
Ft3	-15.3670
Ft4	9.6330
Ft5	-57.6713
Ft6	42.3287
Ft7	9.6330
Ft8	-15.3670

Аксијалне силе	
Fa1	15.3670
Fa2	57.6713
Fa3	42.3287
Fa4	9.6330

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-705.4789
$\tau_2$	961.1878
$\tau_3$	-192.0870
$\tau_4$	120.4130
$\tau_5$	-720.8908
$\tau_6$	529.1092
$\tau_7$	120.4130
$\tau_8$	-192.0870

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	1741
$\sigma_{u11}$	1365
$\sigma_{u2}$	-3197
$\sigma_{u3}$	3531
$\sigma_{u33}$	2564
$\sigma_{u4}$	258
$\sigma_{u5}$	-31
$\sigma_{u6}$	1235
$\sigma_{u66}$	634
$\sigma_{u7}$	-2071
$\sigma_{u8}$	-1277
$\sigma_{u9}$	3379
$\sigma_{u99}$	3788
$\sigma_{u10}$	2342
$\sigma_{u11}$	-77

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	2241
$\sigma_{eu11}$	1418
$\sigma_{eu2}$	3731
$\sigma_{eu3}$	4020
$\sigma_{eu33}$	2593
$\sigma_{eu4}$	463
$\sigma_{eu5}$	243
$\sigma_{eu6}$	1258
$\sigma_{eu66}$	1575
$\sigma_{eu7}$	2523
$\sigma_{eu8}$	1658
$\sigma_{eu9}$	3541
$\sigma_{eu99}$	3795
$\sigma_{eu10}$	2354
$\sigma_{eu11}$	392

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-1229
$\sigma_{s11}$	-307
$\sigma_s2$	3710
$\sigma_s3$	-3019
$\sigma_{s33}$	-1122
$\sigma_s4$	1184
$\sigma_s5$	1472
$\sigma_s6$	207
$\sigma_{s66}$	-393
$\sigma_s7$	2312
$\sigma_s8$	1518
$\sigma_s9$	-3138
$\sigma_{s99}$	-2729
$\sigma_{s10}$	-1284
$\sigma_{s11}$	1135

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1871
$\sigma_{es11}$	492
$\sigma_{es2}$	4178
$\sigma_{es3}$	3579
$\sigma_{es33}$	1186
$\sigma_{es4}$	1245
$\sigma_{es5}$	1492
$\sigma_{es6}$	318
$\sigma_{es66}$	1494
$\sigma_{es7}$	2725
$\sigma_{es8}$	1850
$\sigma_{es9}$	3312
$\sigma_{es99}$	2740
$\sigma_{es10}$	1306
$\sigma_{es11}$	1198

# Прилог 11-1

Опис величина	Ознака	Јединица	Величина
Пречник вијка	dv	m	0.03
Површина попречног пресека вијака (2 вијка)	Av	m <sup>2</sup>	0.001413
Модул еластичности вијака	Ev	kN/m <sup>2</sup>	1.9960 E+08
Момент инерције вијака	Iv	m <sup>4</sup>	3.9771 E-08
Крутост вијака	Kv	kNm <sup>2</sup>	7.9382916
Ширина стуба	as	m	0.2
Дужина стуба	bs	m	0.2
Површина попречног пресека стубова	As	m <sup>2</sup>	0.07807675
Број стубова	Ns		2
Чврстоћа бетона	$\sigma_b$	MPa	45
Модул еластичности бетона		kN/m <sup>2</sup>	37500000
Модул еластичности арматуре		kN/m <sup>2</sup>	200000000
Пуасонов коефицијент бетона			0.15
Пуасонов коефицијент арматуре			0.3
Процент арматуре у композитном материјалу			3%
Модул еластичности стуба (композитног материјала)	Es	kN/m <sup>2</sup>	4.2379 E+07
Момент инерције стуба	Is	m <sup>4</sup>	1.3329 E-04
Крутост стуба (композитног материјала)	Ks	kNm <sup>2</sup>	5.6489 E+03
Дозвољени напон у стубовима	$\sigma_{dozs}$	kN/m <sup>2</sup>	10000
Дозвољени напон у вијцима	$\sigma_{dozv}$	kN/m <sup>2</sup>	160000
Сила оптерећења	F	kN	100
степен сигурности	fu		1.3
Број вијака	Nv		2
Сила преднапрезања у једном вијку	Fp	kN	65
Укупна сила у вијцима за случај максималне силе оптерећења тј. појаве одвајања стубова од траверзе и радног стола	Fvo	kN	130.1827
Прираштај силе у вијцима	$\Delta f_v$	kN	0.1403
Прираштај силе у стубовима	$\Delta f_s$	kN	99.8597
Сила у вијцима	Fv	kN	65.0913
Напон у вијцима	$\sigma_v$	kN/m <sup>2</sup>	92132.1217
Напон у стубовима	$\sigma_s$	kN/m <sup>2</sup>	1280.7910

Крутост стубова различитих чврстоћа и различитих процената арматуре			
	3%	2%	1%
<b>MB35</b>	5180	4958	4736
<b>MB45</b>	5649	5432	5215
<b>MB55</b>	6004	5791	5577
<b>MB65</b>	6281	6071	5861

# Прилог 11-2

Опис величина	Ознака	Јединица	Величина
Пречник вијка	dv	m	0.03
Површина попречног пресека вијака (2 вијка)	Av	m <sup>2</sup>	0.001413
Модул еластичности вијака	Ev	kN/m <sup>2</sup>	1.9960 E+08
Момент инерције вијака	Iv	m <sup>4</sup>	3.9771 E-08
Крутост вијака	Kv	kNm <sup>2</sup>	7.9382916
Ширина стуба	as	m	0.2
Дужина стуба	bs	m	0.2
Површина попречног пресека стубова	As	m <sup>2</sup>	0.07807675
Број стубова	Ns		2
Чврстоћа бетона	$\sigma_b$	MPa	45
Модул еластичности бетона		kN/m <sup>2</sup>	37500000
Модул еластичности арматуре		kN/m <sup>2</sup>	200000000
Пуасонов коефицијент бетона			0.15
Пуасонов коефицијент арматуре			0.3
Процент арматуре у композитном материјалу			3%
Модул еластичности стуба (композитног материјала)	Es	kN/m <sup>2</sup>	4.2379 E+07
Момент инерције стуба	Is	m <sup>4</sup>	1.3329 E-04
Крутост стуба (композитног материјала)	Ks	kNm <sup>2</sup>	5.6489 E+03
Дозвољени напон у стубовима	$\sigma_{dozs}$	kN/m <sup>2</sup>	10000
Дозвољени напон у вијцима	$\sigma_{dozv}$	kN/m <sup>2</sup>	160000
Сила оптерећења	F	kN	200
степен сигурности	fu		1.3
Број вијака	Nv		2
Сила преднапрезања у једном вијку	Fp	kN	130
Укупна сила у вијцима за случај максималне силе оптерећења тј. појаве одвајања стубова од траверзе и радног стола	Fvo	kN	260.3654
Прираштај силе у вијцима	$\Delta f_v$	kN	0.2807
Прираштај силе у стубовима	$\Delta f_s$	kN	199.7193
Сила у вијцима	Fv	kN	130.1827
Напон у вијцима	$\sigma_v$	kN/m <sup>2</sup>	184264.2434
Напон у стубовима	$\sigma_s$	kN/m <sup>2</sup>	2561.5820

Крутост стубова различитих чврстоћа и различитих процената арматуре			
	3%	2%	1%
<b>MB35</b>	5180	4958	4736
<b>MB45</b>	5649	5432	5215
<b>MB55</b>	6004	5791	5577
<b>MB65</b>	6281	6071	5861

# Прилог 11-3

Опис величина	Ознака	Јединица	Величина
Пречник вијка	dv	m	0.03
Површина попречног пресека вијака (2 вијка)	Av	m <sup>2</sup>	0.001413
Модул еластичности вијака	Ev	kN/m <sup>2</sup>	1.9960 E+08
Момент инерције вијака	Iv	m <sup>4</sup>	3.9771 E-08
Крутост вијака	Kv	kNm <sup>2</sup>	7.9382916
Ширина стуба	as	m	0.2
Дужина стуба	bs	m	0.2
Површина попречног пресека стубова	As	m <sup>2</sup>	0.07807675
Број стубова	Ns		2
Чврстоћа бетона	$\sigma_b$	MPa	45
Модул еластичности бетона		kN/m <sup>2</sup>	37500000
Модул еластичности арматуре		kN/m <sup>2</sup>	200000000
Пуасонов коефицијент бетона			0.15
Пуасонов коефицијент арматуре			0.3
Процент арматуре у композитном материјалу			3%
Модул еластичности стуба (композитног материјала)	Es	kN/m <sup>2</sup>	4.2379 E+07
Момент инерције стуба	Is	m <sup>4</sup>	1.3329 E-04
Крутост стуба (композитног материјала)	Ks	kNm <sup>2</sup>	5.6489 E+03
Дозвољени напон у стубовима	$\sigma_{dozs}$	kN/m <sup>2</sup>	10000
Дозвољени напон у вијцима	$\sigma_{dozv}$	kN/m <sup>2</sup>	160000
Сила оптерећења	F	kN	300
степен сигурности	fu		1.3
Број вијака	Nv		2
Сила преднапрезања у једном вијку	Fp	kN	195
Укупна сила у вијцима за случај максималне силе оптерећења тј. појаве одвајања стубова од траверзе и радног стола	Fvo	kN	390.5481
Прираштај силе у вијцима	$\Delta f_v$	kN	0.4210
Прираштај силе у стубовима	$\Delta f_s$	kN	299.5790
Сила у вијцима	Fv	kN	195.2740
Напон у вијцима	$\sigma_v$	kN/m <sup>2</sup>	276396.3651
Напон у стубовима	$\sigma_s$	kN/m <sup>2</sup>	3842.3730

Крутост стубова различитих чврстоћа и различитих процената арматуре			
	3%	2%	1%
<b>MB35</b>	5180	4958	4736
<b>MB45</b>	5649	5432	5215
<b>MB55</b>	6004	5791	5577
<b>MB65</b>	6281	6071	5861

# Прилог 12-1

Улазни подаци	
F	100
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	3%
c11	3%
c22	3%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	44259767
e1	44259767
e2	44259767
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	0.0000
b0	19916.8953
b1	47180.9120
b2	47180.9120
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.0000
M0	-16.1359
H0	0.0000
V0	0.0000

Трансверзалне силе	
Ft1	-50.0000
Ft2	50.0000
Ft3	0.0000
Ft4	0.0000
Ft5	-50.0000
Ft6	50.0000
Ft7	0.0000
Ft8	0.0000

Аксијалне силе	
Fa1	0.0000
Fa2	50.0000
Fa3	50.0000
Fa4	0.0000

Моменти	
M1	1.3641
M2	-16.1359
M3	1.3641
M4	1.3641
M5	1.3641
M6	1.3641
M7	-16.1359
M8	-16.1359
M9	1.3641
M10	1.3641
M11	1.3641

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-625.0000
$\tau_2$	625.0000
$\tau_3$	0.0000
$\tau_4$	0.0000
$\tau_5$	-625.0000
$\tau_6$	625.0000
$\tau_7$	0.0000
$\tau_8$	0.0000

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	256
$\sigma_{u11}$	1288
$\sigma_{u2}$	-3027
$\sigma_{u3}$	256
$\sigma_{u33}$	1288
$\sigma_{u4}$	1288
$\sigma_{u5}$	1288
$\sigma_{u6}$	1288
$\sigma_{u66}$	256
$\sigma_{u7}$	-3027
$\sigma_{u8}$	-3027
$\sigma_{u9}$	256
$\sigma_{u99}$	1288
$\sigma_{u10}$	1288
$\sigma_{u11}$	1288

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	1276
$\sigma_{eu11}$	1288
$\sigma_{eu2}$	3275
$\sigma_{eu3}$	1276
$\sigma_{eu33}$	1288
$\sigma_{eu4}$	1288
$\sigma_{eu5}$	1288
$\sigma_{eu6}$	1288
$\sigma_{eu66}$	1276
$\sigma_{eu7}$	3275
$\sigma_{eu8}$	3275
$\sigma_{eu9}$	1276
$\sigma_{eu99}$	1288
$\sigma_{eu10}$	1288
$\sigma_{eu11}$	1288

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-256
$\sigma_s11$	379
$\sigma_s2$	3027
$\sigma_s3$	-256
$\sigma_s33$	379
$\sigma_s4$	379
$\sigma_s5$	379
$\sigma_s6$	379
$\sigma_s66$	-256
$\sigma_s7$	3027
$\sigma_s8$	3027
$\sigma_s9$	-256
$\sigma_s99$	379
$\sigma_s10$	379
$\sigma_s11$	379

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	1276
$\sigma_{es11}$	379
$\sigma_{es2}$	3275
$\sigma_{es3}$	1276
$\sigma_{es33}$	379
$\sigma_{es4}$	379
$\sigma_{es5}$	379
$\sigma_{es6}$	379
$\sigma_{es66}$	1276
$\sigma_{es7}$	3275
$\sigma_{es8}$	3275
$\sigma_{es9}$	1276
$\sigma_{es99}$	379
$\sigma_{es10}$	379
$\sigma_{es11}$	379

# Прилог 12-2

Улазни подаци	
F	200
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	3%
c11	3%
c22	3%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	44259767
e1	44259767
e2	44259767
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	0.0000
b0	19916.8953
b1	47180.9120
b2	47180.9120
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.0000
M0	-32.2718
H0	0.0000
V0	0.0000

Моменти	
M1	2.7282
M2	-32.2718
M3	2.7282
M4	2.7282
M5	2.7282
M6	2.7282
M7	-32.2718
M8	-32.2718
M9	2.7282
M10	2.7282
M11	2.7282

Трансверзалне силе	
Ft1	-100.0000
Ft2	100.0000
Ft3	0.0000
Ft4	0.0000
Ft5	-100.0000
Ft6	100.0000
Ft7	0.0000
Ft8	0.0000

Аксијалне силе	
Fa1	0.0000
Fa2	100.0000
Fa3	100.0000
Fa4	0.0000

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-1250.0000
$\tau_2$	1250.0000
$\tau_3$	0.0000
$\tau_4$	0.0000
$\tau_5$	-1250.0000
$\tau_6$	1250.0000
$\tau_7$	0.0000
$\tau_8$	0.0000

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	512
$\sigma_{u11}$	2576
$\sigma_{u2}$	-6055
$\sigma_{u3}$	512
$\sigma_{u33}$	2576
$\sigma_{u4}$	2576
$\sigma_{u5}$	2576
$\sigma_{u6}$	2576
$\sigma_{u66}$	512
$\sigma_{u7}$	-6055
$\sigma_{u8}$	-6055
$\sigma_{u9}$	512
$\sigma_{u99}$	2576
$\sigma_{u10}$	2576
$\sigma_{u11}$	2576

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	2552
$\sigma_{eu11}$	2576
$\sigma_{eu2}$	6551
$\sigma_{eu3}$	2552
$\sigma_{eu33}$	2576
$\sigma_{eu4}$	2576
$\sigma_{eu5}$	2576
$\sigma_{eu6}$	2576
$\sigma_{eu66}$	2552
$\sigma_{eu7}$	6551
$\sigma_{eu8}$	6551
$\sigma_{eu9}$	2552
$\sigma_{eu99}$	2576
$\sigma_{eu10}$	2576
$\sigma_{eu11}$	2576

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-512
$\sigma_{s11}$	757
$\sigma_s2$	6055
$\sigma_s3$	-512
$\sigma_{s33}$	757
$\sigma_s4$	757
$\sigma_s5$	757
$\sigma_s6$	757
$\sigma_{s66}$	-512
$\sigma_s7$	6055
$\sigma_s8$	6055
$\sigma_s9$	-512
$\sigma_{s99}$	757
$\sigma_{s10}$	757
$\sigma_{s11}$	757

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	2552
$\sigma_{es11}$	757
$\sigma_{es2}$	6551
$\sigma_{es3}$	2552
$\sigma_{es33}$	757
$\sigma_{es4}$	757
$\sigma_{es5}$	757
$\sigma_{es6}$	757
$\sigma_{es66}$	2552
$\sigma_{es7}$	6551
$\sigma_{es8}$	6551
$\sigma_{es9}$	2552
$\sigma_{es99}$	757
$\sigma_{es10}$	757
$\sigma_{es11}$	757

Улазни подаци	
<b>F</b>	<b>300</b>
h	1.6
h1	0.7
a	0.4
b	0.5
e	0
A0	0.06
A1	0.08
A2	0.08
c00	3%
c11	3%
c22	3%
nii	0.3
nim	0.15
$\beta_k$	51.75
em	39428571
ei	200000000
e0	44259767
e1	44259767
e2	44259767
w0	0.00300
w1	0.00533
w2	0.00533
C0	0.000450
C1	0.001066
C2	0.001066

Међурезултати	
F1	0.0000
b0	19916.8953
b1	47180.9120
b2	47180.9120
d1	0.4221
d2	0.4221
c	0.8000
ee	0.0000
M0	-48.4078
H0	0.0000
V0	0.0000

Моменти	
M1	4.0922
M2	-48.4078
M3	4.0922
M4	4.0922
M5	4.0922
M6	4.0922
M7	-48.4078
M8	-48.4078
M9	4.0922
M10	4.0922
M11	4.0922

Трансверзалне силе	
Ft1	-150.0000
Ft2	150.0000
Ft3	0.0000
Ft4	0.0000
Ft5	-150.0000
Ft6	150.0000
Ft7	0.0000
Ft8	0.0000

Аксијалне силе	
Fa1	0.0000
Fa2	150.0000
Fa3	150.0000
Fa4	0.0000

Тангенцијални напони	
$\tau_1$	-1875.0000
$\tau_2$	1875.0000
$\tau_3$	0.0000
$\tau_4$	0.0000
$\tau_5$	-1875.0000
$\tau_6$	1875.0000
$\tau_7$	0.0000
$\tau_8$	0.0000

Унутрашњи нормални напони	
$\sigma_{u1}$	768
$\sigma_{u11}$	3864
$\sigma_{u2}$	-9082
$\sigma_{u3}$	768
$\sigma_{u33}$	3864
$\sigma_{u4}$	3864
$\sigma_{u5}$	3864
$\sigma_{u6}$	3864
$\sigma_{u66}$	768
$\sigma_{u7}$	-9082
$\sigma_{u8}$	-9082
$\sigma_{u9}$	768
$\sigma_{u99}$	3864
$\sigma_{u10}$	3864
$\sigma_{u11}$	3864

Еквивалентни унутрашњи напони	
$\sigma_{eu1}$	3828
$\sigma_{eu11}$	3864
$\sigma_{eu2}$	9826
$\sigma_{eu3}$	3828
$\sigma_{eu33}$	3864
$\sigma_{eu4}$	3864
$\sigma_{eu5}$	3864
$\sigma_{eu6}$	3864
$\sigma_{eu66}$	3828
$\sigma_{eu7}$	9826
$\sigma_{eu8}$	9826
$\sigma_{eu9}$	3828
$\sigma_{eu99}$	3864
$\sigma_{eu10}$	3864
$\sigma_{eu11}$	3864

Спољашњи нормални напони	
$\sigma_s1$	-768
$\sigma_{s11}$	1136
$\sigma_s2$	9082
$\sigma_s3$	-768
$\sigma_{s33}$	1136
$\sigma_s4$	1136
$\sigma_s5$	1136
$\sigma_s6$	1136
$\sigma_{s66}$	-768
$\sigma_s7$	9082
$\sigma_s8$	9082
$\sigma_s9$	-768
$\sigma_{s99}$	1136
$\sigma_{s10}$	1136
$\sigma_{s11}$	1136

Еквивалентни спољашњи напони	
$\sigma_{es1}$	3828
$\sigma_{es11}$	1136
$\sigma_{es2}$	9826
$\sigma_{es3}$	3828
$\sigma_{es33}$	1136
$\sigma_{es4}$	1136
$\sigma_{es5}$	1136
$\sigma_{es6}$	1136
$\sigma_{es66}$	3828
$\sigma_{es7}$	9826
$\sigma_{es8}$	9826
$\sigma_{es9}$	3828
$\sigma_{es99}$	1136
$\sigma_{es10}$	1136
$\sigma_{es11}$	1136



# Прилог 21

<b>Fn</b>	50	<b>t</b>		<b>tob</b>	0.2	<b>mT</b>	300	<b>mS</b>	250	<b>ze</b>	0.15	<b>Ke</b>	50000	<b>fmz2</b>	2.2	<b>n</b>	1	<b>W</b>	2	<b>N1</b>	0.000732	<b>Q1</b>	-1.57079
-----------	----	----------	--	------------	-----	-----------	-----	-----------	-----	-----------	------	-----------	-------	-------------	-----	----------	---	----------	---	-----------	----------	-----------	----------

Редни број померања	t=1	t=5	t=10	t=15
1	0.000471	0.001534	0.000468	0.001859
2	0.001423	0.000791	0.000854	0.001252
3	0.001211	0.001401	0.001218	0.000897
4	0.000919	0.000973	0.001354	0.001009
5	0.001245	0.001189	0.001237	0.001279
6	0.001243	0.001197	0.001021	0.001296
7	0.000916	0.000964	0.000919	0.001032
8	0.001223	0.001434	0.001071	0.000853
9	0.001656	0.000518	0.001690	0.001258
10	0.001863	0.000734	0.000441	0.000340
11	0.001135	0.001127	0.001155	0.001109
12	0.001041	0.001198	0.001236	0.001238
13	0.001187	0.001075	0.001181	0.001165
14	0.001149	0.001181	0.001119	0.001099
15	0.001104	0.001113	0.001103	0.001114
16	0.001150	0.001142	0.001126	0.001152
17	0.001147	0.001143	0.001149	0.001154
18	0.001121	0.001124	0.001152	0.001131
19	0.001140	0.001149	0.001138	0.001124
20	0.001144	0.001127	0.001127	0.001137
21	0.001128	0.001141	0.001129	0.001145
22	0.001136	0.001137	0.001138	0.001138
23	0.001142	0.001132	0.001143	0.001130
24	0.001132	0.001142	0.001140	0.001133
25	0.001135	0.001132	0.001134	0.001140
26	0.001141	0.001139	0.001132	0.001140
27	0.001134	0.001136	0.001135	0.001134
28	0.001135	0.001135	0.001139	0.001133
29	0.001139	0.001139	0.001139	0.001137
30	0.001136	0.001134	0.001136	0.001139

# Прилог 22

Fn	50	t	10	tob	mT	mS	ze	Ke	fmz2	n	W	N1	Q1
					300	250	0.15	50000	2.2	1	2	0.000732	-1.57079

Редни број померања	tob=0.2	tob=0.4	tob=0.6	II varijanta
1	0.000468	0.000234	0.000156	0.0011229
2	0.000854	0.000427	0.000285	0.0005884
3	0.001218	0.000609	0.000406	0.0010124
4	0.001354	0.000677	0.000451	0.0007301
5	0.001237	0.000619	0.000412	0.0008632
6	0.001021	0.000511	0.000340	0.0008632
7	0.000919	0.000459	0.000306	0.0007658
8	0.001071	0.000535	0.000357	0.0009128
9	0.001690	0.000845	0.000563	0.0007661
10	0.000441	0.000221	0.000147	0.00087
11	0.001155	0.000577	0.000385	0.0008365
12	0.001236	0.000618	0.000412	0.0007916
13	0.001181	0.000591	0.000394	0.0009025
14	0.001119	0.000559	0.000373	0.0007555
15	0.001103	0.000552	0.000368	0.0008966
16	0.001126	0.000563	0.000375	0.0008104
17	0.001149	0.000575	0.000383	0.0007862
18	0.001152	0.000576	0.000384	0.001007
19	0.001138	0.000569	0.000379	8.677E-05
20	0.001127	0.000564	0.000376	0.0004859
21	0.001129	0.000564	0.000376	0.0009005
22	0.001138	0.000569	0.000379	0.0008407
23	0.001143	0.000571	0.000381	0.0007987
24	0.001140	0.000570	0.000380	0.0008723
25	0.001134	0.000567	0.000378	0.0008024
26	0.001132	0.000566	0.000377	0.0008507
27	0.001135	0.000568	0.000378	0.0008297
28	0.001139	0.000569	0.000380	0.0008266
29	0.001139	0.000570	0.000380	0.0008455
30	0.001136	0.000568	0.000379	0.0008207

# Прилог 23

$F_n$	$t$	$t_{ob}$	$mT$	$mS$	$\zeta_e$	$K_e$	$fmz2$	$n$	$\Omega$	$N1$	$\Theta1$	
50	10	0.4		250	0.15	50000	1	1	2	0.0008	-1.5708	
Редни број померања	$mT=200$	$mT=300$	$mT=320$	$mT=340$	$mT=360$	$mT=380$	$mT=390$	$mT=400$	$mT=410$	$mT=420$	$mT=450$	$mT=500$
1	0.00029	0.00023	0.00023	0.00022	0.00021	0.00020	0.00020	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017
2	0.00052	0.00043	0.00041	0.00040	0.00038	0.00037	0.00037	0.00036	0.00036	0.00035	0.00033	0.00031
3	0.00074	0.00061	0.00059	0.00057	0.00055	0.00053	0.00052	0.00052	0.00051	0.00050	0.00048	0.00045
4	0.00082	0.00068	0.00065	0.00063	0.00061	0.00059	0.00058	0.00058	0.00057	0.00056	0.00054	0.00050
5	0.00075	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00053	0.00053	0.00052	0.00051	0.00049	0.00046
6	0.00063	0.00051	0.00049	0.00047	0.00046	0.00044	0.00043	0.00043	0.00042	0.00041	0.00040	0.00037
7	0.00058	0.00046	0.00044	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00037	0.00037	0.00036	0.00034	0.00031
8	0.00067	0.00054	0.00051	0.00049	0.00048	0.00046	0.00045	0.00044	0.00044	0.00043	0.00040	0.00037
9	0.00084	0.00084	0.00089	0.00098	0.00117	0.00172	0.00264	0.00922	-0.00377	-0.00124	-0.00017	0.00012
10	0.00104	0.00022	0.00030	0.00034	0.00035	0.00036	0.00036	0.00036	0.00036	0.00036	0.00036	0.00035
11	0.00074	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050	0.00049	0.00049	0.00048	0.00047	0.00045	0.00042
12	0.00082	0.00062	0.00059	0.00057	0.00055	0.00053	0.00052	0.00051	0.00050	0.00050	0.00047	0.00044
13	0.00074	0.00059	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00050	0.00049	0.00048	0.00046	0.00043
14	0.00068	0.00056	0.00054	0.00052	0.00051	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00046	0.00044	0.00041
15	0.00066	0.00055	0.00053	0.00052	0.00050	0.00048	0.00048	0.00047	0.00046	0.00046	0.00044	0.00041
16	0.00069	0.00056	0.00054	0.00053	0.00051	0.00049	0.00048	0.00048	0.00047	0.00046	0.00044	0.00041
17	0.00071	0.00057	0.00055	0.00054	0.00052	0.00050	0.00049	0.00049	0.00048	0.00047	0.00045	0.00042
18	0.00071	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050	0.00049	0.00049	0.00048	0.00047	0.00045	0.00042
19	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
20	0.00069	0.00056	0.00054	0.00053	0.00051	0.00049	0.00048	0.00048	0.00047	0.00046	0.00044	0.00041
21	0.00069	0.00056	0.00054	0.00053	0.00051	0.00049	0.00049	0.00048	0.00047	0.00046	0.00044	0.00041
22	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
23	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00048	0.00047	0.00045	0.00042
24	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
25	0.00069	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
26	0.00069	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00049	0.00049	0.00048	0.00047	0.00046	0.00045	0.00042
27	0.00069	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
28	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
29	0.00070	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042
30	0.00069	0.00057	0.00055	0.00053	0.00051	0.00050	0.00049	0.00048	0.00047	0.00047	0.00045	0.00042

# Прилог 24

$F_n$	50	t	10	$t_{об}$	0.4	mT	300	mS		$\zeta_e$	0.15	Ke	50000	fmz2	2.5	n	1	$\Omega$	2	N1	0.0003	$\Theta 1$	-1.5708
-------	----	---	----	----------	-----	----	-----	----	--	-----------	------	----	-------	------	-----	---	---	----------	---	----	--------	------------	---------

Редни број померања	mS=150	mS=200	mS=250	mS=300	mS=350	mS=400
1	0.000172	0.000206	0.000234	0.000257	0.000277	0.000293
2	0.000315	0.000377	0.000427	0.000469	0.000505	0.000535
3	0.000446	0.000535	0.000609	0.000670	0.000722	0.000767
4	0.000492	0.000593	0.000677	0.000747	0.000807	0.000859
5	0.000450	0.000542	0.000619	0.000683	0.000737	0.000784
6	0.000381	0.000453	0.000511	0.000557	0.000596	0.000627
7	0.000356	0.000416	0.000459	0.000490	0.000509	0.000520
8	0.000402	0.000477	0.000535	0.000578	0.000605	0.000612
9	0.000484	0.000627	0.000845	0.001189	-0.000144	0.000349
10	0.000533	0.001196	0.000221	0.000451	0.000545	0.000607
11	0.000352	0.000516	0.000577	0.000632	0.000679	0.000720
12	0.000554	0.000566	0.000618	0.000668	0.000712	0.000751
13	0.000456	0.000527	0.000591	0.000645	0.000692	0.000732
14	0.000404	0.000490	0.000559	0.000617	0.000665	0.000707
15	0.000395	0.000482	0.000552	0.000609	0.000658	0.000700
16	0.000410	0.000494	0.000563	0.000620	0.000668	0.000709
17	0.000424	0.000507	0.000575	0.000631	0.000679	0.000720
18	0.000426	0.000508	0.000576	0.000632	0.000680	0.000721
19	0.000418	0.000501	0.000569	0.000626	0.000674	0.000715
20	0.000412	0.000495	0.000564	0.000621	0.000669	0.000710
21	0.000413	0.000496	0.000564	0.000621	0.000669	0.000711
22	0.000417	0.000501	0.000569	0.000626	0.000674	0.000715
23	0.000420	0.000503	0.000571	0.000628	0.000676	0.000717
24	0.000419	0.000502	0.000570	0.000627	0.000675	0.000716
25	0.000415	0.000499	0.000567	0.000624	0.000672	0.000713
26	0.000414	0.000498	0.000566	0.000623	0.000671	0.000712
27	0.000416	0.000499	0.000568	0.000624	0.000672	0.000714
28	0.000418	0.000501	0.000569	0.000626	0.000674	0.000715
29	0.000418	0.000501	0.000570	0.000626	0.000674	0.000716
30	0.000417	0.000500	0.000568	0.000625	0.000673	0.000714

# Прилог 25

$F_n$	t	$t_{ob}$	mT	mS	$\zeta_e$	Ke	fmz2	n	$\Omega$	N1	$\Theta 1$
50	10	0.4	300	200	0.15		2.5	1	2	0.0004	-1.5708

Редни број померања	Ke=30000	Ke=40000	Ke=50000	Ke=60000	Ke=70000	Ke=80000
1	0.000341	0.000257	0.000206	0.000172	0.000148	0.000130
2	0.000622	0.000469	0.000377	0.000315	0.000270	0.000237
3	0.000896	0.000670	0.000535	0.000446	0.000382	0.000334
4	0.001011	0.000747	0.000593	0.000492	0.000421	0.000367
5	0.000923	0.000683	0.000542	0.000450	0.000385	0.000336
6	0.000712	0.000557	0.000453	0.000381	0.000328	0.000288
7	0.000489	0.000490	0.000416	0.000356	0.000309	0.000273
8	0.001431	0.000578	0.000477	0.000402	0.000346	0.000304
9	0.000674	0.001888	0.000627	0.000484	0.000403	0.000347
10	0.000756	0.000451	0.001196	0.000533	0.000420	0.000356
11	0.000838	0.000632	0.000516	0.000351	0.000346	0.000307
12	0.000865	0.000668	0.000566	0.000554	-0.001066	0.000197
13	0.000850	0.000645	0.000527	0.000456	0.000432	0.001057
14	0.000826	0.000617	0.000490	0.000404	0.000339	0.000281
15	0.000820	0.000609	0.000482	0.000395	0.000329	0.000275
16	0.000829	0.000620	0.000494	0.000410	0.000349	0.000303
17	0.000839	0.000631	0.000507	0.000424	0.000366	0.000323
18	0.000840	0.000632	0.000508	0.000426	0.000367	0.000324
19	0.000834	0.000626	0.000501	0.000418	0.000358	0.000314
20	0.000829	0.000621	0.000495	0.000412	0.000352	0.000306
21	0.000830	0.000621	0.000496	0.000413	0.000353	0.000308
22	0.000834	0.000626	0.000501	0.000417	0.000358	0.000313
23	0.000836	0.000628	0.000503	0.000420	0.000361	0.000316
24	0.000835	0.000627	0.000502	0.000419	0.000359	0.000315
25	0.000832	0.000624	0.000499	0.000415	0.000356	0.000311
26	0.000831	0.000623	0.000498	0.000414	0.000355	0.000310
27	0.000833	0.000624	0.000499	0.000416	0.000356	0.000312
28	0.000835	0.000626	0.000501	0.000418	0.000358	0.000314
29	0.000835	0.000626	0.000501	0.000418	0.000359	0.000314
30	0.000833	0.000625	0.000500	0.000417	0.000357	0.000313

# Прилог 26-1

$$z_1 = \frac{F_n}{2 \cdot K_e \cdot t_{ob} \cdot f_{ms2}} + \sum_{n=1}^{\infty} M_1 \cos(n \cdot \Omega \cdot t - \Theta_1)$$

$F_n$	50	$t$	10	$t_{ob}$	0.4	$mT$	300	$mS$	200	$\zeta e$	0.15	$K_e$	50000	$fmz2$	2.5	$n$	1	$\Omega$		$N1$	0.0003	$\Theta_1$	-1.5708
-------	----	-----	----	----------	-----	------	-----	------	-----	-----------	------	-------	-------	--------	-----	-----	---	----------	--	------	--------	------------	---------

$$M_1 = \frac{F_n}{n \cdot t_{ob} \cdot \pi \cdot ((K_e \cdot f_{ms2} - m \cdot I \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^2 + \zeta_e^2 \cdot f_{ms2} \cdot n^2 \cdot \Omega^2)^{1/2}} \quad \Theta_1 = -\arctg \frac{K_e \cdot f_{ms2} - m \cdot I \cdot n^2 \cdot \Omega^2}{\zeta_e \cdot f_{ms2} \cdot n \cdot \Omega}$$

Редни број померања	$\Omega=0.1$	$\Omega=0.2$	$\Omega=0.3$	$\Omega=0.4$	$\Omega=0.5$	$\Omega=0.6$	$\Omega=0.7$	$\Omega=0.8$	$\Omega=0.9$	$\Omega=1$	$\Omega=2$	$\Omega=3$
1	0.000232	0.000210	0.000455	0.000741	0.000806	0.000589	0.000291	0.000184	0.000368	0.000674	0.000206	0.000822
2	0.000355	0.000621	0.000545	0.000342	0.000587	0.000586	0.000342	0.000546	0.000621	0.000353	0.000377	0.000553
3	0.000485	0.000530	0.000456	0.000557	0.000431	0.000580	0.000410	0.000597	0.000397	0.000607	0.000535	0.000382
4	0.000560	0.000421	0.000543	0.000523	0.000427	0.000573	0.000478	0.000455	0.000581	0.000438	0.000593	0.000429
5	0.000561	0.000535	0.000458	0.000441	0.000509	0.000564	0.000528	0.000451	0.000443	0.000518	0.000542	0.000599
6	0.000515	0.000529	0.000540	0.000549	0.000554	0.000554	0.000551	0.000543	0.000532	0.000518	0.000453	0.000691
7	0.000470	0.000455	0.000462	0.000487	0.000520	0.000544	0.000526	0.000526	0.000492	0.000460	0.000416	0.000864
8	0.000461	0.000512	0.000537	0.000477	0.000469	0.000532	0.000522	0.000459	0.000488	0.000547	0.000477	0.000598
9	0.000485	0.000527	0.000466	0.000536	0.000468	0.000521	0.000493	0.000490	0.000526	0.000461	0.000627	0.000492
10	0.000517	0.000471	0.000532	0.000475	0.000509	0.000511	0.000472	0.000537	0.000465	0.000521	0.001196	0.000473
11	0.000529	0.000500	0.000470	0.000499	0.000531	0.000501	0.000466	0.000499	0.000538	0.000502	0.000516	0.000498
12	0.000514	0.000524	0.000527	0.000522	0.000509	0.000492	0.000477	0.000466	0.000466	0.000476	0.000566	0.000512
13	0.000490	0.000481	0.000475	0.000474	0.000477	0.000485	0.000497	0.000511	0.000525	0.000538	0.000527	0.000504
14	0.000477	0.000494	0.000522	0.000513	0.000480	0.000480	0.000517	0.000529	0.000488	0.000458	0.000490	0.000494
15	0.000486	0.000521	0.000481	0.000507	0.000510	0.000476	0.000528	0.000481	0.000497	0.000533	0.000482	0.000496
16	0.000506	0.000489	0.000516	0.000480	0.000523	0.000475	0.000525	0.000476	0.000519	0.000489	0.000494	0.000503
17	0.000518	0.000490	0.000487	0.000519	0.000504	0.000475	0.000511	0.000527	0.000466	0.000479	0.000507	0.000503
18	0.000513	0.000518	0.000511	0.000495	0.000480	0.000477	0.000491	0.000517	0.000547	0.000564	0.000508	0.000499
19	0.000497	0.000495	0.000492	0.000489	0.000485	0.000481	0.000475	0.000465	0.000445	0.000375	0.000501	0.000498
20	0.000485	0.000488	0.000505	0.000519	0.000511	0.000486	0.000471	0.000491	0.000557	0.000848	0.000495	0.000500
21	0.000487	0.000515	0.000497	0.000487	0.000520	0.000492	0.000481	0.000481	0.000449	0.000621	0.000496	0.000502
22	0.000500	0.000500	0.000500	0.000499	0.000501	0.000499	0.000502	0.000496	0.000519	0.000508	0.000501	0.000500
23	0.000512	0.000487	0.000502	0.000514	0.000481	0.000506	0.000526	0.000428	0.000336	0.000468	0.000503	0.000499
24	0.000512	0.000511	0.000496	0.000483	0.000488	0.000513	0.000541	0.000541	0.000577	0.000533	0.000502	0.000499
25	0.000502	0.000504	0.000506	0.000508	0.000513	0.000520	0.000539	0.000778	0.000445	0.000475	0.000499	0.000501
26	0.000491	0.000487	0.000493	0.000505	0.000519	0.000526	0.000513	0.000695	0.000539	0.000513	0.000498	0.000501
27	0.000489	0.000507	0.000509	0.000485	0.000498	0.000531	0.000460	0.000569	0.000475	0.000497	0.000499	0.000500
28	0.000497	0.000506	0.000490	0.000514	0.000479	0.000535	0.000363	0.000455	0.000514	0.000495	0.000501	0.000499
29	0.000507	0.000488	0.000511	0.000496	0.000490	0.000538	-0.000435	0.000483	0.000496	0.000509	0.000501	0.000500
30	0.000511	0.000504	0.000488	0.000491	0.000516	0.000538	0.000585	0.000526	0.000498	0.000491	0.000500	0.000501



# Прилог 27-1

<b>Fn</b>	<b>t</b>	<b>tob</b>	<b>mT</b>	<b>mS</b>	<b>ze</b>	<b>Ke</b>	<b>fmz2</b>	<b>n</b>	<b>W</b>	<b>N1</b>	<b>Q1</b>	<b>z1</b>
50	10	0.4	300	250	0.15	50000	2.2	1	0.2	0.000362	-1.5708	0.000239

Редни број померања	F=50kN	F=100kN	F=150kN
1	0.000239	0.000478	0.000717
2	0.000705	0.001410	0.002116
3	0.000602	0.001204	0.001806
4	0.000479	0.000957	0.001436
5	0.000608	0.001215	0.001823
6	0.000601	0.001201	0.001802
7	0.000517	0.001033	0.001550
8	0.000581	0.001163	0.001744
9	0.000599	0.001197	0.001796
10	0.000535	0.001070	0.001604
11	0.000568	0.001137	0.001705
12	0.000596	0.001192	0.001788
13	0.000547	0.001093	0.001640
14	0.000561	0.001122	0.001683
15	0.000593	0.001185	0.001778
16	0.000555	0.001111	0.001666
17	0.000557	0.001113	0.001670
18	0.000589	0.001178	0.001767
19	0.000562	0.001125	0.001687
20	0.000554	0.001108	0.001662
21	0.000585	0.001170	0.001754
22	0.000568	0.001136	0.001704
23	0.000553	0.001106	0.001659
24	0.000581	0.001161	0.001742
25	0.000572	0.001145	0.001717
26	0.000553	0.001107	0.001660
27	0.000576	0.001153	0.001729
28	0.000576	0.001151	0.001727
29	0.000555	0.001109	0.001664
30	0.000572	0.001145	0.001717
31	0.000578	0.001156	0.001733
32	0.000556	0.001113	0.001669
33	0.000569	0.001137	0.001706
34	0.000579	0.001158	0.001737
35	0.000559	0.001118	0.001677
36	0.000565	0.001130	0.001696
37	0.000580	0.001159	0.001739
38	0.000562	0.001124	0.001685
39	0.000562	0.001125	0.001687
40	0.000579	0.001158	0.001737
41	0.000565	0.001130	0.001694
42	0.000560	0.001121	0.001681
43	0.000578	0.001156	0.001734
44	0.000568	0.001136	0.001703
45	0.000559	0.001118	0.001677
46	0.000576	0.001152	0.001728
47	0.000571	0.001141	0.001712
48	0.000558	0.001117	0.001675
49	0.000574	0.001148	0.001722
50	0.000573	0.001146	0.001720
51	0.000558	0.001117	0.001675
52	0.000571	0.001143	0.001714
53	0.000575	0.001151	0.001726
54	0.000559	0.001118	0.001677
55	0.000569	0.001137	0.001706
56	0.000577	0.001154	0.001731
57	0.000560	0.001121	0.001681
58	0.000566	0.001132	0.001698
59	0.000578	0.001156	0.001734
60	0.000562	0.001125	0.001687
61	0.000563	0.001126	0.001690
62	0.000578	0.001156	0.001735
63	0.000565	0.001130	0.001695
64	0.000561	0.001122	0.001682
65	0.000578	0.001156	0.001733
66	0.000568	0.001135	0.001703
67	0.000559	0.001118	0.001676
68	0.000577	0.001153	0.001730
69	0.000571	0.001141	0.001712
70	0.000557	0.001115	0.001672
71	0.000575	0.001150	0.001725
72	0.000574	0.001148	0.001722
73	0.000556	0.001113	0.001669
74	0.000572	0.001145	0.001717



# Прилог 27-2

75	0.000577	0.001154	0.001731
76	0.000556	0.001112	0.001669
77	0.000569	0.001138	0.001707
78	0.000580	0.001161	0.001741
79	0.000557	0.001114	0.001670
80	0.000565	0.001130	0.001695
81	0.000584	0.001167	0.001751
82	0.000558	0.001117	0.001675
83	0.000560	0.001119	0.001679
84	0.000587	0.001174	0.001761
85	0.000561	0.001122	0.001684
86	0.000553	0.001105	0.001658
87	0.000591	0.001181	0.001772
88	0.000566	0.001133	0.001699
89	0.000542	0.001084	0.001626
90	0.000596	0.001192	0.001788
91	0.000577	0.001154	0.001731
92	0.000518	0.001036	0.001554
93	0.000610	0.001219	0.001829
94	0.000619	0.001238	0.001857
95	0.000322	0.000645	0.000967
96	0.000313	0.000625	0.000938
97	0.000469	0.000939	0.001408
98	0.000641	0.001282	0.001923
99	0.000564	0.001128	0.001692
100	0.000533	0.001067	0.001600
101	0.000594	0.001188	0.001781
102	0.000573	0.001147	0.001720
103	0.000546	0.001093	0.001639
104	0.000580	0.001160	0.001740
105	0.000576	0.001152	0.001728
106	0.000553	0.001106	0.001659
107	0.000573	0.001146	0.001719
108	0.000577	0.001153	0.001730
109	0.000558	0.001115	0.001673
110	0.000569	0.001138	0.001707
111	0.000576	0.001153	0.001729
112	0.000561	0.001122	0.001683
113	0.000567	0.001133	0.001700
114	0.000576	0.001151	0.001727
115	0.000564	0.001128	0.001691
116	0.000565	0.001130	0.001695
117	0.000574	0.001149	0.001723
118	0.000566	0.001132	0.001698
119	0.000564	0.001129	0.001693
120	0.000573	0.001146	0.001720
121	0.000568	0.001135	0.001703
122	0.000564	0.001128	0.001692
123	0.000572	0.001144	0.001716
124	0.000569	0.001138	0.001707
125	0.000564	0.001128	0.001693
126	0.000571	0.001141	0.001712
127	0.000570	0.001140	0.001710
128	0.000565	0.001129	0.001694
129	0.000569	0.001139	0.001708
130	0.000570	0.001141	0.001711
131	0.000565	0.001130	0.001696
132	0.000569	0.001137	0.001706
133	0.000571	0.001141	0.001712
134	0.000566	0.001132	0.001698
135	0.000568	0.001135	0.001703
136	0.000571	0.001141	0.001712
137	0.000567	0.001133	0.001700
138	0.000567	0.001134	0.001701
139	0.000571	0.001141	0.001712
140	0.000567	0.001135	0.001702
141	0.000567	0.001133	0.001700
142	0.000570	0.001140	0.001711
143	0.000568	0.001136	0.001704
144	0.000566	0.001133	0.001699
145	0.000570	0.001140	0.001709
146	0.000568	0.001137	0.001705
147	0.000566	0.001133	0.001699
148	0.000569	0.001139	0.001708
149	0.000569	0.001138	0.001707
150	0.000567	0.001133	0.001700
151	0.000569	0.001138	0.001706
152	0.000569	0.001138	0.001708
153	0.000567	0.001133	0.001700
154	0.000568	0.001137	0.001705
155	0.000569	0.001139	0.001708
156	0.000567	0.001134	0.001701
157	0.000568	0.001136	0.001704
158	0.000569	0.001139	0.001708

# Прилог 27-3

159	0.000567	0.001135	0.001702
160	0.000568	0.001135	0.001703
161	0.000569	0.001139	0.001708
162	0.000568	0.001135	0.001703
163	0.000567	0.001135	0.001702
164	0.000569	0.001139	0.001708
165	0.000568	0.001136	0.001704
166	0.000567	0.001135	0.001702
167	0.000569	0.001138	0.001707
168	0.000568	0.001137	0.001705
169	0.000567	0.001134	0.001702
170	0.000569	0.001138	0.001706
171	0.000569	0.001137	0.001706
172	0.000567	0.001134	0.001702
173	0.000569	0.001137	0.001706
174	0.000569	0.001138	0.001706
175	0.000567	0.001135	0.001702
176	0.000568	0.001137	0.001705
177	0.000569	0.001138	0.001707
178	0.000567	0.001135	0.001702
179	0.000568	0.001136	0.001704
180	0.000569	0.001138	0.001707
181	0.000568	0.001135	0.001703
182	0.000568	0.001136	0.001704
183	0.000569	0.001138	0.001707
184	0.000568	0.001136	0.001704
185	0.000568	0.001135	0.001703
186	0.000569	0.001138	0.001707
187	0.000568	0.001136	0.001704
188	0.000568	0.001135	0.001703
189	0.000569	0.001137	0.001706
190	0.000568	0.001137	0.001705
191	0.000568	0.001135	0.001703
192	0.000569	0.001137	0.001706
193	0.000568	0.001137	0.001705
194	0.000568	0.001135	0.001703
195	0.000568	0.001137	0.001705
196	0.000569	0.001137	0.001706
197	0.000568	0.001135	0.001703
198	0.000568	0.001137	0.001705
199	0.000569	0.001137	0.001706
200	0.000568	0.001135	0.001703

# Прилог 31-11

<b>Fn</b>	<b>fp</b>	<b>n</b>	<b>tob</b>	<b>m</b>	<b>ω1</b>	<b>Ω</b>
50	0.02	1	0.05	200	150	
	<b>δ1</b>	<b>Θ1</b>	<b>Σ</b>	<b>x1</b>	<b>N1</b>	<b>t</b>
	0.7	-1.57017133	7.72715E-07	2.99E-06	1.42175E-06	1

Ω=1	Ω=2	Ω=3	Ω=4	Ω=5	Ω=6	Ω=7	Ω=8	Ω=9	Ω=10
1.03E-06	9.34875E-07	2.02214E-06	3.294E-06	3.58115E-06	2.62E-06	1.29074E-06	8.17759E-07	1.63606E-06	2.99494E-06
1.58E-06	2.75809E-06	2.42054E-06	1.52E-06	2.60858E-06	2.6E-06	1.51508E-06	2.42763E-06	2.76201E-06	1.5648E-06
2.16E-06	2.35443E-06	2.02684E-06	2.4773E-06	1.91197E-06	2.58E-06	1.81924E-06	2.66102E-06	1.75564E-06	2.70795E-06
2.49E-06	1.87111E-06	2.41354E-06	2.3249E-06	1.89351E-06	2.55E-06	2.12226E-06	2.01844E-06	2.5945E-06	1.9377E-06
2.49E-06	2.37677E-06	2.03607E-06	1.9593E-06	2.26122E-06	2.51E-06	2.34979E-06	1.9946E-06	1.95803E-06	2.30686E-06
2.29E-06	2.34977E-06	2.40215E-06	2.4416E-06	2.46509E-06	2.47E-06	2.45653E-06	2.42357E-06	2.3728E-06	2.30663E-06
2.09E-06	2.02018E-06	2.04951E-06	2.1651E-06	2.31334E-06	2.42E-06	2.43834E-06	2.34557E-06	2.18229E-06	2.02309E-06
2.05E-06	2.27357E-06	2.38677E-06	2.1203E-06	2.07996E-06	2.37E-06	2.33015E-06	2.02363E-06	2.16258E-06	2.46777E-06
2.16E-06	2.34218E-06	2.06669E-06	2.3877E-06	2.07545E-06	2.32E-06	2.19116E-06	2.1692E-06	2.36328E-06	2.00159E-06
2.3E-06	2.09074E-06	2.36794E-06	2.1084E-06	2.26454E-06	2.27E-06	2.08283E-06	2.41866E-06	2.02365E-06	2.35368E-06
2.35E-06	2.2232E-06	2.08701E-06	2.2202E-06	2.37086E-06	2.23E-06	2.04756E-06	2.21691E-06	2.4501E-06	2.23042E-06
2.29E-06	2.33192E-06	2.34632E-06	2.3229E-06	2.26443E-06	2.18E-06	2.09535E-06	2.02537E-06	1.99656E-06	2.0376E-06
2.18E-06	2.13675E-06	2.10976E-06	2.1001E-06	2.11101E-06	2.14E-06	2.20243E-06	2.28717E-06	2.41018E-06	2.62346E-06
2.12E-06	2.19366E-06	2.32264E-06	2.2839E-06	2.12266E-06	2.11E-06	2.32182E-06	2.42716E-06	2.1176E-06	1.44637E-06
2.16E-06	2.31937E-06	2.13416E-06	2.256E-06	2.27173E-06	2.09E-06	2.40119E-06	2.07452E-06	2.15659E-06	9.29179E-06
2.25E-06	2.17128E-06	2.29773E-06	2.1229E-06	2.345E-06	2.07E-06	2.40155E-06	1.98116E-06	2.88003E-06	2.31735E-06
2.3E-06	2.17562E-06	2.15938E-06	2.3166E-06	2.24287E-06	2.07E-06	2.30979E-06	2.57761E-06	3.52462E-06	2.33375E-06
2.28E-06	2.30495E-06	2.27242E-06	2.1957E-06	2.11191E-06	2.07E-06	2.14085E-06	2.80694E-06	1.76742E-06	2.07642E-06
2.21E-06	2.19882E-06	2.18457E-06	2.166E-06	2.13814E-06	2.09E-06	1.92659E-06	4.83857E-06	2.46664E-06	2.34531E-06
2.16E-06	2.16532E-06	2.16785E-06	2.3204E-06	2.28795E-06	2.11E-06	1.67912E-06	2.29832E-06	2.091E-06	2.14349E-06
2.16E-06	2.28917E-06	2.20891E-06	2.1497E-06	2.35006E-06	2.15E-06	9.42083E-07	1.95766E-06	2.27965E-06	2.25421E-06
2.22E-06	2.22119E-06	2.22393E-06	2.2196E-06	2.22632E-06	2.22E-06	1.94651E-06	2.23924E-06	2.21389E-06	2.22782E-06
2.28E-06	2.16087E-06	2.2316E-06	2.2985E-06	2.08028E-06	2.34E-06	1.92025E-06	2.34064E-06	2.20012E-06	2.19378E-06
2.28E-06	2.27256E-06	2.20234E-06	2.1238E-06	2.12991E-06	2.66E-06	1.99073E-06	2.18783E-06	2.25996E-06	2.25808E-06
2.23E-06	2.23915E-06	2.25193E-06	2.2748E-06	2.34001E-06	6.46E-06	2.09956E-06	2.15924E-06	2.18029E-06	2.19138E-06
2.18E-06	2.16114E-06	2.18345E-06	2.2547E-06	2.42284E-06	1.68E-06	2.20064E-06	2.2588E-06	2.26017E-06	2.24062E-06
2.17E-06	2.25568E-06	2.26924E-06	2.1219E-06	2.18576E-06	1.92E-06	2.26689E-06	2.25577E-06	2.19337E-06	2.21828E-06
2.21E-06	2.25306E-06	2.16785E-06	2.3247E-06	1.83429E-06	2.02E-06	2.28977E-06	2.1886E-06	2.23969E-06	2.2142E-06
2.26E-06	2.16527E-06	2.283E-06	2.1914E-06	1.96933E-06	2.09E-06	2.27667E-06	2.20642E-06	2.21613E-06	2.23703E-06
2.27E-06	2.2391E-06	2.15603E-06	2.1484E-06	5.75701E-06	2.13E-06	2.24461E-06	2.25091E-06	2.21867E-06	2.2065E-06
2.24E-06	2.2631E-06	2.29277E-06	2.3654E-06	1.59981E-06	2.17E-06	2.21219E-06	2.22686E-06	2.23262E-06	2.23406E-06
2.2E-06	2.17257E-06	2.1484E-06	2.1017E-06	2.26979E-06	2.2E-06	2.1928E-06	2.19911E-06	2.20819E-06	2.21695E-06
2.18E-06	2.22336E-06	2.29818E-06	2.219E-06	2.42487E-06	2.22E-06	2.19112E-06	2.22455E-06	2.23679E-06	2.22068E-06
2.2E-06	2.26939E-06	2.14529E-06	2.3999E-06	2.27798E-06	2.23E-06	2.2035E-06	2.23981E-06	2.20964E-06	2.2288E-06
2.24E-06	2.1824E-06	2.29892E-06	1.9119E-06	2.1346E-06	2.24E-06	2.22137E-06	2.2158E-06	2.2311E-06	2.21348E-06
2.26E-06	2.20897E-06	2.147E-06	2.5146E-06	2.14932E-06	2.25E-06	2.23581E-06	2.20975E-06	2.21783E-06	2.23013E-06
2.25E-06	2.27208E-06	2.29466E-06	2.2366E-06	2.24613E-06	2.25E-06	2.24124E-06	2.2307E-06	2.22219E-06	2.21736E-06
2.21E-06	2.19412E-06	2.15394E-06	3.5304E-06	2.28377E-06	2.25E-06	2.23709E-06	2.2302E-06	2.22591E-06	2.2231E-06
2.18E-06	2.19637E-06	2.28487E-06	1.8601E-06	2.23466E-06	2.25E-06	2.22703E-06	2.21311E-06	2.21611E-06	2.22494E-06
2.19E-06	2.27133E-06	2.16684E-06	2.2603E-06	2.18286E-06	2.24E-06	2.21661E-06	2.21801E-06	2.22934E-06	2.21728E-06
2.23E-06	2.20714E-06	2.26848E-06	2.3345E-06	2.19338E-06	2.24E-06	2.21053E-06	2.23097E-06	2.21545E-06	2.22756E-06
2.26E-06	2.18597E-06	2.18735E-06	2.0899E-06	2.23822E-06	2.23E-06	2.21078E-06	2.22344E-06	2.22757E-06	2.21816E-06
2.25E-06	2.26735E-06	2.24284E-06	2.2937E-06	2.2529E-06	2.23E-06	2.2162E-06	2.21449E-06	2.21899E-06	2.22397E-06
2.22E-06	2.2209E-06	2.21984E-06	2.2307E-06	2.22502E-06	2.22E-06	2.22352E-06	2.22326E-06	2.2231E-06	2.22298E-06
2.19E-06	2.1781E-06	2.20035E-06	2.1639E-06	2.19892E-06	2.22E-06	2.22913E-06	2.22855E-06	2.22351E-06	2.21953E-06
2.19E-06	2.26038E-06	2.27863E-06	2.2814E-06	2.208E-06	2.22E-06	2.23075E-06	2.21962E-06	2.21928E-06	2.22578E-06
2.22E-06	2.23485E-06	2.11073E-06	2.1981E-06	2.23407E-06	2.21E-06	2.22822E-06	2.21747E-06	2.2261E-06	2.219E-06
2.25E-06	2.17301E-06	2.44149E-06	2.205E-06	2.24015E-06	2.21E-06	2.22328E-06	2.22576E-06	2.21818E-06	2.22418E-06

# Прилог 31-12

2.25E-06	2.25068E-06	1.67359E-06	2.2608E-06	2.22161E-06	2.21E-06	2.21853E-06	2.2254E-06	2.22572E-06	2.22197E-06
2.23E-06	2.24851E-06	4.34309E-06	2.1907E-06	2.2068E-06	2.21E-06	2.21611E-06	2.21827E-06	2.2198E-06	2.2209E-06
2.2E-06	2.17093E-06	2.65636E-06	2.2283E-06	2.21468E-06	2.21E-06	2.21682E-06	2.22052E-06	2.2233E-06	2.22452E-06
2.19E-06	2.23846E-06	1.95064E-06	2.2405E-06	2.23142E-06	2.22E-06	2.21995E-06	2.22616E-06	2.22251E-06	2.21976E-06
2.21E-06	2.26149E-06	2.41805E-06	2.1955E-06	2.23352E-06	2.22E-06	2.22375E-06	2.22265E-06	2.22077E-06	2.22408E-06
2.24E-06	2.17207E-06	2.07062E-06	2.239E-06	2.22025E-06	2.22E-06	2.22638E-06	2.21863E-06	2.22446E-06	2.22147E-06
2.25E-06	2.22386E-06	2.34381E-06	2.2245E-06	2.2114E-06	2.22E-06	2.22677E-06	2.22283E-06	2.21967E-06	2.22176E-06
2.24E-06	2.27346E-06	2.12301E-06	2.2054E-06	2.21821E-06	2.22E-06	2.225E-06	2.22524E-06	2.22462E-06	2.22362E-06
2.21E-06	2.1767E-06	2.3037E-06	2.2406E-06	2.22954E-06	2.22E-06	2.22213E-06	2.22085E-06	2.22037E-06	2.22041E-06
2.19E-06	2.2068E-06	2.15539E-06	2.2143E-06	2.22963E-06	2.23E-06	2.21963E-06	2.2199E-06	2.22327E-06	2.22385E-06
2.2E-06	2.28423E-06	2.27666E-06	2.216E-06	2.21972E-06	2.23E-06	2.2186E-06	2.22409E-06	2.22207E-06	2.22126E-06
2.23E-06	2.1853E-06	2.17848E-06	2.2366E-06	2.21436E-06	2.23E-06	2.21938E-06	2.22379E-06	2.22154E-06	2.22229E-06
2.25E-06	2.18672E-06	2.25665E-06	2.2101E-06	2.22024E-06	2.23E-06	2.22141E-06	2.22011E-06	2.22353E-06	2.22298E-06
2.24E-06	2.29381E-06	2.19594E-06	2.2245E-06	2.22814E-06	2.23E-06	2.22361E-06	2.22139E-06	2.22056E-06	2.22095E-06
2.22E-06	2.19897E-06	2.24136E-06	2.23E-06	2.22716E-06	2.23E-06	2.22494E-06	2.22435E-06	2.22391E-06	2.22356E-06
2.2E-06	2.16196E-06	2.20932E-06	2.2107E-06	2.21959E-06	2.22E-06	2.22487E-06	2.22238E-06	2.22079E-06	2.22123E-06
2.2E-06	2.30247E-06	2.22969E-06	2.2296E-06	2.21639E-06	2.22E-06	2.22356E-06	2.22025E-06	2.22317E-06	2.22259E-06
2.22E-06	2.22063E-06	2.21945E-06	2.2234E-06	2.22145E-06	2.22E-06	2.22175E-06	2.22262E-06	2.22187E-06	2.22253E-06
2.24E-06	2.12771E-06	2.221E-06	2.2143E-06	2.22705E-06	2.22E-06	2.22033E-06	2.2239E-06	2.22197E-06	2.22139E-06
2.25E-06	2.31107E-06	2.22681E-06	2.231E-06	2.22551E-06	2.22E-06	2.21993E-06	2.22139E-06	2.22298E-06	2.22327E-06
2.23E-06	2.25983E-06	2.21485E-06	2.2185E-06	2.21964E-06	2.22E-06	2.22065E-06	2.22092E-06	2.22113E-06	2.22129E-06
2.2E-06	2.06705E-06	2.23182E-06	2.219E-06	2.21785E-06	2.22E-06	2.22204E-06	2.22334E-06	2.22343E-06	2.22275E-06
2.2E-06	2.32115E-06	2.2109E-06	2.2296E-06	2.2222E-06	2.22E-06	2.2234E-06	2.2231E-06	2.22112E-06	2.22222E-06
2.22E-06	2.3684E-06	2.2348E-06	2.216E-06	2.22618E-06	2.22E-06	2.22409E-06	2.22095E-06	2.22305E-06	2.22174E-06
2.24E-06	1.87087E-06	2.20881E-06	2.2233E-06	2.22438E-06	2.22E-06	2.22383E-06	2.22177E-06	2.2218E-06	2.2213E-06
2.25E-06	2.22943E-06	2.23609E-06	2.2265E-06	2.221979E-06	2.22E-06	2.22284E-06	2.22351E-06	2.22221E-06	2.22141E-06
2.23E-06	3.63614E-06	2.20824E-06	2.2159E-06	2.21893E-06	2.22E-06	2.22164E-06	2.22227E-06	2.22264E-06	2.22281E-06
2.21E-06	2.87631E-06	2.23601E-06	2.2262E-06	2.22266E-06	2.22E-06	2.22081E-06	2.22102E-06	2.22151E-06	2.22203E-06
2.2E-06	2.14345E-06	2.20889E-06	2.223E-06	2.22547E-06	2.22E-06	2.22072E-06	2.22251E-06	2.22309E-06	2.222E-06
2.21E-06	2.04117E-06	2.23487E-06	2.2177E-06	2.22358E-06	2.22E-06	2.22134E-06	2.22325E-06	2.22136E-06	2.22276E-06
2.23E-06	2.36021E-06	2.21044E-06	2.2272E-06	2.21998E-06	2.22E-06	2.22234E-06	2.22167E-06	2.22293E-06	2.22156E-06
2.25E-06	2.24125E-06	2.23298E-06	2.2201E-06	2.21975E-06	2.22E-06	2.2232E-06	2.22143E-06	2.22178E-06	2.2228E-06
2.24E-06	2.12116E-06	2.2126E-06	2.2203E-06	2.22294E-06	2.22E-06	2.22354E-06	2.22296E-06	2.22234E-06	2.22191E-06
2.21E-06	2.27834E-06	2.23062E-06	2.2266E-06	2.22489E-06	2.22E-06	2.22322E-06	2.22275E-06	2.22242E-06	2.22219E-06
2.2E-06	2.25577E-06	2.2151E-06	2.2185E-06	2.22301E-06	2.22E-06	2.22245E-06	2.22139E-06	2.22176E-06	2.22256E-06
2.2E-06	2.15608E-06	2.22804E-06	2.2228E-06	2.22019E-06	2.22E-06	2.22163E-06	2.22196E-06	2.22284E-06	2.22171E-06
2.23E-06	2.24453E-06	2.2177E-06	2.2249E-06	2.22038E-06	2.22E-06	2.22115E-06	2.22306E-06	2.22156E-06	2.22275E-06
2.24E-06	2.25797E-06	2.22548E-06	2.2184E-06	2.2231E-06	2.22E-06	2.22121E-06	2.2223E-06	2.22281E-06	2.22185E-06
2.24E-06	2.17766E-06	2.22019E-06	2.2246E-06	2.22441E-06	2.22E-06	2.22175E-06	2.22144E-06	2.2218E-06	2.22233E-06
2.22E-06	2.22648E-06	2.22309E-06	2.2227E-06	2.2226E-06	2.22E-06	2.22247E-06	2.22244E-06	2.22241E-06	2.22239E-06
2.2E-06	2.25588E-06	2.22243E-06	2.2193E-06	2.2204E-06	2.22E-06	2.22303E-06	2.22289E-06	2.22228E-06	2.22185E-06
2.2E-06	2.19306E-06	2.22104E-06	2.2254E-06	2.22087E-06	2.22E-06	2.22316E-06	2.22183E-06	2.22194E-06	2.22267E-06
2.22E-06	2.21605E-06	2.22428E-06	2.2209E-06	2.22318E-06	2.22E-06	2.22284E-06	2.22171E-06	2.22266E-06	2.22184E-06
2.24E-06	2.25183E-06	2.2194E-06	2.2209E-06	2.224E-06	2.22E-06	2.22224E-06	2.22273E-06	2.22171E-06	2.22242E-06
2.25E-06	2.2047E-06	2.22569E-06	2.2251E-06	2.22231E-06	2.22E-06	2.22168E-06	2.22256E-06	2.22271E-06	2.22226E-06
2.23E-06	2.21016E-06	2.21823E-06	2.2198E-06	2.22061E-06	2.22E-06	2.22141E-06	2.22165E-06	2.22184E-06	2.22198E-06
2.21E-06	2.24684E-06	2.22662E-06	2.2226E-06	2.22126E-06	2.22E-06	2.22154E-06	2.22206E-06	2.22244E-06	2.22258E-06
2.2E-06	2.21362E-06	2.21755E-06	2.224E-06	2.2232E-06	2.22E-06	2.22199E-06	2.2228E-06	2.22219E-06	2.22186E-06
2.21E-06	2.20727E-06	2.22707E-06	2.2197E-06	2.22366E-06	2.22E-06	2.22253E-06	2.22221E-06	2.22207E-06	2.22247E-06
2.24E-06	2.24152E-06	2.21732E-06	2.2238E-06	2.22209E-06	2.22E-06	2.22288E-06	2.22168E-06	2.22253E-06	2.22216E-06
2.25E-06	2.22037E-06	2.22708E-06	2.2226E-06	2.22081E-06	2.22E-06	2.2229E-06	2.22239E-06	2.22183E-06	2.22209E-06
2.24E-06	2.20648E-06	2.2175E-06	2.2202E-06	2.22156E-06	2.22E-06	2.22259E-06	2.22268E-06	2.22263E-06	2.22249E-06

# Прилог 31-21

Fn	fp	n	tob	m	$\omega_1$	$\Omega$
50	0.02	1	0.05	200	150	
	$\delta_1$	$\Theta_1$	$\Sigma$	x1	N1	t
	0.7	-1.570171327	7.72715E-07	2.99494E-06	1.42175E-06	1

$(\Omega=10)(\delta=0.7)$	$(\Omega=9)(\delta=0.7)$	$(\Omega=15)(\delta=0.7)$	$(\Omega=5)(\delta=0.7)$	$(\Omega=11)(\delta=0.7)$
2.99494E-06	1.63606E-06	1.29147E-06	3.58115E-06	3.64529E-06
1.5648E-06	2.76201E-06	2.95082E-06	2.60858E-06	2.22761E-06
2.70795E-06	1.75564E-06	1.78189E-06	1.91197E-06	1.72645E-06
1.9377E-06	2.5945E-06	2.34884E-06	1.89351E-06	2.21653E-06
2.30686E-06	1.95803E-06	2.37075E-06	2.26122E-06	2.54922E-06
2.30663E-06	2.3728E-06	1.89127E-06	2.46509E-06	2.2285E-06
2.02309E-06	2.18229E-06	2.60573E-06	2.31334E-06	1.94776E-06
2.46777E-06	2.16258E-06	1.94529E-06	2.07996E-06	2.21492E-06
2.00159E-06	2.36328E-06	2.11284E-06	2.07545E-06	2.50074E-06
2.35368E-06	2.02365E-06	1.28266E-05	2.26454E-06	2.23124E-06
2.23042E-06	2.4501E-06	2.83017E-06	2.37086E-06	1.85405E-06
2.0376E-06	1.99656E-06	2.00351E-06	2.26443E-06	2.21349E-06
2.62346E-06	2.41018E-06	2.25955E-06	2.11101E-06	3.41006E-06
1.44637E-06	2.1176E-06	2.2702E-06	2.12266E-06	1.78896E-06
9.29179E-06	2.15659E-06	2.15233E-06	2.27173E-06	2.66805E-06
2.31735E-06	2.88003E-06	2.27601E-06	2.345E-06	2.24563E-06
2.33375E-06	3.52462E-06	2.1996E-06	2.24287E-06	2.07271E-06
2.07642E-06	1.76742E-06	2.2163E-06	2.11191E-06	2.21204E-06
2.34531E-06	2.46664E-06	2.24419E-06	2.13814E-06	2.30097E-06
2.14349E-06	2.091E-06	2.19864E-06	2.28795E-06	2.22838E-06
2.25421E-06	2.27965E-06	2.23703E-06	2.35006E-06	2.17335E-06
2.22782E-06	2.21389E-06	2.21992E-06	2.22632E-06	2.21795E-06
2.19378E-06	2.20012E-06	2.21448E-06	2.08028E-06	2.25538E-06
2.25808E-06	2.25996E-06	2.23409E-06	2.12991E-06	2.22542E-06
2.19138E-06	2.18029E-06	2.21236E-06	2.34001E-06	2.19841E-06
2.24062E-06	2.26017E-06	2.22631E-06	2.42284E-06	2.21971E-06
2.21828E-06	2.19337E-06	2.22438E-06	2.18576E-06	2.24003E-06
2.2142E-06	2.23969E-06	2.21613E-06	1.83429E-06	2.22426E-06
2.23703E-06	2.21613E-06	2.22877E-06	1.96933E-06	2.20849E-06
2.2065E-06	2.21867E-06	2.21818E-06	5.75701E-06	2.22053E-06
2.23406E-06	2.23262E-06	2.22247E-06	1.59981E-06	2.23307E-06
2.21695E-06	2.20819E-06	2.22516E-06	2.26979E-06	2.22365E-06
2.22068E-06	2.23679E-06	2.21797E-06	2.42487E-06	2.21349E-06
2.2288E-06	2.20964E-06	2.22567E-06	2.27798E-06	2.22099E-06
2.21348E-06	2.2311E-06	2.22097E-06	2.1346E-06	2.22937E-06
2.23013E-06	2.21783E-06	2.22109E-06	2.14932E-06	2.22329E-06
2.21736E-06	2.22219E-06	2.22485E-06	2.24613E-06	2.21629E-06
2.2231E-06	2.22591E-06	2.2195E-06	2.28377E-06	2.22128E-06
2.22494E-06	2.21611E-06	2.2238E-06	2.23466E-06	2.2272E-06
2.21728E-06	2.22934E-06	2.22232E-06	2.18286E-06	2.22306E-06
2.22756E-06	2.21545E-06	2.22073E-06	2.19338E-06	2.218E-06
2.21816E-06	2.22757E-06	2.22423E-06	2.23822E-06	2.22148E-06
2.22397E-06	2.21899E-06	2.22066E-06	2.2529E-06	2.22583E-06
2.22298E-06	2.2231E-06	2.22269E-06	2.22502E-06	2.22289E-06
2.21953E-06	2.22351E-06	2.22292E-06	2.19892E-06	2.21911E-06
2.22578E-06	2.21928E-06	2.22083E-06	2.208E-06	2.22161E-06
2.219E-06	2.2261E-06	2.22359E-06	2.23407E-06	2.22493E-06
2.22418E-06	2.21818E-06	2.22149E-06	2.24015E-06	2.22278E-06

# Прилог 31-22

2.22197E-06	2.22572E-06	2.22206E-06	2.22161E-06	2.21986E-06
2.2209E-06	2.2198E-06	2.2231E-06	2.2068E-06	2.22172E-06
2.22452E-06	2.2233E-06	2.22111E-06	2.21468E-06	2.2243E-06
2.21976E-06	2.22251E-06	2.22303E-06	2.23142E-06	2.22269E-06
2.22408E-06	2.22077E-06	2.22205E-06	2.23352E-06	2.22038E-06
2.22147E-06	2.22446E-06	2.22175E-06	2.22025E-06	2.2218E-06
2.22176E-06	2.21967E-06	2.22305E-06	2.2114E-06	2.22386E-06
2.22362E-06	2.22462E-06	2.22145E-06	2.21821E-06	2.22262E-06
2.22041E-06	2.22037E-06	2.22259E-06	2.22954E-06	2.22076E-06
2.22385E-06	2.22327E-06	2.22239E-06	2.22963E-06	2.22186E-06
2.22126E-06	2.22207E-06	2.22165E-06	2.21972E-06	2.22353E-06
2.22229E-06	2.22154E-06	2.22289E-06	2.21436E-06	2.22256E-06
2.22298E-06	2.22353E-06	2.22176E-06	2.22024E-06	2.22105E-06
2.22095E-06	2.22056E-06	2.22228E-06	2.22814E-06	2.22191E-06
2.22356E-06	2.22391E-06	2.22256E-06	2.22716E-06	2.22328E-06
2.22123E-06	2.22079E-06	2.22169E-06	2.21959E-06	2.22252E-06
2.22259E-06	2.22317E-06	2.22269E-06	2.21639E-06	2.22126E-06
2.22253E-06	2.22187E-06	2.22203E-06	2.22145E-06	2.22194E-06
2.22139E-06	2.22197E-06	2.22208E-06	2.22705E-06	2.22309E-06
2.22327E-06	2.22298E-06	2.22261E-06	2.22551E-06	2.22248E-06
2.22129E-06	2.22113E-06	2.22179E-06	2.21964E-06	2.22143E-06
2.22275E-06	2.22343E-06	2.2225E-06	2.21785E-06	2.22198E-06
2.22222E-06	2.22112E-06	2.22222E-06	2.2222E-06	2.22295E-06
2.22174E-06	2.22305E-06	2.22197E-06	2.22618E-06	2.22245E-06
2.223E-06	2.2218E-06	2.22259E-06	2.22438E-06	2.22156E-06
2.22141E-06	2.22221E-06	2.22192E-06	2.21979E-06	2.222E-06
2.22281E-06	2.22264E-06	2.22233E-06	2.21893E-06	2.22283E-06
2.22203E-06	2.22151E-06	2.22235E-06	2.22266E-06	2.22243E-06
2.222E-06	2.22309E-06	2.22194E-06	2.22547E-06	2.22166E-06
2.22276E-06	2.22136E-06	2.22252E-06	2.22358E-06	2.22203E-06
2.22156E-06	2.22293E-06	2.22205E-06	2.21998E-06	2.22274E-06
2.2228E-06	2.22178E-06	2.2222E-06	2.21975E-06	2.22241E-06
2.22191E-06	2.22234E-06	2.22242E-06	2.22294E-06	2.22175E-06
2.22219E-06	2.22242E-06	2.22196E-06	2.22489E-06	2.22205E-06
2.22256E-06	2.22176E-06	2.22242E-06	2.22301E-06	2.22266E-06
2.22171E-06	2.22284E-06	2.22217E-06	2.22019E-06	2.22239E-06
2.22275E-06	2.22156E-06	2.22211E-06	2.22038E-06	2.22181E-06
2.22185E-06	2.22281E-06	2.22243E-06	2.2231E-06	2.22206E-06
2.22233E-06	2.2218E-06	2.22202E-06	2.22441E-06	2.2226E-06
2.22239E-06	2.22241E-06	2.22233E-06	2.2226E-06	2.22237E-06
2.22185E-06	2.22228E-06	2.22226E-06	2.2204E-06	2.22187E-06
2.22267E-06	2.22194E-06	2.22207E-06	2.22087E-06	2.22208E-06
2.22184E-06	2.22266E-06	2.22241E-06	2.22318E-06	2.22255E-06
2.22242E-06	2.22171E-06	2.22209E-06	2.224E-06	2.22236E-06
2.22226E-06	2.22271E-06	2.22225E-06	2.22231E-06	2.22192E-06
2.22198E-06	2.22184E-06	2.22232E-06	2.22061E-06	2.22209E-06
2.22258E-06	2.22244E-06	2.22206E-06	2.22126E-06	2.22251E-06
2.22186E-06	2.22219E-06	2.22237E-06	2.2232E-06	2.22235E-06
2.22247E-06	2.22207E-06	2.22215E-06	2.22366E-06	2.22195E-06
2.22216E-06	2.22253E-06	2.22218E-06	2.22209E-06	2.2221E-06
2.22209E-06	2.22183E-06	2.22234E-06	2.22081E-06	2.22247E-06
2.22249E-06	2.22263E-06	2.22208E-06	2.22156E-06	2.22234E-06

# Прилог 32

$F_n$	$f_p$	$n$	$t_{ob}$	$m$	$\omega_1$	$\Omega$	$\delta_1$	$\theta_1$	$\Sigma$	$x_1$	$N_1$	$t$
50	0.02	1	0.05	200	150	10		-1.570171	7.73E-07	2.99494E-06	1.42175E-06	1

$(\Omega=10)(\delta=10)$	$(\Omega=10)(\delta=5)$	$(\Omega=10)(\delta=1)$	$(\Omega=10)(\delta=0.1)$	$(\Omega=10)(\delta=0.01)$
2.98497E-06	2.99034E-06	2.99462E-06	2.99558E-06	2.99567E-06
1.56996E-06	1.56714E-06	1.56496E-06	1.56448E-06	1.56443E-06
2.70954E-06	2.70877E-06	2.70802E-06	2.70783E-06	2.70781E-06
1.92908E-06	1.93362E-06	1.93741E-06	1.93828E-06	1.93836E-06
2.3209E-06	2.31341E-06	2.30732E-06	2.30593E-06	2.3058E-06
2.29057E-06	2.29926E-06	2.30612E-06	2.30766E-06	2.30781E-06
2.03637E-06	2.02899E-06	2.02349E-06	2.0223E-06	2.02218E-06
2.46288E-06	2.46601E-06	2.46768E-06	2.46794E-06	2.46797E-06
1.99236E-06	1.99654E-06	2.00119E-06	2.0024E-06	2.00252E-06
2.38229E-06	2.36788E-06	2.35471E-06	2.35158E-06	2.35127E-06
2.1777E-06	2.20531E-06	2.22865E-06	2.23395E-06	2.23448E-06
2.12E-06	2.07474E-06	2.04005E-06	2.03278E-06	2.03207E-06
2.49558E-06	2.57291E-06	2.62079E-06	2.62835E-06	2.62903E-06
1.74674E-06	1.53789E-06	1.44557E-06	1.45188E-06	1.45316E-06
2.71709E-06	3.21196E-06	7.17092E-06	5.17092E-06	0.000497092
1.97737E-06	2.07817E-06	2.29764E-06	2.35663E-06	2.36246E-06
2.41511E-06	2.38513E-06	2.33795E-06	2.32515E-06	2.32384E-06
2.06142E-06	2.0648E-06	2.07535E-06	2.07866E-06	2.079E-06
2.33841E-06	2.34396E-06	2.34533E-06	2.34522E-06	2.3452E-06
2.15633E-06	2.14878E-06	2.14381E-06	2.14286E-06	2.14277E-06
2.24224E-06	2.24878E-06	2.25384E-06	2.25494E-06	2.25505E-06
2.23622E-06	2.23182E-06	2.22811E-06	2.22726E-06	2.22717E-06
2.18948E-06	2.19162E-06	2.19363E-06	2.19411E-06	2.19416E-06
2.25896E-06	2.25864E-06	2.25813E-06	2.25798E-06	2.25797E-06
2.19273E-06	2.19191E-06	2.19141E-06	2.19132E-06	2.19131E-06
2.23828E-06	2.23958E-06	2.24055E-06	2.24076E-06	2.24078E-06
2.22059E-06	2.21934E-06	2.21835E-06	2.21813E-06	2.2181E-06
2.21255E-06	2.21341E-06	2.21414E-06	2.21431E-06	2.21433E-06
2.23777E-06	2.2374E-06	2.23706E-06	2.23697E-06	2.23696E-06
2.20659E-06	2.20651E-06	2.2065E-06	2.2065E-06	2.2065E-06
2.2334E-06	2.23377E-06	2.23404E-06	2.23409E-06	2.2341E-06
2.21782E-06	2.21735E-06	2.21698E-06	2.2169E-06	2.21689E-06
2.21991E-06	2.22032E-06	2.22066E-06	2.22074E-06	2.22074E-06
2.22929E-06	2.22904E-06	2.22882E-06	2.22877E-06	2.22877E-06
2.21336E-06	2.21342E-06	2.21348E-06	2.21349E-06	2.2135E-06
2.22995E-06	2.23006E-06	2.23013E-06	2.23014E-06	2.23014E-06
2.21772E-06	2.21752E-06	2.21737E-06	2.21733E-06	2.21733E-06
2.22271E-06	2.22292E-06	2.22309E-06	2.22313E-06	2.22313E-06
2.22525E-06	2.22509E-06	2.22495E-06	2.22492E-06	2.22492E-06
2.21714E-06	2.21721E-06	2.21728E-06	2.21729E-06	2.21729E-06
2.22753E-06	2.22755E-06	2.22755E-06	2.22756E-06	2.22756E-06
2.21831E-06	2.21823E-06	2.21816E-06	2.21815E-06	2.21815E-06
2.22376E-06	2.22388E-06	2.22397E-06	2.22399E-06	2.22399E-06
2.22318E-06	2.22307E-06	2.22299E-06	2.22297E-06	2.22297E-06
2.2194E-06	2.21947E-06	2.21952E-06	2.21953E-06	2.21954E-06
2.22581E-06	2.22579E-06	2.22578E-06	2.22578E-06	2.22578E-06
2.21905E-06	2.21902E-06	2.219E-06	2.21899E-06	2.21899E-06
2.22407E-06	2.22413E-06	2.22418E-06	2.22419E-06	2.22419E-06
2.22209E-06	2.22203E-06	2.22197E-06	2.22196E-06	2.22196E-06
2.22081E-06	2.22086E-06	2.2209E-06	2.22091E-06	2.22091E-06
2.22457E-06	2.22454E-06	2.22452E-06	2.22452E-06	2.22452E-06
2.21977E-06	2.21976E-06	2.21976E-06	2.21976E-06	2.21976E-06
2.22403E-06	2.22406E-06	2.22408E-06	2.22408E-06	2.22409E-06
2.22155E-06	2.2215E-06	2.22147E-06	2.22146E-06	2.22146E-06
2.22169E-06	2.22173E-06	2.22176E-06	2.22177E-06	2.22177E-06
2.22367E-06	2.22364E-06	2.22362E-06	2.22362E-06	2.22362E-06
2.2204E-06	2.2204E-06	2.22041E-06	2.22041E-06	2.22041E-06
2.22382E-06	2.22384E-06	2.22385E-06	2.22385E-06	2.22385E-06
2.22131E-06	2.22128E-06	2.22126E-06	2.22126E-06	2.22126E-06
2.22224E-06	2.22226E-06	2.22229E-06	2.22229E-06	2.22229E-06
2.22302E-06	2.223E-06	2.22298E-06	2.22298E-06	2.22298E-06
2.22093E-06	2.22094E-06	2.22095E-06	2.22095E-06	2.22095E-06
2.22356E-06	2.22356E-06	2.22356E-06	2.22356E-06	2.22356E-06
2.22126E-06	2.22124E-06	2.22123E-06	2.22123E-06	2.22123E-06
2.22256E-06	2.22258E-06	2.22259E-06	2.2226E-06	2.2226E-06
2.22256E-06	2.22255E-06	2.22253E-06	2.22253E-06	2.22253E-06
2.22137E-06	2.22138E-06	2.22139E-06	2.22139E-06	2.22139E-06
2.22328E-06	2.22328E-06	2.22327E-06	2.22327E-06	2.22327E-06
2.22131E-06	2.2213E-06	2.22129E-06	2.22129E-06	2.22129E-06
2.22273E-06	2.22274E-06	2.22275E-06	2.22275E-06	2.22275E-06
2.22225E-06	2.22224E-06	2.22223E-06	2.22222E-06	2.22222E-06
2.22172E-06	2.22173E-06	2.22173E-06	2.22174E-06	2.22174E-06
2.22301E-06	2.22301E-06	2.223E-06	2.223E-06	2.223E-06
2.22142E-06	2.22141E-06	2.22141E-06	2.22141E-06	2.22141E-06
2.22279E-06	2.2228E-06	2.22281E-06	2.22281E-06	2.22281E-06
2.22204E-06	2.22203E-06	2.22203E-06	2.22202E-06	2.22202E-06
2.22198E-06	2.22199E-06	2.222E-06	2.222E-06	2.222E-06
2.22277E-06	2.22277E-06	2.22276E-06	2.22276E-06	2.22276E-06
2.22155E-06	2.22156E-06	2.22156E-06	2.22156E-06	2.22156E-06
2.22279E-06	2.22279E-06	2.2228E-06	2.2228E-06	2.2228E-06
2.22192E-06	2.22191E-06	2.22191E-06	2.22191E-06	2.22191E-06
2.22218E-06	2.22219E-06	2.22219E-06	2.2222E-06	2.2222E-06
2.22257E-06	2.22256E-06	2.22256E-06	2.22256E-06	2.22256E-06
2.2217E-06	2.2217E-06	2.22171E-06	2.22171E-06	2.22171E-06
2.22274E-06	2.22275E-06	2.22275E-06	2.22275E-06	2.22275E-06
2.22186E-06	2.22186E-06	2.22185E-06	2.22185E-06	2.22185E-06
2.22232E-06	2.22233E-06	2.22233E-06	2.22233E-06	2.22233E-06
2.2224E-06	2.22239E-06	2.22239E-06	2.22239E-06	2.22239E-06
2.22184E-06	2.22185E-06	2.22185E-06	2.22185E-06	2.22185E-06
2.22267E-06	2.22267E-06	2.22267E-06	2.22267E-06	2.22267E-06
2.22185E-06	2.22185E-06	2.22184E-06	2.22184E-06	2.22184E-06
2.22241E-06	2.22241E-06	2.22242E-06	2.22242E-06	2.22242E-06
2.22227E-06	2.22226E-06	2.22226E-06	2.22226E-06	2.22226E-06
2.22197E-06	2.22198E-06	2.22198E-06	2.22198E-06	2.22198E-06
2.22258E-06	2.22258E-06	2.22258E-06	2.22258E-06	2.22258E-06
2.22187E-06	2.22187E-06	2.22186E-06	2.22186E-06	2.22186E-06
2.22246E-06	2.22246E-06	2.22247E-06	2.22247E-06	2.22247E-06
2.22217E-06	2.22216E-06	2.22216E-06	2.22216E-06	2.22216E-06
2.22209E-06	2.22209E-06	2.22209E-06	2.22209E-06	2.22209E-06
2.2225E-06	2.22249E-06	2.22249E-06	2.22249E-06	2.22249E-06

# Прилог 33

$F_n$	$f_p$	$n$	$t_{ob}$	$m$	$\omega_1$	$\Omega$	$\delta_1$	$\Theta_1$	$\Sigma$	$x_1$	$N_1$	$t$
50	0.02	1	0.05	200		15	0.7	-1.570171	7.72715E-07	2.99494E-06	1.42175E-06	1

$\phi=100$	$\phi=150$	$\phi=200$	$\phi=250$
2.87604E-06	1.29147E-06	7.29005E-07	4.67315E-07
6.73011E-06	2.95082E-06	1.65245E-06	1.05543E-06
3.87294E-06	1.78189E-06	1.01238E-06	6.5073E-07
5.36358E-06	2.34884E-06	1.31619E-06	8.41019E-07
5.59642E-06	2.37075E-06	1.32237E-06	8.43618E-07
2.43081E-06	1.89127E-06	1.10096E-06	7.12671E-07
6.2868E-07	2.60573E-06	1.4022E-06	8.85719E-07
5.55263E-06	1.94529E-06	1.16055E-06	7.52183E-07
5.02816E-06	2.11284E-06	1.23424E-06	7.92598E-07
4.82091E-06	1.28266E-05	1.3816E-06	8.57208E-07
5.16753E-06	2.83017E-06	1.02367E-06	7.18074E-07
4.90429E-06	2.00351E-06	1.52253E-06	8.70191E-07
5.02001E-06	2.25955E-06	1.14703E-06	7.79126E-07
5.03069E-06	2.2702E-06	1.47319E-06	7.40445E-07
4.95154E-06	2.15233E-06	1.06648E-06	9.67916E-07
5.03963E-06	2.27601E-06	1.35759E-06	4.26777E-07
4.98257E-06	2.1996E-06	1.21118E-06	3.42977E-07
4.99521E-06	2.2163E-06	1.24114E-06	7.76169E-07
5.01813E-06	2.24419E-06	1.28121E-06	8.68034E-07
4.9801E-06	2.19864E-06	1.21816E-06	7.42104E-07
5.01272E-06	2.23703E-06	1.26921E-06	8.31096E-07
4.99799E-06	2.21992E-06	1.24708E-06	7.95562E-07
4.99314E-06	2.21448E-06	1.24056E-06	7.86851E-07
5.01063E-06	2.23409E-06	1.26418E-06	8.1892E-07
4.99108E-06	2.21236E-06	1.23842E-06	7.8507E-07
5.00372E-06	2.22631E-06	1.25473E-06	8.05929E-07
5.00198E-06	2.22438E-06	1.25245E-06	8.02985E-07
4.99436E-06	2.21613E-06	1.24313E-06	7.91773E-07
5.00609E-06	2.22877E-06	1.25732E-06	8.08617E-07
4.99622E-06	2.21818E-06	1.24552E-06	7.94794E-07
5.00024E-06	2.22247E-06	1.25028E-06	8.00324E-07
5.00277E-06	2.22516E-06	1.25321E-06	8.03633E-07
4.99598E-06	2.21797E-06	1.24539E-06	7.94821E-07
5.00328E-06	2.22567E-06	1.25372E-06	8.04148E-07
4.9988E-06	2.22097E-06	1.24865E-06	7.98506E-07
4.99892E-06	2.22109E-06	1.24879E-06	7.98674E-07
5.00252E-06	2.22485E-06	1.2528E-06	8.03056E-07
4.99739E-06	2.2195E-06	1.24711E-06	7.96867E-07
5.00152E-06	2.2238E-06	1.25167E-06	8.01805E-07
5.0001E-06	2.22232E-06	1.2501E-06	8.00111E-07
4.99856E-06	2.22073E-06	1.24844E-06	7.98324E-07
5.00195E-06	2.22423E-06	1.25211E-06	8.02253E-07
4.99849E-06	2.22066E-06	1.24837E-06	7.98265E-07
5.00045E-06	2.22269E-06	1.25048E-06	8.00514E-07
5.00068E-06	2.22292E-06	1.25073E-06	8.00767E-07
4.99865E-06	2.22083E-06	1.24855E-06	7.98473E-07
5.00133E-06	2.22359E-06	1.25142E-06	8.01496E-07
4.99929E-06	2.22149E-06	1.24924E-06	7.99206E-07
4.99984E-06	2.22206E-06	1.24983E-06	7.99823E-07
5.00086E-06	2.2231E-06	1.25091E-06	8.00947E-07
4.99891E-06	2.22111E-06	1.24886E-06	7.98806E-07
5.00079E-06	2.22303E-06	1.25084E-06	8.0087E-07
4.99983E-06	2.22205E-06	1.24982E-06	7.99812E-07
4.99954E-06	2.22175E-06	1.24952E-06	7.99499E-07
5.00082E-06	2.22305E-06	1.25085E-06	8.00885E-07
4.99924E-06	2.22145E-06	1.2492E-06	7.99177E-07
5.00036E-06	2.22259E-06	1.25038E-06	8.00392E-07
5.00016E-06	2.22239E-06	1.25017E-06	8.00172E-07
4.99944E-06	2.22165E-06	1.24942E-06	7.99401E-07
5.00066E-06	2.22289E-06	1.25069E-06	8.00709E-07
4.99955E-06	2.22176E-06	1.24953E-06	7.99517E-07
5.00005E-06	2.22228E-06	1.25006E-06	8.00058E-07
5.00033E-06	2.22256E-06	1.25034E-06	8.00353E-07
4.99947E-06	2.22169E-06	1.24945E-06	7.99438E-07
5.00047E-06	2.22269E-06	1.25048E-06	8.00494E-07
4.99981E-06	2.22203E-06	1.2498E-06	7.99795E-07
4.99986E-06	2.22208E-06	1.24985E-06	7.99848E-07
5.00039E-06	2.22261E-06	1.2504E-06	8.00407E-07
4.99957E-06	2.22179E-06	1.24956E-06	7.99548E-07
5.00027E-06	2.2225E-06	1.25028E-06	8.00285E-07
5E-06	2.22222E-06	1.25E-06	7.99999E-07
4.99975E-06	2.22197E-06	1.24975E-06	7.9974E-07
5.00036E-06	2.22259E-06	1.25037E-06	8.00379E-07
4.9997E-06	2.22192E-06	1.24969E-06	7.99687E-07
5.0001E-06	2.22233E-06	1.25011E-06	8.00108E-07
5.00013E-06	2.22235E-06	1.25013E-06	8.00131E-07
4.99972E-06	2.22194E-06	1.24971E-06	7.99709E-07
5.00029E-06	2.22252E-06	1.2503E-06	8.00303E-07
4.99983E-06	2.22205E-06	1.24983E-06	7.99825E-07
4.99998E-06	2.2222E-06	1.24998E-06	7.99975E-07
5.00019E-06	2.22242E-06	1.2502E-06	8.00199E-07
4.99974E-06	2.22196E-06	1.24974E-06	7.99733E-07
5.0002E-06	2.22242E-06	1.2502E-06	8.00207E-07
4.99995E-06	2.22217E-06	1.24995E-06	7.99945E-07
4.99989E-06	2.22211E-06	1.24989E-06	7.99888E-07
5.00021E-06	2.22243E-06	1.25021E-06	8.00215E-07
4.9999E-06	2.22202E-06	1.24979E-06	7.99789E-07
5.00011E-06	2.22233E-06	1.25011E-06	8.00109E-07
5.00004E-06	2.22226E-06	1.25004E-06	8.00036E-07
4.99985E-06	2.22207E-06	1.24985E-06	7.99845E-07
5.00019E-06	2.22241E-06	1.25019E-06	8.00194E-07
4.99986E-06	2.22209E-06	1.24986E-06	7.9986E-07
5.00002E-06	2.22225E-06	1.25002E-06	8.00024E-07
5.00009E-06	2.22232E-06	1.25009E-06	8.00096E-07
4.99984E-06	2.22206E-06	1.24984E-06	7.99837E-07
5.00015E-06	2.22237E-06	1.25015E-06	8.00151E-07
4.99993E-06	2.22215E-06	1.24993E-06	7.99931E-07
4.99996E-06	2.22218E-06	1.24996E-06	7.9996E-07
5.00012E-06	2.22234E-06	1.25012E-06	8.00124E-07
4.99986E-06	2.22208E-06	1.24986E-06	7.99855E-07



# Прилог 34

$F_n$	$f_p$	$n$	$t_{ob}$	$m$	$\omega_1$	$\Omega$	$\delta_1$	$\Theta_1$	$\Sigma$	$x_1$	$N_1$	$t$
50	0.02	1	0.05		150	15	0.7	-1.570171	7.72715E-07	2.99494E-06	1.42175E-06	1

$m=100$	$m=200$	$m=300$	$m=400$
5.75208E-06	2.87604E-06	1.91736E-06	1.43802E-06
1.34602E-05	6.73011E-06	4.48674E-06	3.36505E-06
7.74587E-06	3.87294E-06	2.58196E-06	1.93647E-06
1.07272E-05	5.36358E-06	3.57572E-06	2.68179E-06
1.11928E-05	5.59642E-06	3.73095E-06	2.79821E-06
4.86162E-06	2.43081E-06	1.62054E-06	1.21541E-06
1.25736E-06	6.2868E-07	4.1912E-07	3.1434E-07
1.11053E-05	5.55263E-06	3.70175E-06	2.77631E-06
1.00563E-05	5.02816E-06	3.3521E-06	2.51408E-06
9.64182E-06	4.82091E-06	3.21394E-06	2.41045E-06
1.03351E-05	5.16753E-06	3.44502E-06	2.58377E-06
9.80859E-06	4.90429E-06	3.26953E-06	2.45215E-06
1.004E-05	5.02001E-06	3.34667E-06	2.51001E-06
1.00614E-05	5.03069E-06	3.35379E-06	2.51535E-06
9.90309E-06	4.95154E-06	3.30103E-06	2.47577E-06
1.00793E-05	5.03963E-06	3.35975E-06	2.51981E-06
9.96514E-06	4.98257E-06	3.32171E-06	2.49128E-06
9.99043E-06	4.99521E-06	3.33014E-06	2.49761E-06
1.00363E-05	5.01813E-06	3.34542E-06	2.50906E-06
9.9602E-06	4.9801E-06	3.32007E-06	2.49005E-06
1.00254E-05	5.01272E-06	3.34181E-06	2.50636E-06
9.99599E-06	4.99799E-06	3.332E-06	2.499E-06
9.98628E-06	4.99314E-06	3.32876E-06	2.49657E-06
1.00213E-05	5.01063E-06	3.34042E-06	2.50531E-06
9.98216E-06	4.99108E-06	3.32739E-06	2.49554E-06
1.00074E-05	5.00372E-06	3.33581E-06	2.50186E-06
1.0004E-05	5.00198E-06	3.33465E-06	2.50099E-06
9.98872E-06	4.99436E-06	3.32957E-06	2.49718E-06
1.00122E-05	5.00609E-06	3.33739E-06	2.50305E-06
9.99244E-06	4.99622E-06	3.33081E-06	2.49811E-06
1.00005E-05	5.00024E-06	3.33349E-06	2.50012E-06
1.00055E-05	5.00277E-06	3.33518E-06	2.50139E-06
9.99195E-06	4.99598E-06	3.33065E-06	2.49799E-06
1.00066E-05	5.00328E-06	3.33552E-06	2.50164E-06
9.99761E-06	4.9988E-06	3.33254E-06	2.4994E-06
9.99784E-06	4.99892E-06	3.33261E-06	2.49946E-06
1.0005E-05	5.00252E-06	3.33501E-06	2.50126E-06
9.99478E-06	4.99739E-06	3.33159E-06	2.49869E-06
1.0003E-05	5.00152E-06	3.33435E-06	2.50076E-06
1.00002E-05	5.0001E-06	3.3334E-06	2.50005E-06
9.99712E-06	4.99856E-06	3.33237E-06	2.49928E-06
1.00039E-05	5.00195E-06	3.33463E-06	2.50097E-06
9.99696E-06	4.99849E-06	3.33233E-06	2.49924E-06
1.00009E-05	5.00045E-06	3.33363E-06	2.50022E-06
1.00014E-05	5.00068E-06	3.33378E-06	2.50034E-06
9.99729E-06	4.99865E-06	3.33243E-06	2.49932E-06
1.00027E-05	5.00133E-06	3.33422E-06	2.50067E-06
9.99858E-06	4.99929E-06	3.33286E-06	2.49964E-06
9.99968E-06	4.99984E-06	3.33323E-06	2.49992E-06
1.00017E-05	5.00086E-06	3.3339E-06	2.50043E-06
9.99783E-06	4.99891E-06	3.33261E-06	2.49946E-06
1.00016E-05	5.00079E-06	3.33386E-06	2.5004E-06
9.99966E-06	4.99983E-06	3.33322E-06	2.49991E-06
9.99908E-06	4.99954E-06	3.33303E-06	2.49977E-06
1.00016E-05	5.00082E-06	3.33388E-06	2.50041E-06
9.99848E-06	4.99924E-06	3.33283E-06	2.49962E-06
1.00007E-05	5.00036E-06	3.33358E-06	2.50018E-06
1.00003E-05	5.00016E-06	3.33344E-06	2.50008E-06
9.99888E-06	4.99944E-06	3.33296E-06	2.49972E-06
1.00013E-05	5.00066E-06	3.33377E-06	2.50033E-06
9.9991E-06	4.99955E-06	3.33303E-06	2.49977E-06
1.00001E-05	5.00005E-06	3.33337E-06	2.50003E-06
1.00007E-05	5.00033E-06	3.33355E-06	2.50017E-06
9.99894E-06	4.99947E-06	3.33298E-06	2.49974E-06
1.00009E-05	5.00047E-06	3.33364E-06	2.50023E-06
9.99961E-06	4.99981E-06	3.3332E-06	2.4999E-06
9.99971E-06	4.99986E-06	3.33324E-06	2.49993E-06
1.00008E-05	5.00039E-06	3.33359E-06	2.50019E-06
9.99914E-06	4.99957E-06	3.33305E-06	2.49979E-06
1.00005E-05	5.00027E-06	3.33351E-06	2.50014E-06
1E-05	5E-06	3.33333E-06	2.5E-06
9.9995E-06	4.99975E-06	3.33317E-06	2.49988E-06
1.00007E-05	5.00036E-06	3.33357E-06	2.50018E-06
9.9994E-06	4.9997E-06	3.33313E-06	2.49985E-06
1.00002E-05	5.0001E-06	3.3334E-06	2.50005E-06
1.00003E-05	5.00013E-06	3.33342E-06	2.50006E-06
9.99944E-06	4.99972E-06	3.33315E-06	2.49986E-06
1.00006E-05	5.00029E-06	3.33353E-06	2.50015E-06
9.99966E-06	4.99983E-06	3.33322E-06	2.49992E-06
9.99995E-06	4.99998E-06	3.33332E-06	2.49999E-06
1.00004E-05	5.00019E-06	3.33346E-06	2.5001E-06
9.99948E-06	4.99974E-06	3.33316E-06	2.49987E-06
1.00004E-05	5.0002E-06	3.33347E-06	2.5001E-06
9.99989E-06	4.99995E-06	3.3333E-06	2.49997E-06
9.99978E-06	4.99989E-06	3.33326E-06	2.49995E-06
1.00004E-05	5.00021E-06	3.33347E-06	2.5001E-06
9.99959E-06	4.9998E-06	3.3332E-06	2.4999E-06
1.00002E-05	5.00011E-06	3.3334E-06	2.50005E-06
1.00001E-05	5.00004E-06	3.33336E-06	2.50002E-06
9.9997E-06	4.99985E-06	3.33323E-06	2.49992E-06
1.00004E-05	5.00019E-06	3.33346E-06	2.50009E-06
9.99973E-06	4.99986E-06	3.33324E-06	2.49993E-06
1E-05	5.00002E-06	3.33335E-06	2.50001E-06
1.00002E-05	5.00009E-06	3.3334E-06	2.50005E-06
9.99968E-06	4.99984E-06	3.33323E-06	2.49992E-06
1.00003E-05	5.00015E-06	3.33343E-06	2.50007E-06
9.99987E-06	4.99993E-06	3.33329E-06	2.49997E-06
9.99992E-06	4.99996E-06	3.33331E-06	2.49998E-06
1.00002E-05	5.00012E-06	3.33341E-06	2.50006E-06
9.99972E-06	4.99986E-06	3.33324E-06	2.49993E-06

# Прилог 35

Fn	fp	n	tob	m	$\omega_1$	$\Omega$	$\delta_1$	$\Theta_1$	$\Sigma$	x1	N1	t	
50	0.02	1			200	150	15	0.7	-1.570171	7.7271E-07	2.9949E-06	1.4217E-06	1

tob=0.01	tob=0.05	tob=0.1	tob=0.5
1.43802E-05	2.87604E-06	1.43802E-06	2.87604E-07
3.36505E-05	6.73011E-06	3.36505E-06	6.73011E-07
1.93647E-05	3.87294E-06	1.93647E-06	3.87294E-07
2.68179E-05	5.36358E-06	2.68179E-06	5.36358E-07
2.79821E-05	5.59642E-06	2.79821E-06	5.59642E-07
1.21541E-05	2.43081E-06	1.21541E-06	2.43081E-07
3.1434E-06	6.2868E-07	3.1434E-07	6.2868E-08
2.77631E-05	5.5263E-06	2.77631E-06	5.5263E-07
2.51408E-05	5.02816E-06	2.51408E-06	5.02816E-07
2.41045E-05	4.82091E-06	2.41045E-06	4.82091E-07
2.58377E-05	5.16753E-06	2.58377E-06	5.16753E-07
2.45215E-05	4.90429E-06	2.45215E-06	4.90429E-07
2.51001E-05	5.02001E-06	2.51001E-06	5.02001E-07
2.51535E-05	5.03069E-06	2.51535E-06	5.03069E-07
2.47577E-05	4.95154E-06	2.47577E-06	4.95154E-07
2.51981E-05	5.03963E-06	2.51981E-06	5.03963E-07
2.49128E-05	4.98257E-06	2.49128E-06	4.98257E-07
2.49761E-05	4.99521E-06	2.49761E-06	4.99521E-07
2.50906E-05	5.01813E-06	2.50906E-06	5.01813E-07
2.49005E-05	4.9801E-06	2.49005E-06	4.9801E-07
2.50636E-05	5.01272E-06	2.50636E-06	5.01272E-07
2.499E-05	4.99799E-06	2.499E-06	4.99799E-07
2.49657E-05	4.99314E-06	2.49657E-06	4.99314E-07
2.50531E-05	5.01063E-06	2.50531E-06	5.01063E-07
2.49554E-05	4.99108E-06	2.49554E-06	4.99108E-07
2.50186E-05	5.00372E-06	2.50186E-06	5.00372E-07
2.50099E-05	5.00198E-06	2.50099E-06	5.00198E-07
2.49718E-05	4.99436E-06	2.49718E-06	4.99436E-07
2.50305E-05	5.00609E-06	2.50305E-06	5.00609E-07
2.49811E-05	4.99622E-06	2.49811E-06	4.99622E-07
2.50012E-05	5.00024E-06	2.50012E-06	5.00024E-07
2.50139E-05	5.00277E-06	2.50139E-06	5.00277E-07
2.49799E-05	4.99598E-06	2.49799E-06	4.99598E-07
2.50164E-05	5.00328E-06	2.50164E-06	5.00328E-07
2.4994E-05	4.9988E-06	2.4994E-06	4.9988E-07
2.49946E-05	4.99892E-06	2.49946E-06	4.99892E-07
2.50126E-05	5.00252E-06	2.50126E-06	5.00252E-07
2.49869E-05	4.99739E-06	2.49869E-06	4.99739E-07
2.50076E-05	5.00152E-06	2.50076E-06	5.00152E-07
2.50005E-05	5.0001E-06	2.50005E-06	5.0001E-07
2.49928E-05	4.99856E-06	2.49928E-06	4.99856E-07
2.50097E-05	5.00195E-06	2.50097E-06	5.00195E-07
2.49924E-05	4.99849E-06	2.49924E-06	4.99849E-07
2.50022E-05	5.00045E-06	2.50022E-06	5.00045E-07
2.50034E-05	5.00068E-06	2.50034E-06	5.00068E-07
2.49932E-05	4.99865E-06	2.49932E-06	4.99865E-07
2.50067E-05	5.00133E-06	2.50067E-06	5.00133E-07
2.49964E-05	4.99929E-06	2.49964E-06	4.99929E-07
2.49992E-05	4.99984E-06	2.49992E-06	4.99984E-07
2.50043E-05	5.00086E-06	2.50043E-06	5.00086E-07
2.49946E-05	4.99891E-06	2.49946E-06	4.99891E-07
2.5004E-05	5.00079E-06	2.5004E-06	5.00079E-07
2.49991E-05	4.99983E-06	2.49991E-06	4.99983E-07
2.49977E-05	4.99954E-06	2.49977E-06	4.99954E-07
2.50041E-05	5.00082E-06	2.50041E-06	5.00082E-07
2.49962E-05	4.99924E-06	2.49962E-06	4.99924E-07
2.50018E-05	5.00036E-06	2.50018E-06	5.00036E-07
2.50008E-05	5.00016E-06	2.50008E-06	5.00016E-07
2.49972E-05	4.99944E-06	2.49972E-06	4.99944E-07
2.50033E-05	5.00066E-06	2.50033E-06	5.00066E-07
2.49977E-05	4.99955E-06	2.49977E-06	4.99955E-07
2.50003E-05	5.00005E-06	2.50003E-06	5.00005E-07
2.50017E-05	5.00033E-06	2.50017E-06	5.00033E-07
2.49974E-05	4.99947E-06	2.49974E-06	4.99947E-07
2.50023E-05	5.00047E-06	2.50023E-06	5.00047E-07
2.4999E-05	4.99981E-06	2.4999E-06	4.99981E-07
2.49993E-05	4.99986E-06	2.49993E-06	4.99986E-07
2.50019E-05	5.00039E-06	2.50019E-06	5.00039E-07
2.49979E-05	4.99957E-06	2.49979E-06	4.99957E-07
2.50014E-05	5.00027E-06	2.50014E-06	5.00027E-07
2.5E-05	5E-06	2.5E-06	5E-07
2.49988E-05	4.99975E-06	2.49988E-06	4.99975E-07
2.50018E-05	5.00036E-06	2.50018E-06	5.00036E-07
2.49985E-05	4.9997E-06	2.49985E-06	4.9997E-07
2.50005E-05	5.0001E-06	2.50005E-06	5.0001E-07
2.50006E-05	5.00013E-06	2.50006E-06	5.00013E-07
2.49986E-05	4.99972E-06	2.49986E-06	4.99972E-07
2.50015E-05	5.00029E-06	2.50015E-06	5.00029E-07
2.49992E-05	4.99983E-06	2.49992E-06	4.99983E-07
2.49999E-05	4.99998E-06	2.49999E-06	4.99998E-07
2.5001E-05	5.00019E-06	2.5001E-06	5.00019E-07
2.49987E-05	4.99974E-06	2.49987E-06	4.99974E-07
2.5001E-05	5.0002E-06	2.5001E-06	5.0002E-07
2.49997E-05	4.99995E-06	2.49997E-06	4.99995E-07
2.49995E-05	4.99989E-06	2.49995E-06	4.99989E-07
2.5001E-05	5.00021E-06	2.5001E-06	5.00021E-07
2.4999E-05	4.9998E-06	2.4999E-06	4.9998E-07
2.50005E-05	5.00011E-06	2.50005E-06	5.00011E-07
2.50002E-05	5.00004E-06	2.50002E-06	5.00004E-07
2.49992E-05	4.99985E-06	2.49992E-06	4.99985E-07
2.50009E-05	5.00019E-06	2.50009E-06	5.00019E-07
2.49993E-05	4.99986E-06	2.49993E-06	4.99986E-07
2.50001E-05	5.00002E-06	2.50001E-06	5.00002E-07
2.50005E-05	5.00009E-06	2.50005E-06	5.00009E-07
2.49992E-05	4.99984E-06	2.49992E-06	4.99984E-07
2.50007E-05	5.00015E-06	2.50007E-06	5.00015E-07
2.49997E-05	4.99993E-06	2.49997E-06	4.99993E-07
2.49998E-05	4.99996E-06	2.49998E-06	4.99996E-07
2.50006E-05	5.00012E-06	2.50006E-06	5.00012E-07
2.49993E-05	4.99986E-06	2.49993E-06	4.99986E-07

# Прилог 36

<b>Fn</b>	<b>fp</b>	<b>n</b>	<b>tob</b>	<b>m</b>	<b>ω1</b>	<b>Ω</b>	<b>δ1</b>	<b>Θ1</b>	<b>Σ</b>	<b>x1</b>	<b>N1</b>	<b>t</b>
	0.02	1	0.05	200	150	15	0.7	-1.570171	7.7271E-07	2.9949E-06	1.4217E-06	1

Fn=50kN	Fn=100kN	Fn=150kN	Fn=200kN
1.29147E-06	2.58293E-06	3.8744E-06	5.16586E-06
2.95082E-06	5.90164E-06	8.85246E-06	1.18033E-05
1.78189E-06	3.56379E-06	5.34568E-06	7.12758E-06
2.34884E-06	4.69768E-06	7.04652E-06	9.39536E-06
2.37075E-06	4.7415E-06	7.11225E-06	9.48299E-06
1.89127E-06	3.78255E-06	5.67382E-06	7.5651E-06
2.60573E-06	5.21146E-06	7.8172E-06	1.04229E-05
1.94529E-06	3.89058E-06	5.83587E-06	7.78116E-06
2.11284E-06	4.22568E-06	6.33852E-06	8.45135E-06
1.28266E-05	2.56531E-05	3.84797E-05	5.13063E-05
2.83017E-06	5.66034E-06	8.49052E-06	1.13207E-05
2.00351E-06	4.00702E-06	6.01054E-06	8.01405E-06
2.25955E-06	4.51909E-06	6.77864E-06	9.03819E-06
2.2702E-06	4.54041E-06	6.81061E-06	9.08082E-06
2.15233E-06	4.30466E-06	6.45699E-06	8.60932E-06
2.27601E-06	4.55202E-06	6.82802E-06	9.10403E-06
2.1996E-06	4.39919E-06	6.59879E-06	8.79839E-06
2.2163E-06	4.4326E-06	6.6489E-06	8.86521E-06
2.24419E-06	4.48837E-06	6.73256E-06	8.97675E-06
2.19864E-06	4.39727E-06	6.59591E-06	8.79454E-06
2.23703E-06	4.47405E-06	6.71108E-06	8.9481E-06
2.21992E-06	4.43983E-06	6.65975E-06	8.87966E-06
2.21448E-06	4.42896E-06	6.64344E-06	8.85792E-06
2.23409E-06	4.46817E-06	6.70226E-06	8.93635E-06
2.21236E-06	4.42471E-06	6.63707E-06	8.84943E-06
2.22631E-06	4.45261E-06	6.67892E-06	8.90522E-06
2.22438E-06	4.44875E-06	6.67313E-06	8.89751E-06
2.21613E-06	4.43226E-06	6.64838E-06	8.86451E-06
2.22877E-06	4.45754E-06	6.68631E-06	8.91509E-06
2.21818E-06	4.43635E-06	6.65453E-06	8.87271E-06
2.22247E-06	4.44495E-06	6.66742E-06	8.8899E-06
2.22516E-06	4.45032E-06	6.67548E-06	8.90064E-06
2.21797E-06	4.43595E-06	6.65392E-06	8.8719E-06
2.22567E-06	4.45134E-06	6.67701E-06	8.90268E-06
2.22097E-06	4.44193E-06	6.6629E-06	8.88386E-06
2.22109E-06	4.44218E-06	6.66327E-06	8.88437E-06
2.22485E-06	4.4497E-06	6.67455E-06	8.8994E-06
2.2195E-06	4.43901E-06	6.65851E-06	8.87802E-06
2.2238E-06	4.4476E-06	6.6714E-06	8.8952E-06
2.22232E-06	4.44464E-06	6.66696E-06	8.88928E-06
2.22073E-06	4.44147E-06	6.6622E-06	8.88294E-06
2.22423E-06	4.44847E-06	6.6727E-06	8.89694E-06
2.22066E-06	4.44133E-06	6.66199E-06	8.88265E-06
2.22269E-06	4.44537E-06	6.66806E-06	8.89074E-06
2.22292E-06	4.44584E-06	6.66876E-06	8.89167E-06
2.22083E-06	4.44166E-06	6.66249E-06	8.88332E-06
2.22359E-06	4.44718E-06	6.67078E-06	8.89437E-06
2.22149E-06	4.44298E-06	6.66448E-06	8.88597E-06
2.22206E-06	4.44412E-06	6.66618E-06	8.88823E-06
2.2231E-06	4.4462E-06	6.6693E-06	8.8924E-06
2.22111E-06	4.44223E-06	6.66334E-06	8.88445E-06
2.22303E-06	4.44606E-06	6.6691E-06	8.89213E-06
2.22205E-06	4.44409E-06	6.66614E-06	8.88819E-06
2.22175E-06	4.4435E-06	6.66526E-06	8.88701E-06
2.22305E-06	4.44611E-06	6.66916E-06	8.89221E-06
2.22145E-06	4.44289E-06	6.66434E-06	8.88579E-06
2.22259E-06	4.44518E-06	6.66778E-06	8.89037E-06
2.22239E-06	4.44477E-06	6.66716E-06	8.88954E-06
2.22165E-06	4.44331E-06	6.66496E-06	8.88662E-06
2.22289E-06	4.44579E-06	6.66868E-06	8.89158E-06
2.22176E-06	4.44353E-06	6.66529E-06	8.88705E-06
2.22228E-06	4.44455E-06	6.66683E-06	8.88911E-06
2.22256E-06	4.44512E-06	6.66768E-06	8.89023E-06
2.22169E-06	4.44337E-06	6.66506E-06	8.88674E-06
2.22269E-06	4.44539E-06	6.66808E-06	8.89078E-06
2.22203E-06	4.44405E-06	6.66608E-06	8.8881E-06
2.22208E-06	4.44415E-06	6.66623E-06	8.8883E-06
2.22261E-06	4.44523E-06	6.66784E-06	8.89045E-06
2.22179E-06	4.44357E-06	6.66536E-06	8.88715E-06
2.2225E-06	4.44499E-06	6.66749E-06	8.88999E-06
2.22222E-06	4.44444E-06	6.66666E-06	8.88889E-06
2.22197E-06	4.44394E-06	6.66591E-06	8.88788E-06
2.22259E-06	4.44518E-06	6.66777E-06	8.89035E-06
2.22192E-06	4.44384E-06	6.66576E-06	8.88768E-06
2.22233E-06	4.44465E-06	6.66698E-06	8.88931E-06
2.22235E-06	4.4447E-06	6.66705E-06	8.8894E-06
2.22194E-06	4.44388E-06	6.66582E-06	8.88776E-06
2.22252E-06	4.44503E-06	6.66755E-06	8.89007E-06
2.22205E-06	4.44411E-06	6.66616E-06	8.88821E-06
2.2222E-06	4.4444E-06	6.66659E-06	8.88879E-06
2.22242E-06	4.44483E-06	6.66725E-06	8.88966E-06
2.22196E-06	4.44392E-06	6.66589E-06	8.88785E-06
2.22242E-06	4.44485E-06	6.66727E-06	8.88969E-06
2.22217E-06	4.44434E-06	6.66651E-06	8.88868E-06
2.22211E-06	4.44423E-06	6.66634E-06	8.88845E-06
2.22243E-06	4.44486E-06	6.6673E-06	8.88973E-06
2.22202E-06	4.44403E-06	6.66605E-06	8.88806E-06
2.22233E-06	4.44466E-06	6.66699E-06	8.88932E-06
2.22226E-06	4.44452E-06	6.66677E-06	8.88903E-06
2.22207E-06	4.44414E-06	6.66621E-06	8.88828E-06
2.22241E-06	4.44482E-06	6.66724E-06	8.88965E-06
2.22209E-06	4.44417E-06	6.66626E-06	8.88834E-06
2.22225E-06	4.44449E-06	6.66674E-06	8.88898E-06
2.22232E-06	4.44463E-06	6.66695E-06	8.88926E-06
2.22206E-06	4.44412E-06	6.66619E-06	8.88825E-06
2.22237E-06	4.44474E-06	6.66711E-06	8.88948E-06
2.22215E-06	4.44431E-06	6.66646E-06	8.88862E-06
2.22218E-06	4.44437E-06	6.66655E-06	8.88873E-06
2.22234E-06	4.44469E-06	6.66703E-06	8.88938E-06
2.22208E-06	4.44416E-06	6.66624E-06	8.88832E-06

# Прилог 37

Fn	fp	n	tob	m	φ1	Ω	δ1	θ1	Σ	x1	N1	t
50		1	0.05	200	150	15	0.7	-1.570171	7.7271E-07	2.9949E-06	1.4217E-06	1

fp=0.02	fp=0.06	fp=0.1	fp=0.14
1.29147E-06	3.8744E-06	6.45733E-06	9.04026E-06
2.95082E-06	8.85246E-06	1.47541E-05	2.06557E-05
1.78189E-06	5.34568E-06	8.90947E-06	1.24733E-05
2.34884E-06	7.04652E-06	1.17442E-05	1.64419E-05
2.37075E-06	7.11225E-06	1.18537E-05	1.65952E-05
1.89127E-06	5.67382E-06	9.45637E-06	1.32389E-05
2.60579E-06	7.9172E-06	1.30287E-05	1.82401E-05
1.94529E-06	5.83587E-06	9.72644E-06	1.3617E-05
2.11284E-06	6.33852E-06	1.05642E-05	1.47899E-05
1.28266E-05	3.84797E-05	6.41329E-05	8.9786E-05
2.83017E-06	8.49052E-06	1.41509E-05	1.98112E-05
2.00351E-06	6.01054E-06	1.00176E-05	1.40246E-05
2.25955E-06	6.77864E-06	1.12977E-05	1.58168E-05
2.2702E-06	6.81061E-06	1.1351E-05	1.58914E-05
2.15233E-06	6.45699E-06	1.07616E-05	1.50663E-05
2.27601E-06	6.82802E-06	1.138E-05	1.59321E-05
2.1996E-06	6.59879E-06	1.0998E-05	1.53972E-05
2.2163E-06	6.6489E-06	1.10815E-05	1.55141E-05
2.24419E-06	6.73256E-06	1.12209E-05	1.57093E-05
2.19864E-06	6.59591E-06	1.09932E-05	1.53904E-05
2.23703E-06	6.71108E-06	1.11851E-05	1.56592E-05
2.21992E-06	6.65975E-06	1.10996E-05	1.55394E-05
2.21448E-06	6.64344E-06	1.10724E-05	1.55014E-05
2.23409E-06	6.70226E-06	1.11704E-05	1.56386E-05
2.21236E-06	6.63707E-06	1.10618E-05	1.54865E-05
2.22631E-06	6.67892E-06	1.11315E-05	1.55841E-05
2.22438E-06	6.67313E-06	1.11219E-05	1.55706E-05
2.21613E-06	6.64838E-06	1.10806E-05	1.55129E-05
2.22877E-06	6.68631E-06	1.11439E-05	1.56014E-05
2.21818E-06	6.65453E-06	1.10909E-05	1.55272E-05
2.22247E-06	6.66742E-06	1.11124E-05	1.55573E-05
2.22516E-06	6.67548E-06	1.11258E-05	1.55761E-05
2.21797E-06	6.65392E-06	1.10899E-05	1.55258E-05
2.22567E-06	6.67701E-06	1.11284E-05	1.55797E-05
2.22097E-06	6.6629E-06	1.11048E-05	1.55468E-05
2.22109E-06	6.66327E-06	1.11055E-05	1.55476E-05
2.22485E-06	6.67455E-06	1.11243E-05	1.5574E-05
2.2195E-06	6.65851E-06	1.10975E-05	1.55365E-05
2.2238E-06	6.6714E-06	1.1119E-05	1.55666E-05
2.2232E-06	6.66696E-06	1.11116E-05	1.55562E-05
2.22073E-06	6.6622E-06	1.11037E-05	1.55451E-05
2.22423E-06	6.6727E-06	1.11212E-05	1.55696E-05
2.22066E-06	6.66199E-06	1.11033E-05	1.55446E-05
2.22269E-06	6.66806E-06	1.11134E-05	1.55588E-05
2.22292E-06	6.66876E-06	1.11146E-05	1.55604E-05
2.22083E-06	6.66249E-06	1.11042E-05	1.55458E-05
2.22359E-06	6.67078E-06	1.1118E-05	1.55651E-05
2.22149E-06	6.66448E-06	1.11075E-05	1.55504E-05
2.22206E-06	6.66618E-06	1.11103E-05	1.55544E-05
2.2231E-06	6.6693E-06	1.11156E-05	1.55617E-05
2.2211E-06	6.66334E-06	1.11056E-05	1.55478E-05
2.22303E-06	6.6691E-06	1.11152E-05	1.55612E-05
2.22205E-06	6.66614E-06	1.11102E-05	1.55543E-05
2.22175E-06	6.66526E-06	1.11088E-05	1.55523E-05
2.22305E-06	6.66916E-06	1.11153E-05	1.55614E-05
2.22145E-06	6.66434E-06	1.11072E-05	1.55501E-05
2.22259E-06	6.66778E-06	1.1113E-05	1.55581E-05
2.22239E-06	6.66716E-06	1.11119E-05	1.55567E-05
2.22165E-06	6.66496E-06	1.11083E-05	1.55516E-05
2.22289E-06	6.66868E-06	1.11145E-05	1.55603E-05
2.22176E-06	6.66529E-06	1.11088E-05	1.55523E-05
2.22228E-06	6.66683E-06	1.11114E-05	1.55559E-05
2.22256E-06	6.66768E-06	1.11128E-05	1.55579E-05
2.22169E-06	6.66506E-06	1.11084E-05	1.55518E-05
2.22269E-06	6.66808E-06	1.11135E-05	1.55589E-05
2.22203E-06	6.66608E-06	1.11101E-05	1.55542E-05
2.22208E-06	6.66623E-06	1.11104E-05	1.55545E-05
2.22261E-06	6.66784E-06	1.11131E-05	1.55583E-05
2.22179E-06	6.66536E-06	1.11089E-05	1.55525E-05
2.2225E-06	6.66749E-06	1.11125E-05	1.55575E-05
2.22222E-06	6.66666E-06	1.11111E-05	1.55556E-05
2.22197E-06	6.66591E-06	1.11099E-05	1.55538E-05
2.22259E-06	6.6677E-06	1.11129E-05	1.55581E-05
2.22192E-06	6.66576E-06	1.11096E-05	1.55534E-05
2.22233E-06	6.66698E-06	1.11116E-05	1.55563E-05
2.22235E-06	6.66705E-06	1.11117E-05	1.55564E-05
2.22194E-06	6.66582E-06	1.11097E-05	1.55536E-05
2.22252E-06	6.66755E-06	1.11126E-05	1.55576E-05
2.22205E-06	6.66616E-06	1.11103E-05	1.55544E-05
2.2222E-06	6.66659E-06	1.1111E-05	1.55554E-05
2.22242E-06	6.66725E-06	1.11121E-05	1.55569E-05
2.22196E-06	6.66589E-06	1.11098E-05	1.55537E-05
2.22242E-06	6.66727E-06	1.11121E-05	1.5557E-05
2.22217E-06	6.66651E-06	1.11108E-05	1.55552E-05
2.22211E-06	6.66634E-06	1.11106E-05	1.55548E-05
2.22243E-06	6.6673E-06	1.11122E-05	1.5557E-05
2.22202E-06	6.66605E-06	1.11101E-05	1.55541E-05
2.22233E-06	6.66699E-06	1.11116E-05	1.55563E-05
2.22226E-06	6.66677E-06	1.11113E-05	1.55558E-05
2.22207E-06	6.66621E-06	1.11104E-05	1.55545E-05
2.22241E-06	6.66724E-06	1.11121E-05	1.55569E-05
2.22209E-06	6.66626E-06	1.11104E-05	1.55546E-05
2.22225E-06	6.66674E-06	1.11112E-05	1.5557E-05
2.22232E-06	6.66695E-06	1.11116E-05	1.55562E-05
2.22206E-06	6.66619E-06	1.11103E-05	1.55544E-05
2.22237E-06	6.66711E-06	1.11118E-05	1.55566E-05
2.22215E-06	6.66646E-06	1.11108E-05	1.55551E-05
2.22218E-06	6.66655E-06	1.11109E-05	1.55553E-05
2.22234E-06	6.66703E-06	1.11117E-05	1.55564E-05
2.22208E-06	6.66624E-06	1.11104E-05	1.55546E-05

# Прилог 41

## ОЗНАКЕ ПОДАТАКА КОРИШЋЕНИХ У ПРОРАЧУНУ КОНАЧНИМ ЕЛЕМЕНТИМА

Ознака	Јединица	Опис	
e	m	Ексцентритет дејства силе	0
$f_p$		параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре	0.02
c00	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) стубова	3%
c11	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) траверзе	3%
c22	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) радног стола	3%
A0	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека стубова	0.06
A1	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека траверзе	0.08
A2	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека радног стола	0.08
n <sub>im</sub>	-	Пуасонов коефицијент за матрицу композитног материјала (бетон)	0.15
t <sub>ob</sub>	s	време обраде	0.2
$t_{ob}$	s	време обраде	0.2
n <sub>ii</sub>	-	Пуасонов коефицијент за влакна композитног материјала (челичну арматуру)	0.3
a	m	Величина вођице	0.4
b	m	Положај вођице	0.5
$\zeta_e=2\zeta$		еквивалентни фактор пригушења	0.7
$\delta l$		коефицијент пригушења за одговарајућу масу,	0.7
h1	m	Ширина конструкције	1
h	m	Висина конструкције	1.6
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	2
t		време посматрања	10
$t$	s	време посматрања	10
$\beta_k$	MPa	Чврстоћа бетона	45
F	kN	Сила оптерећења конструкције	50
$\omega_1$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција сопствених слободних осцилација	50
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	50
m	kg	маса стубова	200
m <sub>S</sub>	kg	маса радног стола	250
m <sub>T</sub>	kg	маса траверзе	300
b0	kNm <sup>2</sup>	Крутост стуба	21366
e <sub>m</sub>	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности матрице композитног материјала (бетона)	39429
e0	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) стубова	44559
e1	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) траверзе	44559
e2	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) радног стола	44559
K <sub>e=2K</sub>	kNm <sup>2</sup>	еквивалентна крутост	50000
b1	kNm <sup>2</sup>	Крутост траверзе	50614
b2	kNm <sup>2</sup>	Крутост радног стола	50614
e <sub>i</sub>	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности влакана композитног материјала (челичне арматуре)	210000

# Прилог 42

## ОЗНАКЕ ПОДАТАКА КОРИШЋЕНИХ У ПРОРАЧУНУ КОНАЧНИМ ЕЛЕМЕНТИМА

Ознака	Јединица	Опис	
e	m	Ексцентритет дејства силе	0
$f_p$		параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре	0.02
c00	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) стубова	3%
c11	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) траверзе	3%
c22	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) радног стола	3%
A0	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека стубова	0.06
A1	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека траверзе	0.08
A2	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека радног стола	0.08
n <sub>im</sub>	-	Пуасонов коефицијент за матрицу композитног материјала (бетон)	0.15
t <sub>ob</sub>	s	време обраде	0.2
$\bar{t}_{ob}$	s	време обраде	0.2
n <sub>ii</sub>	-	Пуасонов коефицијент за влакна композитног материјала (челичну арматуру)	0.3
a	m	Величина вођице	0.4
b	m	Положај вођице	0.5
$\zeta_e=2\zeta$		еквивалентни фактор пригушења	0.7
$\delta l$		коефицијент пригушења за одговарајућу масу,	0.7
h1	m	Ширина конструкције	1
h	m	Висина конструкције	1.6
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	2
t		време посматрања	10
$\bar{t}$	s	време посматрања	10
$\beta_k$	MPa	Чврстоћа бетона	45
F	kN	Сила оптерећења конструкције	50
$\omega_1$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција сопствених слободних осцилација	50
$\bar{\Omega}$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	10
m	kg	маса стубова	200
m <sub>s</sub>	kg	маса радног стола	250
m <sub>T</sub>	kg	маса траверзе	300
b0	kNm <sup>2</sup>	Крутост стуба	21366
e <sub>m</sub>	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности матрице композитног материјала (бетона)	39429
e0	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) стубова	44559
e1	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) траверзе	44559
e2	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) радног стола	44559
K <sub>e=2K</sub>	kNm <sup>2</sup>	еквивалентна крутост	50000
b1	kNm <sup>2</sup>	Крутост траверзе	50614
b2	kNm <sup>2</sup>	Крутост радног стола	50614
e <sub>i</sub>	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности влакана композитног материјала (челичне арматуре)	210000

# Прилог 43

## ОЗНАКЕ ПОДАТАКА КОРИШЋЕНИХ У ПРОРАЧУНУ КОНАЧНИМ ЕЛЕМЕНТИМА

Ознака	Јединица	Опис	
e	m	Ексцентритет дејства силе	0
$f_p$		параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре	0.02
c00	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) стубова	3%
c11	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) траверзе	3%
c22	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) радног стола	3%
A0	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека стубова	0.06
A1	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека траверзе	0.08
A2	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека радног стола	0.08
nim	-	Пуасонов коефицијент за матрицу композитног материјала (бетон)	0.15
$t_{ob}$	s	време обраде	0.2
$\bar{t}_{ob}$	s	време обраде	0.2
nii	-	Пуасонов коефицијент за влакна композитног материјала (челичну арматуру)	0.3
a	m	Величина вођице	0.4
b	m	Положај вођице	0.5
$\zeta_e=2\zeta$		еквивалентни фактор пригушења	0.7
$\delta l$		коефицијент пригушења за одговарајућу масу,	0.7
h1	m	Ширина конструкције	1
h	m	Висина конструкције	1.6
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	2
t		време посматрања	10
$\bar{t}$	s	време посматрања	10
$\beta_k$	MPa	Чврстоћа бетона	45
F	kN	Сила оптерећења конструкције	50
$\omega_1$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција сопствених слободних осцилација	50
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	50
m	kg	маса стубова	250
$m_s$	kg	маса радног стола	350
$m_T$	kg	маса траверзе	350
b0	kNm <sup>2</sup>	Крутост стуба	21366
$e_m$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности матрице композитног материјала (бетона)	39429
e0	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) стубова	44559
e1	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) траверзе	44559
e2	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) радног стола	44559
$K_e=2K$	kNm <sup>2</sup>	еквивалентна крутост	50000
b1	kNm <sup>2</sup>	Крутост траверзе	50614
b2	kNm <sup>2</sup>	Крутост радног стола	50614
ei	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности влакана композитног материјала (челичне арматуре)	210000

# Прилог 44

## ОЗНАКЕ ПОДАТАКА КОРИШЋЕНИХ У ПРОРАЧУНУ КОНАЧНИМ ЕЛЕМЕНТИМА

Ознака	Јединица	Опис	
e	m	Ексцентритет дејства силе	0
$f_p$		параметар који представља зависност између деформационе силе и бочне силе на стубовима носеће структуре	0.02
c00	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) стубова	3%
c11	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) траверзе	3%
c22	%	Процент арматуре у композитном материјалу (армираном бетону) радног стола	3%
A0	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека стубова	0.06
A1	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека траверзе	0.08
A2	m <sup>2</sup>	Површина попречног пресека радног стола	0.08
nim	-	Пуасонов коефицијент за матрицу композитног материјала (бетон)	0.15
$t_{ob}$	s	време обраде	0.2
$\bar{t}_{ob}$	s	време обраде	0.2
nii	-	Пуасонов коефицијент за влакна композитног материјала (челичну арматуру)	0.3
a	m	Величина вођице	0.4
b	m	Положај вођице	0.5
$\zeta_e=2\zeta$		еквивалентни фактор пригушења	0.7
$\delta l$		коефицијент пригушења за одговарајућу масу,	0.7
h1	m	Ширина конструкције	1
h	m	Висина конструкције	1.6
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	2
t		време посматрања	10
$\bar{t}$	s	време посматрања	10
$\beta_k$	MPa	Чврстоћа бетона	45
F	kN	Сила оптерећења конструкције	50
$\omega l$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција сопствених слободних осцилација	50
$\Omega$	s <sup>-1</sup>	кружна фреквенција принудне силе	50
m	kg	маса стубова	250
$m_s$	kg	маса радног стола	350
$m_T$	kg	маса траверзе	350
b0	kNm <sup>2</sup>	Крутост стуба	21366
$e_m$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности матрице композитног материјала (бетона)	39429
$e_0$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) стубова	55000
$e_1$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) траверзе	55000
$e_2$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности композитног материјала (армираног бетона) радног стола	55000
$K_e=2K$	kNm <sup>2</sup>	еквивалентна крутост	50000
b1	kNm <sup>2</sup>	Крутост траверзе	50614
b2	kNm <sup>2</sup>	Крутост радног стола	50614
$e_i$	kN/m <sup>2</sup>	Модул еластичности влакана композитног материјала (челичне арматуре)	210000





Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ИСТРАНИВАЊЕ ДИНАМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА

НОСЕЋИХ СТРУКТУРА МАШИНА ОД КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА

која је моје ауторско дело.

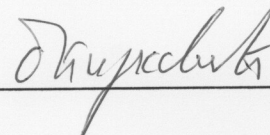
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда



У Косовској Митровици, 29.11.2023.