

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Машински елементи 2

Број индекса: 104/2010

Иван Д. Пантић

Котрљајни лежаји и њихова уградња
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Мирко Благојевић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да систематизује и обједини материју везану за котрљајне лежаје. Посебна пажња треба да буде посвећена различитим начинима њихове уградњу. На крају рада, кандидат треба да да закључна разматрања.

Препоручена литература:

[1] Вера Николић : МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ, КРАГУЈЕВАЦ, 2004.

[2] Милан Д. Трбојевић, Момчило Р. Јанковић, Јово Вугделија, Недељко Плавшић, Војислав Латиновић : РЕДУКТОРИ, БЕОГРАД 1977.

Крагујевац, 2013.

ментор:

др Мирко Благојевић, доцент

Садржај

Резиме.....	1
1. Котрљајни лежајеви.....	1
1.1 Увод.....	1
1.2 Уградбене мере и систем обележавања лежаја.....	4
1.3 Толеранције и налегања код котрљајних лежаја.....	9
1.4 Избор лежаја	10
1.5 Врсте и карактеристике лежаја.....	11
1.6 Стандардна конструкциона решења.....	15
1.6.1 Прстенасти куглични једноредни лежаји.....	16
1.6.2 Прстенасти куглични једноредни лежаји са косим додиром.....	17
1.6.3 Прстенасти куглични дворедни лежај са косим додиром.....	21
1.6.4 Прстенасти куглични дворедни подешљиви лежај.....	22
1.6.5 Прстенасти цилиндрично-ваљчани једноредни лежај.....	23
1.6.6 Игличасти лежаји.....	24
1.6.7 Прстенасти конично-ваљчани једноредни лежај.....	25
1.6.8 Прстенасти бачvasti једноредни лежај.....	26
1.6.9 Прстенасти бачvasti дворедни лежај.....	27
1.6.10 Колутни куглични једноредни и дворедни лежаји.....	28
1.6.11 Колутни цилиндрично – ваљчани лежаји	30
1.6.12 Колутни конусно-бачvasti лежаји.....	31

2. Уградња лежаја.....	32
2.1 Типови уградње котрљајних лежаја.....	33
2.1.1 F-S улежиштење	34
2.1.2 F-F улежиштење.....	35
2.1.3 Пливајуће улежиштење.....	36
3. Подмазивање лежишта	37
4. Заптивање лежишта.....	38
4.1 Заптивачи са додиром заптивних површина.....	38
4.2 Заптивачи без додира заптивних површина.....	40
5. Модели улежиштења.....	42
6. Закључак.....	52
7. Литература	53

Резиме

У раду су представљене основне карактеристике и улога котрљајних лежаја као веома битних делова сваке машинске конструкције. Такође, приказани су основни делови ових машинских елемената. Даље, објашњене су основне мере битне за њихову уградњу као и системи обележавања, будући да су ово стандардизовани машински делови. У овом раду такође је дата подела котрљајних лежаја, као и главна конструкциона решења и особине истих. У другом делу рада су описани основни начини уградње котрљајних лежаја.

Кључне речи : котрљајни лежаји, спољашњи пречник, унутрашњи пречник, уградња котрљајних лежаја

Abstract

In the introduction of the paper it is pointed to basic characteristics and roles of the rolling bearings as very important parts of every machine. Also, principal parts of these elements are described. Furthermore, it will be explained about the basic measures relevant to their installation and marking systems, as these are standardized machine parts. This work will also explain the classification of rolling bearings, as well as major types of them and their characteristics. In the end are described basic types of bearing installation, so are the concrete examples of the rolling bearings installation.

Keywords : rolling bearings, outer diameter, inner diameter, rolling bearings installation

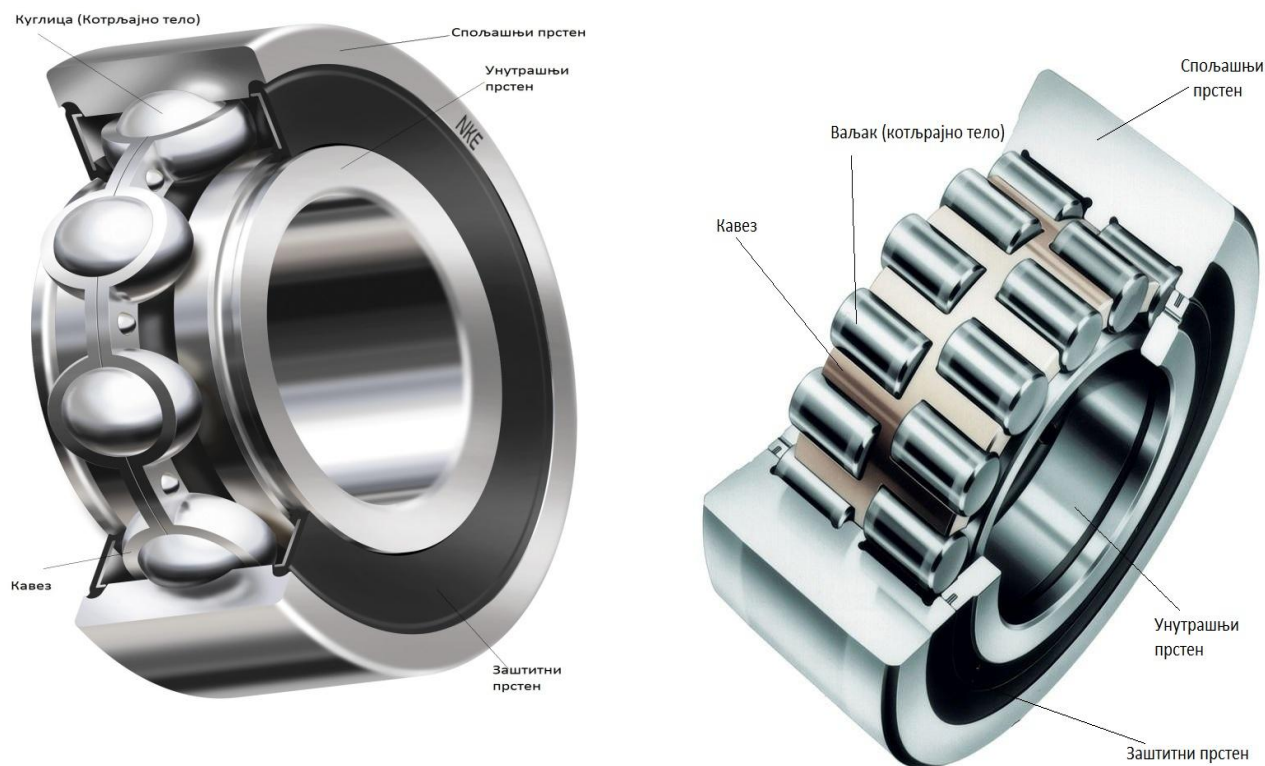
1. Котрљајни лежајеви

1.1 Увод

Котрљајни лежајеви су машински склопови који се најчешће уграђују у ослонце вратила и осовина. Улога лежаја је, пре свега, преношење оптерећења са покретних на непокретне делове машинских конструкција, као и регулација релативног кретања обртних елемената. Такође, котрљајни лежаји обезбеђују обртно кретање рукаваца. При прорачуну лежаја треба знати да они не преносе обртни момент, већ само силе.

Лежаји су стандардни машински елементи који се израђују у специјализованим фабрикама. Стандардима су тачно прописани основни облици и мере, њихово означавање, материјали за израду итд. Увек се испоручују у склопљеном стању, спремни за уградњу.

Основни делови лежаја су прстенови (код прстенастих лежаја) тј. Колутови (код колутних), затим котрљајна тела различитих облика која су смештена између спољашњег и унутрашњег прстена тј. између колутова и кавез за причвршћивање котрљајних тела, [1].



Слика 1 – делови прстенастих лежаја (кугличних и ваљкастих)

Прстенасти лежаји се користе када је потребан пренос радијалних, а понекад и аксијалних сила, док се колутни лежаји користе само за пренос аксијалних сила.



Слика 2— делови колутних лежаја (кугличних и ваљкастих)

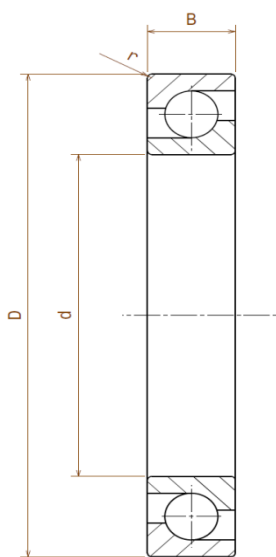
Као што се са слике 1 и слике 2 може видети, и код прстенастих и колутних лежаја постоји тзв. стаза котрљања – стаза по којој се крећу котрљајна тела.

1.2 Уградбене мере и систем обележавања лежаја

С тачке гледишта уградње лежаја односно при њиховом избору од великог значаја су контурне односно уградбене мере. То су пре свега номинални пречник отвора лежаја d , спољашњи пречник D и ширина B код прстенастих лежаја односно спољашњи пречник колута $D = D_k$ и висина лежаја H код колутних лежаја. Од значаја је такође и радијус заобљења ивица прстенова и колута r . Све ове мере су тачно утврђене стандардима (ISO 15, DIN 616, што одговара нашем стандарду SRPS M.C3.506). Према овим ознакама систем обележавања лежаја се састоји из основне и допунске ознаке.

Основна ознака се састоји из три групе бројева или слова, који се односе на тип лежаја, ред мера и унутрашњи пречник - пречник отвора, [3].

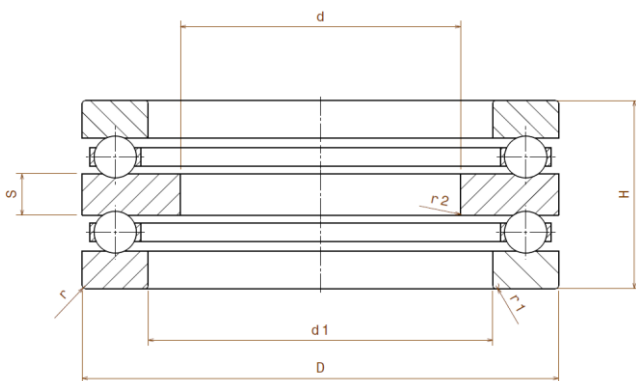
Тип лежаја се означава помоћу једне или две бројне тј. словне ознаке, као у Табели 1.



Основне мере прстенастих лежаја:

- Спољашњи пречник D
- Унутрашњи пречник d
- Ширина B
- Радијус заобљења r

Слика 3 – Основне мере прстенастих лежаја



Основне мере колутних лежаја :

- Спољашњи пречник D
- Унутрашњи пречник d
- Висина лежаја H
- Радијус заобљења r

Слика 4 - Основне мере колутних лежаја

Табела 1 – Основна ознака лежаја, [3]

Тип лежаја	Ред мера према ISO 15 за котрљајне лежајеве				Унутрашњи пречник	
					Ознака	d у mm
0	Ред спољашњег пречника 0	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	/0.6	0.6
1					/0.8	0.8
2					1	1
3					2	2
4	Ред спољашњег пречника 2	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	.	.
5					.	.
6					9	9
7					00	10
8	Ред спољашњег пречника 3	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	01	12
9					02	15
0					03	17
1					04 (x5)	20
2	Ред спољашњег пречника 4	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	/22	22
3					05 (x5)	25
4					/28	28
5					06 (x5)	30
6	Ред спољашњег пречника 3	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	/32	32
7					07 (x5)	35
8					08 (x5)	40
9					.	.
0	Ред спољашњег пречника 4	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	.	.
1					96 (x5)	480
2					/500	500
3					.	.
4	Ред спољашњег пречника 2	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	.	.
5					.	.
6					.	.
7					.	.
8	Ред спољашњег пречника 3	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	.	.
9					.	.
0					.	.
1					.	.
2	Ред спољашњег пречника 4	Ред ширине 0	Ред ширине 1	Ред ширине 2	.	.
3					.	.
4					.	.
5					.	.

Код реда мера систем означавања је такав да је за један унутрашњи пречник предвиђен већи број спољашњих пречника и ширина. На тај начин за исти пречник рукавца вратила могућ је избор низа лежаја истог типа али различите носивости.

Величине ширине и спољашњег пречника чине ред мера који је означен различитим бројним ознакама. Ред ширине R_B садржи следеће бројне ознаке 0,1,2,3,4,5, при чему број нула означава најмању, а број 5 највећу ширину. Ред спољашњег пречника R_D садржи бројне ознаке 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4 поређаних у редоследу пораста пречника. На исти начин означавају се и пречник колута, односно висина код колутних лежаја. Ред висине садржи ознаке 7, 9, 1 поређане у редоследу пораста висине лежаја.

Код ознаке реда мера први број се увек односи на ширину тј. висину, а други на спољашњи пречник прстена односно колута. Код неких типова лежаја уписује се само ознака спољашњег пречника, [1].

Последња два броја у основној ознаци односе се на унутрашњи пречник лежаја тј. отвор.

Систем обележавања је следећи (Табела 1):

- Пречници у интервалу $d = 0,6 \dots 9 \text{ mm}$ наводе се непосредно у номиналним вредностима;
- Пречници од 10, 12, 15 и 17 mm означавају се бројевима 00, 01, 02 и 03;
Ознака за пречнике у интервалу $d = 20 \dots 480 \text{ mm}$ добија се дељењем пречника у mm са бројем 5;

За међувредности $d = 22, 28$ и 32 mm као и за $d \geq 500 \text{ mm}$ вредности пречника наводе се непосредно у mm, али се од ознаке реда мера одвајају косом цртом.

Овакав начин означавања име следеће предности:

- За исти пречник рукавца вратила d могућ је избор већег броја лежаја истог типа различите носивости и величине;
- Различити типови лежаја истог унутрашњег пречника и истог реда мера имају исте уградбене мере, односно међусобно су заменљиви. На тај начин могуће је у исти уградбени простор уградити лежаје различите носивости.

У Табели 2 су неведени примери означавања.

Табела 2- Примери означавања лежаја, [3]

Лежајеви	Ознака	Значење
	 6 3 0 8	Прстени куглични једнореди лежај са радијалним додиром - ред ширине 0 Ред спољашњег пречника 3 $8 \times 5 = 40 \text{ mm}$ - унутрашњи пречник (чита се шездесет три-нула осам)
	 7 2 0 6 B	Прстени куглични једнореди лежај са косим додиром - ред ширине 0 Ред спољашњег пречника 2 $6 \times 5 = 30 \text{ mm}$ - унутрашњи пречник Допунска ознака
	Ознака према DIN 720  3 0 3 1 5 A Ознака према ISO 355  T 2 G B 075	Прстен конусно ваљчани лежај Ред ширине 0 Ред спољашњег пречника 3 $15 \times 5 = 75 \text{ mm}$ - унутрашњи пречник Прстени конусно ваљчани лежај Унутрашњи пречник у mm ($d = 75 \text{ mm}$)
Ред угла додира		
Ред	Вредност изнад до	
1	резервисано	
2	$10^\circ \dots 13^\circ 52'$	
3	$13^\circ 52' \dots 15^\circ 59'$	
4	$15^\circ 59' \dots 18^\circ 55'$	
5	$18^\circ 55' \dots 23^\circ$	
6	$23^\circ \dots 27^\circ$	
7	$27^\circ \dots 30^\circ$	
Однос спољашњег и унутрашњег пречника		
Ред пречника	$\frac{D}{d^{0,77}}$ изнад до	
A	резервисано	
B	3,40 ... 3,80	
C	3,80 ... 4,40	
D	4,40 ... 4,70	
E	4,70 ... 5,00	
F	5,00 ... 5,60	
G	5,60 ... 7,00	
Однос ширине и висине		
Ред ширине	$\frac{T}{(D-d)^{0,95}}$ изнад до	
A	резервисано	
B	0,50 ... 0,68	
C	0,68 ... 0,80	
D	0,80 ... 0,88	
E	0,88 ... 1,00	

Уколико конструкција лежаја одступа у односу на основно извођење, то се предвиђа допунском ознаком.

Допунска ознака иза основне означава:

1. Одступања саме конструкције лежаја која нису предвиђена за основно извођење и означава се са А, В, С, D i Е.

2. Одступање спољашњег облика означава се са:

- J - без ивичног прстена
- K - са конусним отвором
- N - са жлебом на спољашњем прстену
- P - са дводелним спољашњим прстеном
- X - одступање димензија у односу на основно извођење

3. Ознаке за заптивање лежаја:

- RS – са једним заптивним прстеном
- Z – са једним сигурносним прстеном
- 2Z – са два сигурносна прстена
- ZNR – са заштитним прстеном, жлебом и сигурносним прстеном

4. Ознаке за метеријал:

- F – кавез од челика или специјалног челичног лива
- L – од лаког метала
- M – од месинга
- T – од фенол пласта
- TN – од полиамида

5. Конструкционо извођење кавеза :

- A – вођење у спољашњем прстену
- S – жлеб за подмазивање у вођицама
- J – кавез од челичног лима
- Y – кавез од месинганог лима
- V – без кавеза

6. Класа толеранције :

Ознака са P и класом толеранције (на пример P4 – класа толеранције 4).

7. Зазор у лежају :

Ознака са C и једна бројна ознака (на пример C2 – мањи од номиналног ; C4 – већи од номиналног)

8. Постојаност на повишеним температурама :

Ознака је S и једна бројна ознака (на пример S2 за радну температуру до 250°C).

Допунска ознака испред основне односи се на обележавање некомплетних лежаја, на пример:

- K – кавез са котрљајним телима
- L – слободни прстен расклопивног лежаја
- R – прстен лежаја са котрљајним телима

Ред мера прописан је стандардима ISO 15 за прстенасте лежаје (изузев конично ваљчаних и игличастих), ISO 335 за прстенасте конусно ваљчане, ISO 1206 (DIN 617) за игличасте лежаје.

1.3 Тolerанције и налагања код котрљајних лежаја

Толеранције котрљајних лежаја дефинисане су међународним ISO стандардом. Код котрљајних лежаја спољашњи пречник D , унутрашњи пречник d и ширина лежаја B имају негативна одступања димензија. Због тога називна мера ових димензија одговара горњој граничној мери. Толеранцијско поље спољашњег пречника носи ознаку hB , а толеранцијско поље унутрашњег пречника ознаку KB .



Слика 5 – Толеранцијска поља лежаја и елемената који су у контакту са лежајем, [1]

Правилним избором толеранцијских поља за рукавац вратила и отвор у кућишту остварује се одговарајуће налагање. Ако унутрашњи прстен мирује ($p_u = 0$, мирујући рукавац), препоручена налагања прстена и рукавца су KB/g , h , а ако се унутрашњи прстен обрће препоручена налагања су KB/j , k , m , n . Препоруке за налагања спољашњег прстена и кућишта, ако спољашњи прстен мирује су hB/G , H , J , а ако се спољашњи прстен обрће онда су препоручена налагања hB/K , M , N , P . Тип лежаја утиче на величину преклопа (пример: лежаји са ваљцима захтевају веће преклопе од лежаја са куглицама), [1].

1.4 Избор лежаја

При избору типа котрљајних лежаја треба знати карактеристике лежаја. Најбитније карактеристике могу се прочитати из Табеле 3.

У обзир није узета цена лежаја, која свакако има велику улогу у избору типа лежаја. Најјефтинији су прстенасти куглични лежаји са радијалним додиром, па се, са аспекта цене, увек полази од њих, [3].

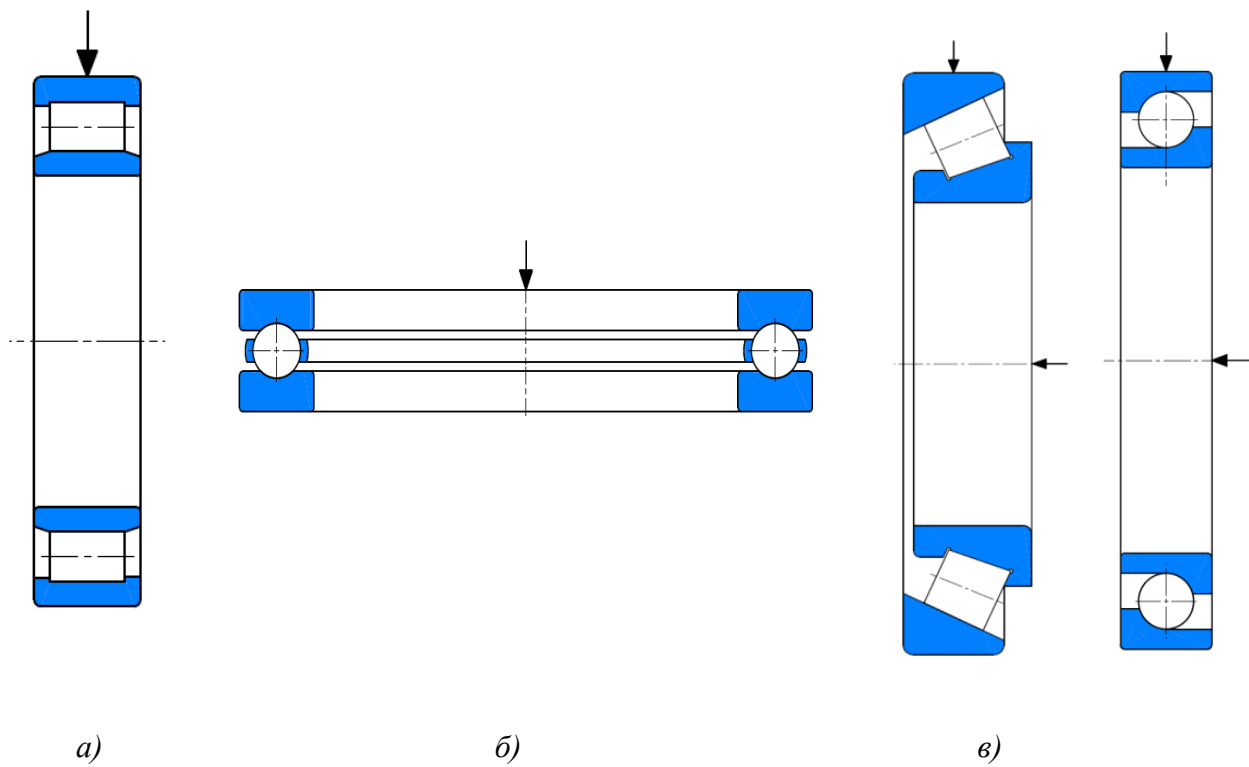
Табела 3 – Карактеристике разних типова лежаја, [6]

ЗАХТЕВИ	Типови лежаја и подручје примене													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Радијална оптерећења	●	●	●	●	●	●	●	●	●	□	□	○	●	
Аксијална оптерећења	●	●	●	●	○	□	●	○	●	□	●	●	●	□
Изједначавање непаралелности осл.	○	○	□	□	●	□	□	●	●	□	□	□	●	●
Накнадно подешавање зазора	□	●	●	□	□	□	●	□	□	□	●	●	●	○
Расклопиви лежај	□	●	●	□	□	●	●	□	□	●	●	●	●	□
Извођење са повишеном тачношћу	●	●	●	□	□	●	●	□	□	○	●	□	□	○
Високи бројеви обртаја	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○
Велика носивост лежаја	○	○	○	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●
Низак ниво буке	●	●	●	□	□	●	□	□	□	□	□	□	□	○
Причвршћивање чауром	○	□	□	□	●	○	□	●	●	□	□	□	□	□
Ознака ●Применљив без ограничења○Условно применљив □ Не препоручује се 1. Прстенасти куглични једноредни лежај са радијалним додиром 2. Прстенасти куглични једноредни лежај са косим додиром 3. Прстенасти куглични једноредни лежај са додиром у четири тачке 4. Прстенасти куглични дворедни лежај са косим додиром 5. Прстенасти куглични дворедни подешљиви лежај 6. Прстенасти цилиндрично - ваљчани једноредни лежај 7. Прстенасти конично - ваљчани лежај 8. Прстенасти бачvasti једноредни лежај 9. Прстенасти бачvasti дворедни лежај 10. Игличасти лежај 11. Колутни куглични једноредни лежај 12. Колутни куглични дворедни лежај 13. Колутни цилиндрично - ваљчани лежај 14. Колутни конично - бачvasti лежај														

1.5 Врсте и карактеристике лажаја

При уградњи лежаја у конструкцију мора се знати којим ће силама лежај бити подвргнут (аксијалним и радијалним). На основу правца сила које делују, лежаји се деле на:

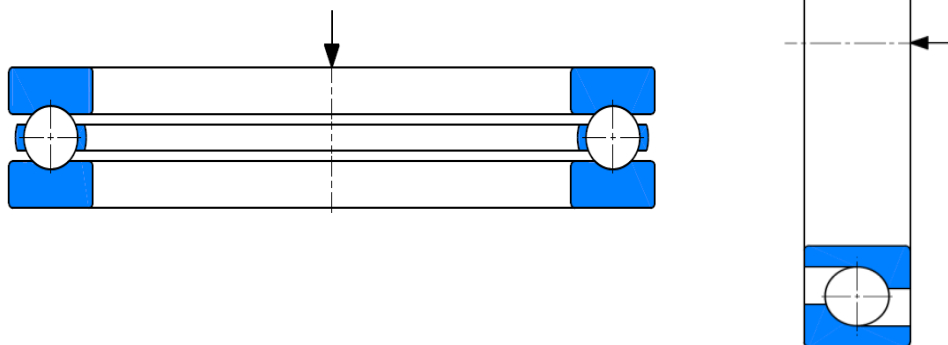
- Радијалне – преносе само радијалне силе
- Аксијалне – преносе само аксијалне силе
- Радијално - аксијалне – преносе силе и у радијалном и у аксијалном правцу, [4].



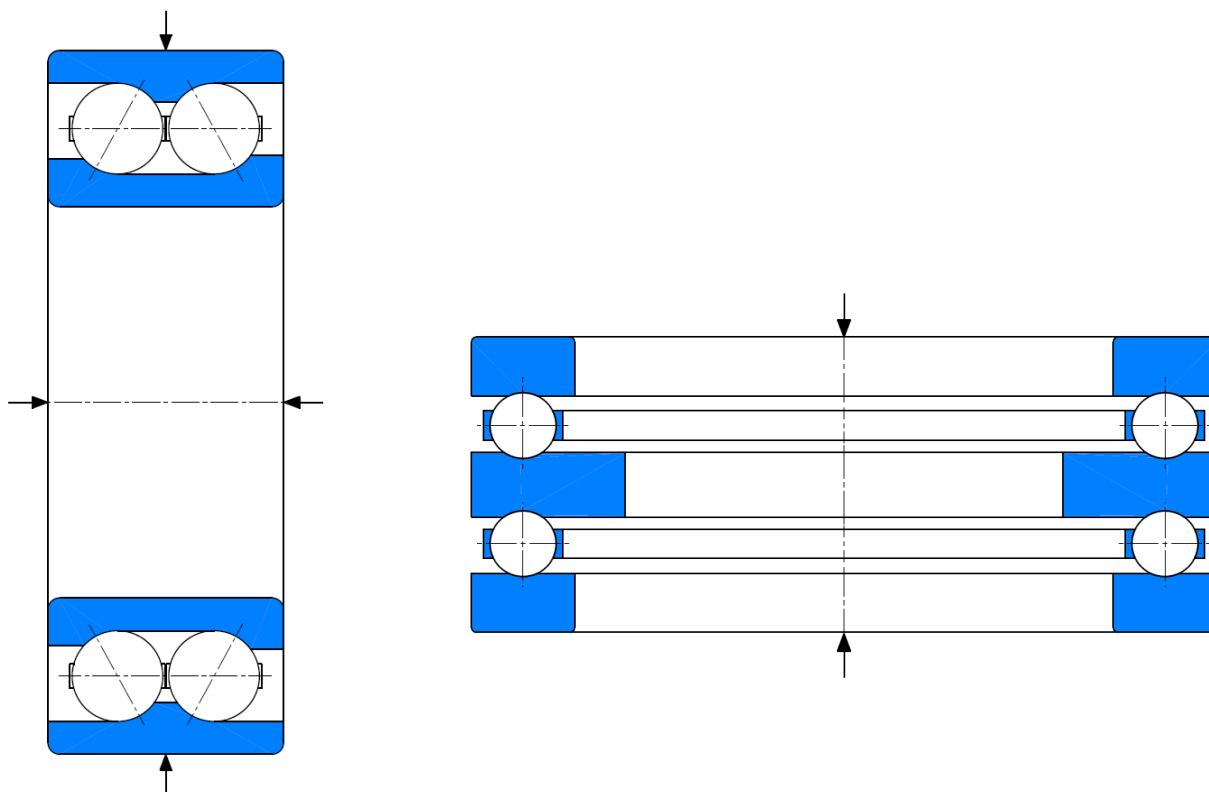
Слика 6 – лежаји (а-радијални ; б-аксијални ; в-радијално-аксијални), [4]

Према смеру дејства силе лежаје делимо на:

- Једносмерне
- Двосмерне, [4].



Слика 7 – Једносмерни лежаји, [4]



Слика 8 – Двосмерни лежаји, [4]

Према начину уградње, могу се поделити на :

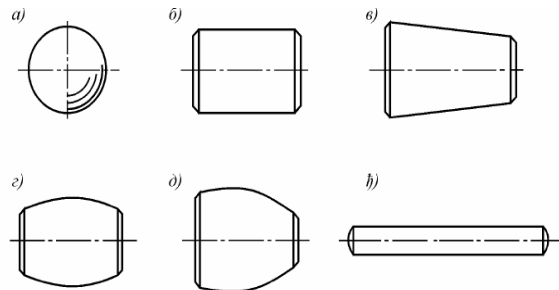
- Фиксиране
- Слободне, [4].

Фиксирани преносе радијалну и аксијалну силу у једном или оба правца, док слободни преносе само радијалну јер је код њих кретање у аксијалном правцу допуштено.

Котрљајна тела могу имати различите облике, па се према облику котрљајних тела лежаји дела не:

- Куглични – котрљајно тело у облику куглице
- Ваљкасти, [4].

У ваљкасте лежаје спадају лежаји са котрљајним телима облика цилиндричних ваљака, конуса, заобљених ваљака и конуса, као и иглица (игличасти лежаји).



Слика 9 – облици котрљајних тела (а – куглица; б – цилиндрични ваљак са праволинијском изводницом; в - конус; г – ваљак са луком изводницом; д – конус са луком изводницом ; и - иглица , [1]

У одређеним ситуацијама потребно је расклопити лежај како би се подесио жељени зазор између спољашњег прстена и кућишта. Према томе лежаједе делимо на:

- Расклопиве
- Нерасклопиве, [4].

Према способности прилагођавања лежаја деформацијама вртила у ослонцу, лежаји се могу поделити на:

- Круте (неподесиве)
- Зглобне (подесиве) , [4].

Постоје ситуације када су оптерећења под којим машинска конструкција ради превелика. Знајући да избор лежаја у многоме зависи од пречника вратила на које належе, могуће је да лежај који има само један ред котрљајних тела не може да издржи оптерећење. Тада је могуће користити лежаје са два или више редова котрљајних тела, јер могу пренети веће оптерећење. Према броју редова котрљајних тела лежаје делимо на:

- Једноредне (један ред котрљајних тела)
- Вишередне (два или више редова), [4].



Слика 11– двoredни лежај



Слика 10 – једноредни лежај



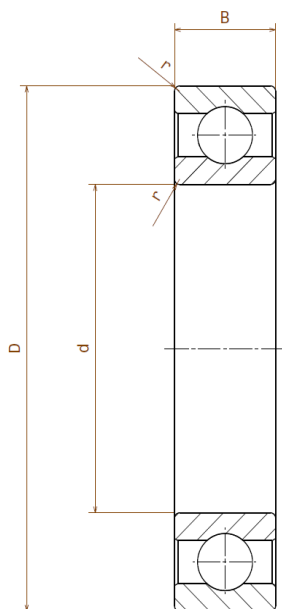
Слика 12 – вишередни лежај

1.6 Стандардна конструкциона решења

У стандардна конструкциона решења лежаја спадају:

- Прстенасти куглични једноредни лежај са радијалним додиром
- Прстенасти куглични једноредни лежај са косим додиром
- Прстенасти куглични дворедни лежај са косим додиром
- Прстенасти куглични дворедни подешљиви лежај
- Прстенасти цилиндрично-ваљчани једноредни лежај
- Игличасти лежај
- Прстенасти конично-ваљчани једноредни лежај
- Прстенасти бачvasti једноредни лежај
- Прстенасти бачvasti дворедни лежај
- Колутни куглични једноредни и дворедни лежаји
- Колутни цилиндрично ваљчани лежај
- Колутни конусно бачvasti лежај, [1].

1.6.1 Прстенасти куглични једноредни лежаји (Серије 60, 62 ,63, 64)



Овакви типови лежаја мају веома широку примену, услед веома једноставног конструкционог облика, смањене буке и вибрација током експлоатације, као и веома ниске цене.

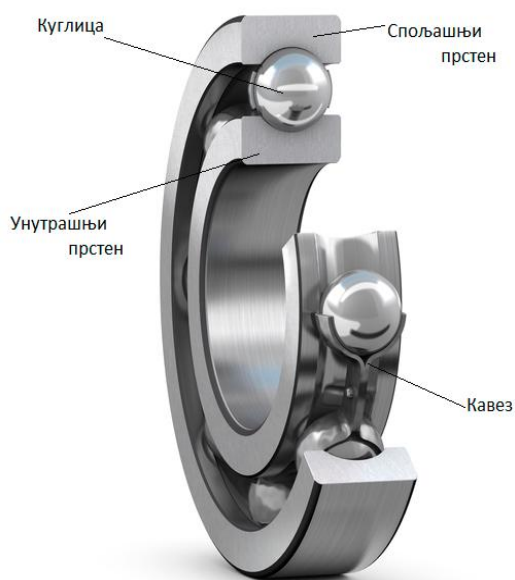
Овакви типови спадају у групу радијално-аксијалних лежаја. Способни су да пренесу релативно велика радијална и аксијална оптерећења.

Могу се користити у готово свим типовима машина, [3].

Слика 13 – Прстенасти куглични једноредни лежај, [1]

Конструкционо решење лежаја овог типа може да садржи један или два заштитна чеона прстена, који имају улогу да спрече улазак страних тела (нечистоће, прашина итд.).

Такође, могуће је и урадити два заптивна прстена како би се, поред продора страних тела, спречио излазак уља или масти којима се лажај подмазује током рада, [3, 5, 7].

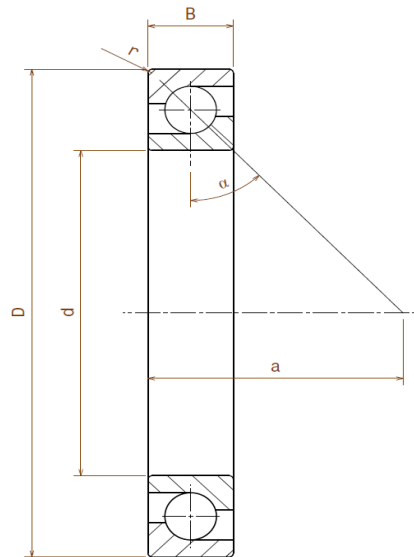


Слика 14 – Основни делови лежаја

1.6.2 Прстенасти куглични једоредни лежаји са косим додиром (Серије 70, 72, 73)

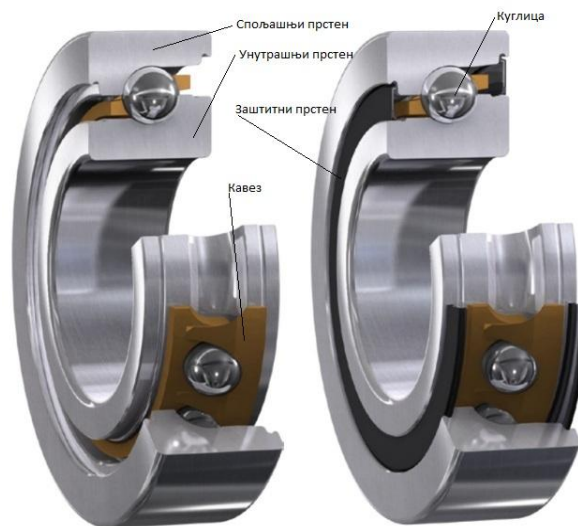
Ова група лежаја спада у групу радијално – аксијалних лежаја, с тим што аксијалну силу преносе само у једном смеру.

Код оваквих лежаја долази до израза значај угла додира α . То је угао између радијалног правца и правце који одређују тачке додира котрљајних тела са спољашњим и унутрашњим прстеном. Величина аксијалне силе који лежај може да пренесе у великој мери зависи од угла α . Са повећањем угла повећава се и аксијална сила коју лежај може да пренесе, [3, 5, 7].



Слика 15 – прстенасти куглични лежај са косим додиром, [1]

Жлеб за котрљајна тела на спољашњем и унутрашњем прстену има наклон само са једне стране, док је друга страна равна, тако да ови лежаји имају могућност преноса аксијалне силе само у једном смеру. Ова особина представља главни разлог због чега се овакви типови лежаја увек уграђују у пару.



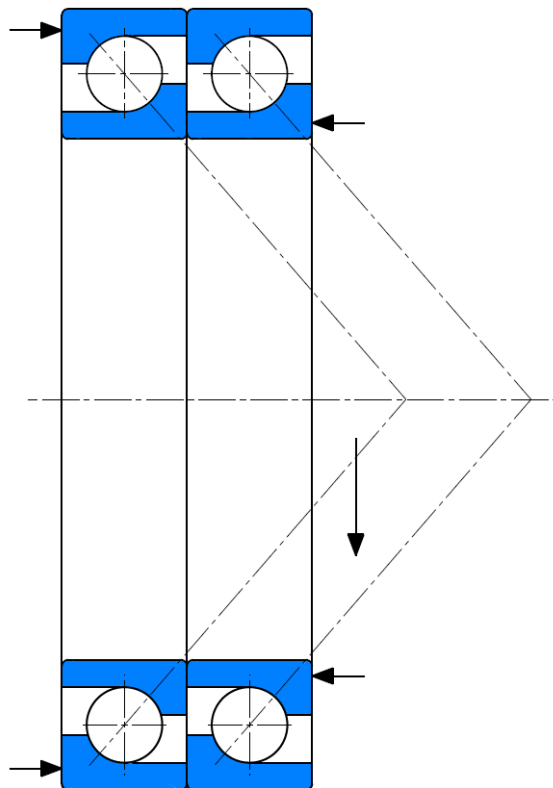
Слика 16 – Делови лежаја

Посматрајући са аспекта уградње котрљајних лежаја, постоји три основна типа уградње лежаја из ових серија, а то су:

- Тандем уградња
- „О“ распоред
- „Х“ распоред, [3].

Тандем уградња :

Овај тип уградње подразумева да оба лежаја имају исти положај. Омогућен је пренос веома великих аксијалних сила. Веома је погодан јер се оптерећење дели равномерно на оба лежаја, [3].

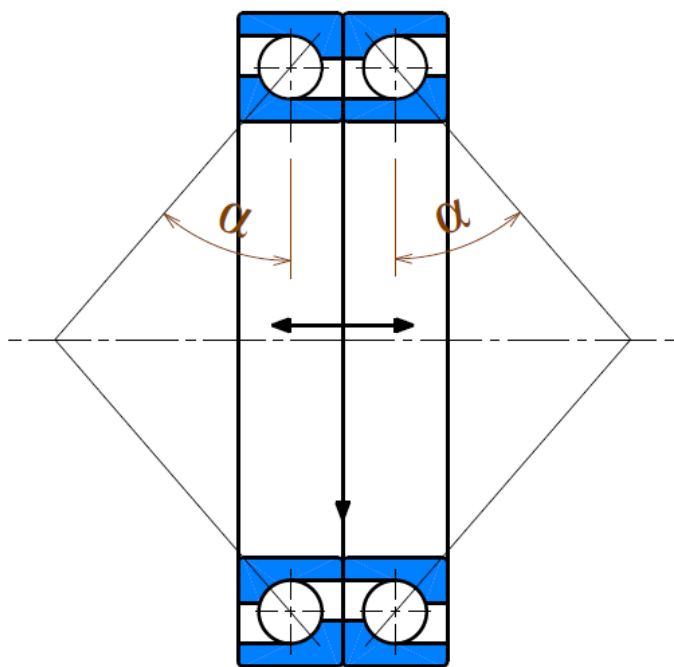


Слика 17 – Тандем уградња, [3]

„O“ распоред :

Овај начин улежиштења се користи као аксијално непокретни ослонац вратила јер има могућност преноса аксијалне силе у оба смера.

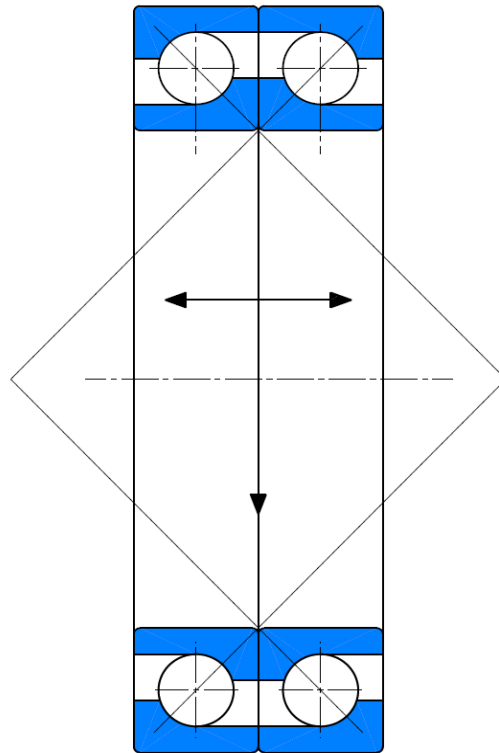
Ово је јако круто улежиштењење, па је потребна велика саосност спољашњег и унутрашњег прстена лежаја, [3].



Слика 18 - „O“ уградња, [3]

„X“ распоред :

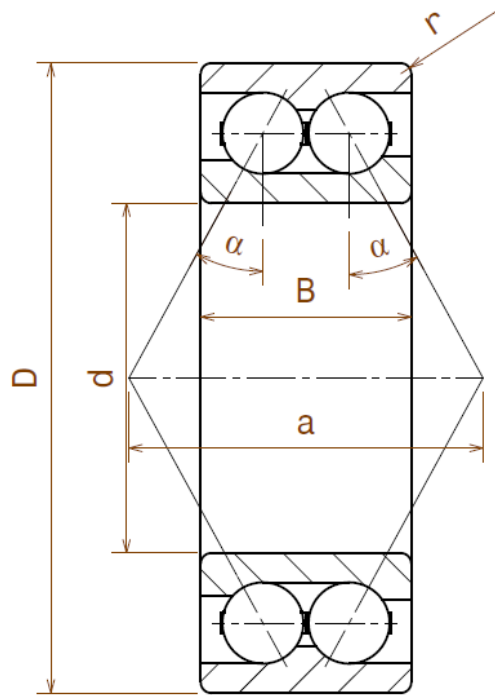
Као и „О“ тип, користи се као непокретни ослонац јер је омогућен пренос аксијалне силе у оба правца. У поређењу са „О“ типом, ово је мање круто улежиштење, [3].



Слика 19 – „X“ уградња, [3]

1.6.3 Прстенасти куглични дворедни лежај са косим додиром (Серије 32, 33)

Овај лежај у потпуности одговара пару једноредних кугличних лежаја са косим додиром са 0 извођењем. Преноси знатно радијално оптерећење, као и аксијална оптерећења у оба смера. Најчешће налази примену као ослонац краћих крутих вратила у режимима рада са мањим бројем обртаја, [3,5,7].



Слика 20 – Прстенасти куглични дворедни
лежај са косим додиром, [1]



Слика 21 – Делови лежаја

1.6.4 Прстенасти куглични дворедни подешљиви лежај (Серије 12, 13, 22, 23...)

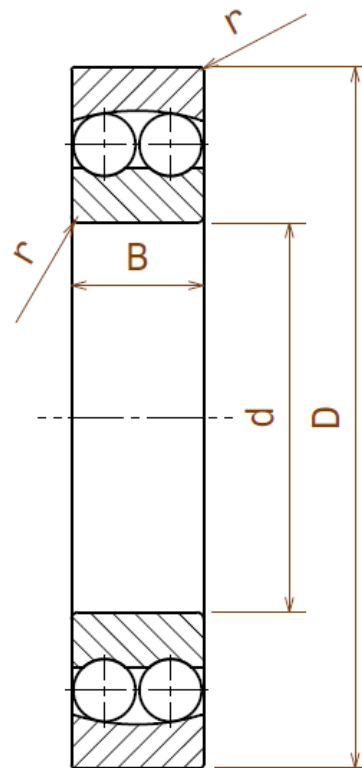
Овај тип лежаја је карактеристичан по томе што је површина котрљања на спољашњем прстену сферног облика, па се омогућава угаоно прилагођавање деформацијама вратила и до 4° .

Може да пренесе првенствено радијално оптерећење, као и умерена аксијална оптерећења у оба смера.

Налазе примену код вратила већих распона између ослонаца, где не може да се постигне одговарајућа тачност при монтажи и где се очекују деформације вратила услед оптерећења током експлоатације, [3,5,7].



Слика 22 – Основни делови лежаја



Слика 23 – прстенасти куглични дворедни
подешљиви лежај, [1]

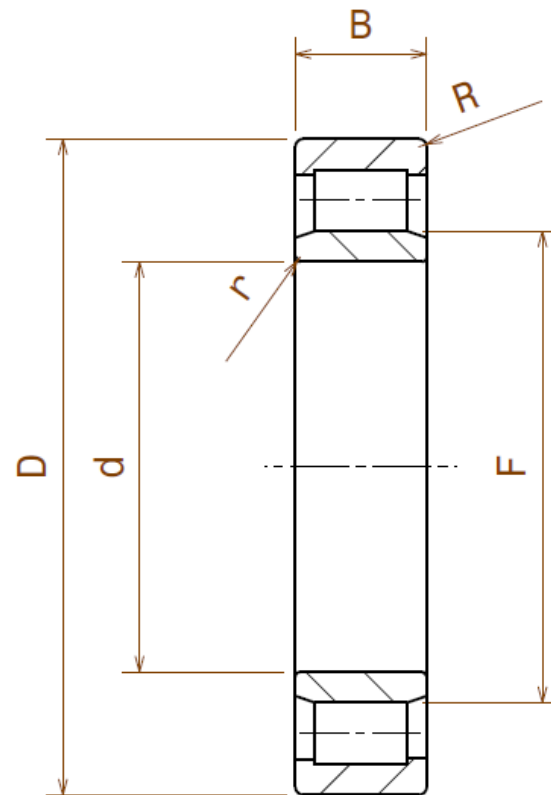
1.6.5 Прстенасти цилиндрично-ваљчани једноредни лежај

(Серије NU10, NU2, NU22..)

Карактеристика овог типа лежаја је то да је додир котрљајног тела и прстенова линијски. У погледу носивости, ова карактеристика им даје велику предност у односу на кугличне истих димензија. Користе се првенствено за пренос радијалних оптерећења. Подносе рад при веома високим бројевима обртаја. Користе се код осовина шинских возила, електромотора, разних преносника и других машина, [3,5,7].



Слика 24 – Основни делови лежаја



Слика 25–Прстенасти цилиндрично–ваљчани лежај, [1]

1.6.6 Игличасти лежаји (NA48, NA49...)

Представљају специјално извођење цилиндрично ваљчаних лежаја, где котрљајна тела имају занемарљиво мали пречник у односу на дужину (имају облик иглице).

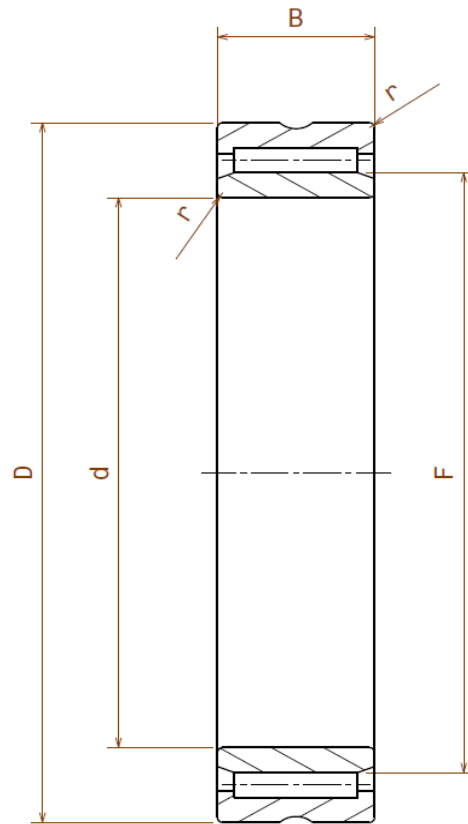
Могу да преносе само радијално оптерећење.

Јако су крути, захтевају високу тачност обраде површина и врло прецизно вођење вратила.

Примењују се код нижих и средњих бројева обртаја, у ослонцима алатних машина, код трансмисије моторних возила, вратила електричних уређаја, рукаваца карданских преносника итд., [3,5,7].



Слика 26 – Основни делови игличастих лежаја



Слика 27 – Игличасти лежај,[1]

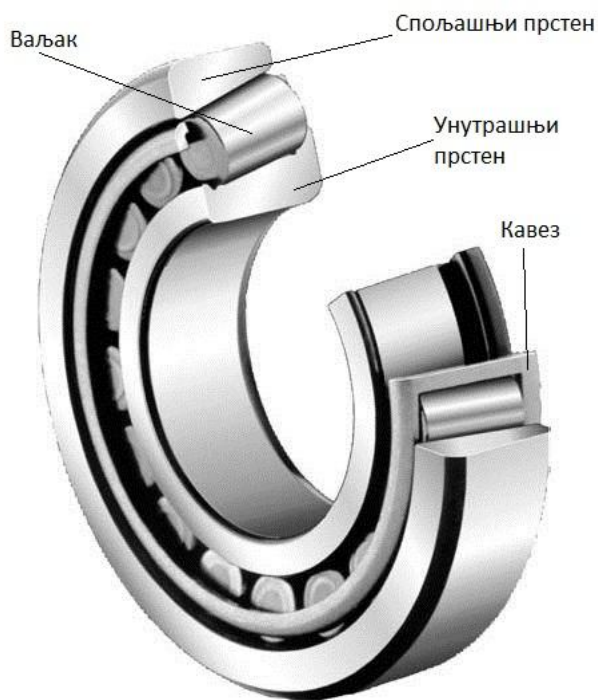
1.6.7 Прстенасти конично-ваљчани једноредни лежај (Серије 302, 303, 322...)

Као котрљајна тела код овог типа лежаја користе се конусни ваљци, а површине котрљања спољашњег и унутрашњег прстена су делови конуса.

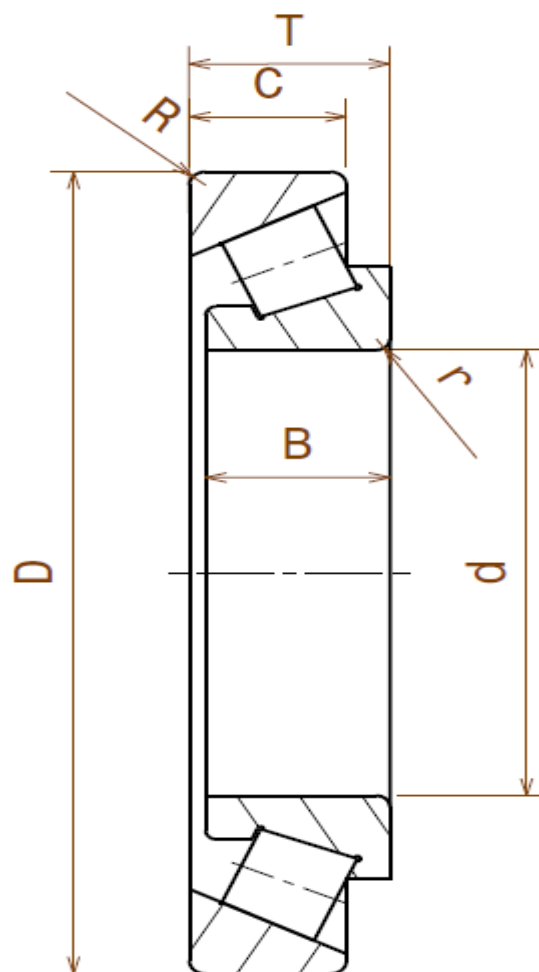
Уграђују се у пару, као предмет и лик огледалу, јер се на тај начин елиминише додатна аксијална сила која настаје у раду, а тежи да раздвоји прстенове лежаја.

Могу да пренесу веома висока радијална и аксијална оптерећења. Спадају у круте лежаје, погодни су за рад при нижем броју обртаја вратила.

Налазе примену код трансмисије моторних возила, код свих врста преносника снаге, алатних машина, [3,5,7].



Слика 28 – Основни делови лежаја

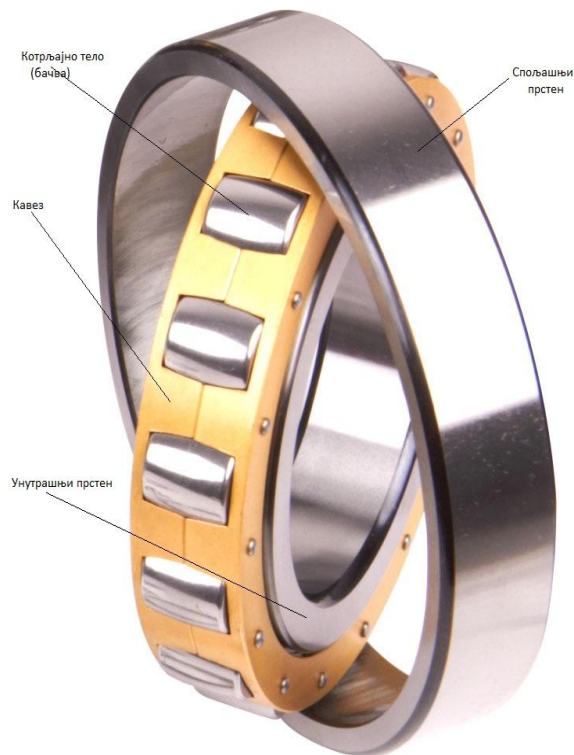


Слика 29 – Прстенасти конично-ваљчани лежај, [1]

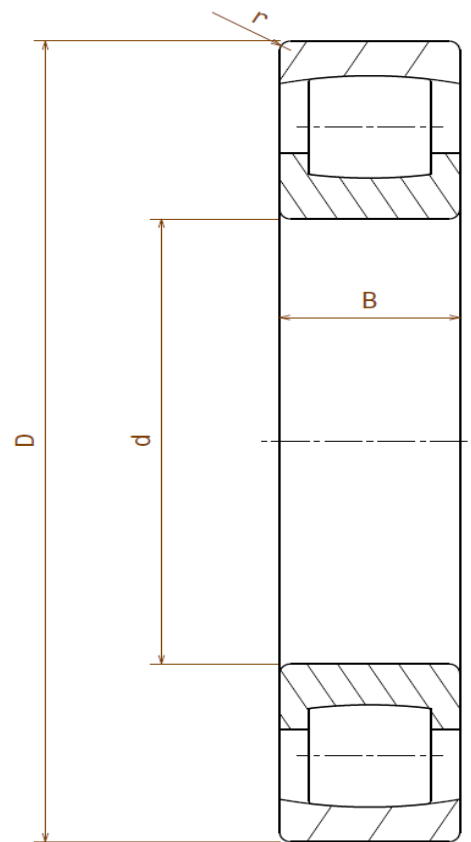
1.6.8 Прстенасти бачвасти једноредни лежај (Серије 202, 203...)

Имају изванредне карактеристике у погледу носивости. Такође, веома добро подносе ударна оптерећења, и имају феноменалну могућност прилагођавања еластичним деформацијама вратила и непаралелности оса ослоних површина. То омогућава већа додирна површина између котрљајних тела и прстенова, као и сферни облик површине котрљања по спољашњем прстену. Котрљајна тела имају лучну изводницу па подсећају на бачве.

Примењују се за велика радијална оптерећења, а могу пренети и мања аксијална оптерећења. Погодни су за ниже бројеве обртаја. Примењују се код возила, у тешкој машиноградњи и код вратила изложеним великим радијалним оптерећењима при јаким ударима, [3,5,7].



Слика 30 – делови бачвастих лежаја



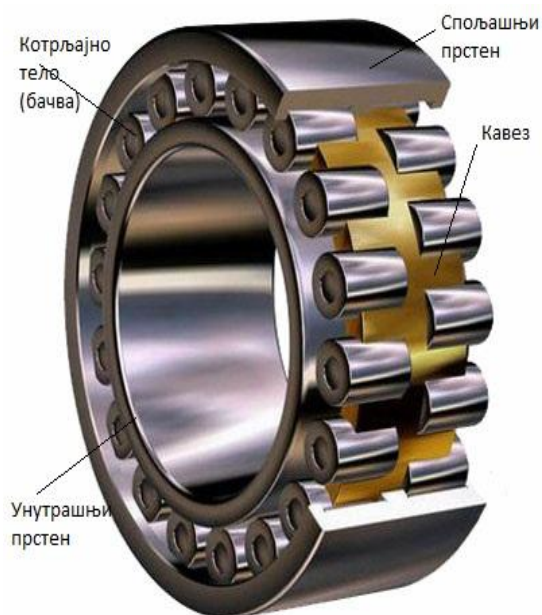
Слика 31 – Прстенасти бачвасти лежај, [1]

1.6.9 Прстенасти бачвасти двoredни лежај (Серије 222, 223...)

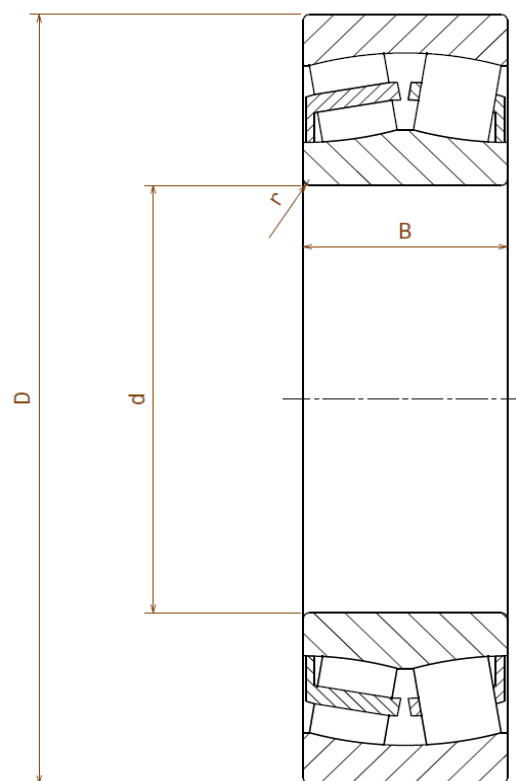
Уградњом два реда котрљајних тела знатно се повећава носивост лежаја, али и могућност да поред велике радијалне силе преноси и аксијалну у оба смера. Погодни су за ударна оптерећења и ниже бројеве обртаја.

У погледу специфичне носивости и пријема ударних оптерећења нема бољих лежаја, али су због компликованог облика котрљајних тела и прстенова скупи за израду.

Користе се код тешко оптерећених ослонаца, [3,5,7].



Слика 32 – Делови лежаја

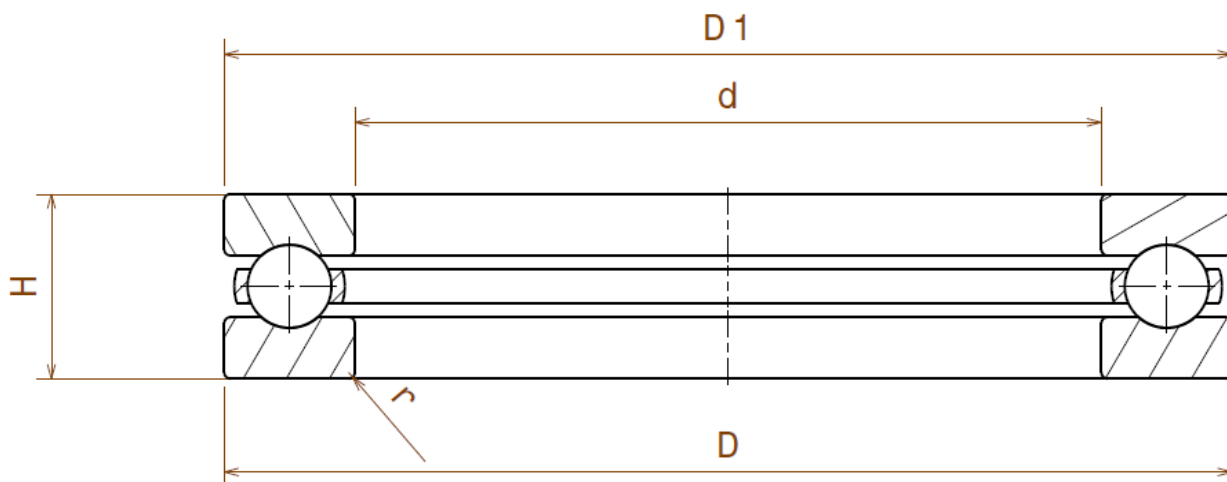


Слика 33 – Прстенасти бачвасти двoredни лежај, [1]

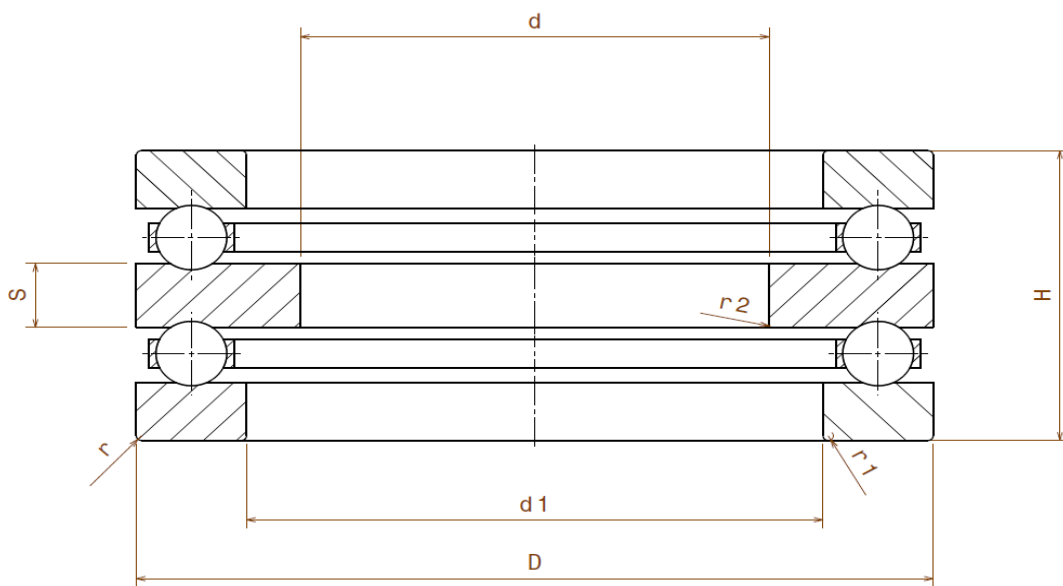
1.6.10 Колутни куглични једноредни и дворедни лежаји

Једноредни лежаји носе ознаке 511, 512, 513...

Дворедни лежаји носе ознаке 522, 523...



Слика 34 – Колутни куглични једноредни лежај, [1]



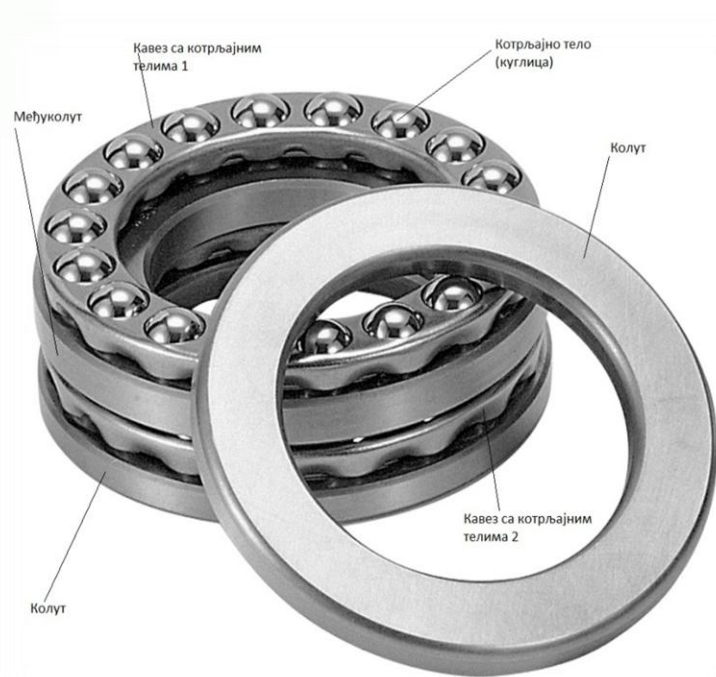
Слика 35 – Колутни куглични дворедни лежај, [1]

Једноредни лежаји могу да преносе чисто аксијално оптерећење, али само у једном смеру и погодни су за рад при нижим бројевима обртаја.

Дворедни лежаји имају могућност преноса аксијалне силе у оба смера. Налазе примену код аксијалних ослонаца, као и за пријем великих аксијалних сила у ослонцима вратила које радијални лежаји не могу да поднесу, нпр. улежиштење вратила пужних преноснока, вретена бушилица, кранских кука, обртних постоља итд, [3,5,7].



Слика 36 – Основни делови
једноредних лежаја



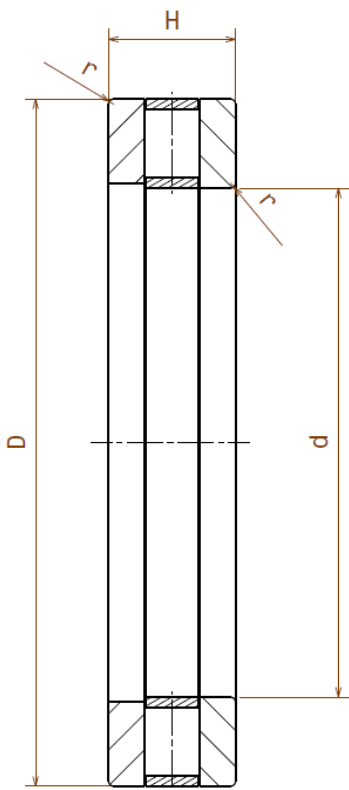
Слика 37 – Основни делови дворедних лежаја

1.6.11 Колутни цилиндрично – ваљчани лежаји (серије 811, 812...)

Колутни цилиндрично-ваљчани лежаји су погодни за рад при великим аксијалним оптерећењима. Имају релативно велику отпорност на ударна оптерећења, веома су крути и захтевају мало простора. Стандардима је прописано да се производе само као једносмерни тј. користе се за пренос аксијалне силе у једном смеру.

Једноставне су форме. Производе се као једноредни и дворедни. Лежаји серија 811 и 812 углавном налазе примену у ситуацијама када одговарајући куглични колутни лежаји немају довољну носивост.

Ова група лежаја спада у групу раздвојивих лежаја. Ваљци су растеређени на крају како не би дошло до оштећења ивица, [3,5,7].



Слика 39 – Основни делови лежаја

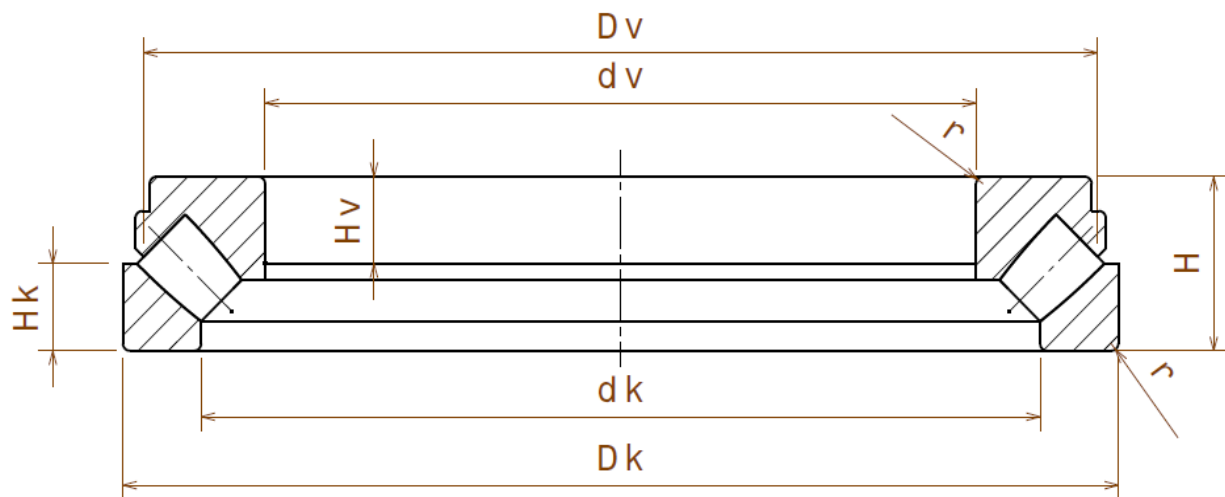
Слика 38 – Основне димензије лежаја, [1]

1.6.12 Колутни конусно-бачвасти лежаји (Серије 292...)

Котрљајна тела су конуси са лучном изводницом – коничне бачвице постављене под углом од 45° . Због веће додирне површине између колута и котрљајних тела ови лежаји имају знатно већу специфичну носивост од колутних кугличних лежаја.

Могу да се користе за рад при великим бројевима обртаја, јер се добро подмазују.

Налазе примену код тешких вертикалних вратила, вратила пужних преносника итд, [3,5,7].



Слика 40 – Колутни конусно бачвасти лежај, [1]



Слика 41 – Делови конусно бачвастог лежаја

2. Уградња лежаја

Уколико је потребно ослонити вратило у два ослонца, потребно је знати да један од два лежаја мора бити аксијално учвршћен, јер на тај начин прима аксијално оптерећење у једном или оба смера. Такав лежај мора припадати групи аксијалних или радијално – аксијалних лежаја. Уколико се тај један лежај учврсти, други лежај сме бити аксијално слободан. У том сличају аксијално слободни лежај имаће за задатак само пренос радијалних оптерећења.

У случају да се оба лежаја аксијално фиксирају, оба лежаја ће преносити аксијалне силе (један у једном смеру, други у другом). Стога, главна предност аксијалног учвршћивања лежаја у једном ослонцу састоји се у томе што толеранције дужинских мера вратила и кућишта могу бити грубље, без страха да у току монтаже налагање у аксијалном правцу неће бити исправно. Такође, важно је напоменути да температурне дилатације немају утицаја на напоне у аксијалном правцу јер је један лежај аксијално слободан. Због тога се користи правило по којем се учвршћивање само једног лежаја врши ако је растојање између лежаја $l \geq 350 \text{ mm}$, а при већим температурама ако је $l \geq 250 \text{ mm}$. Једина мана аксијалног учвршћивања лежаја само у једном ослонцу је та што је тај процес сложенији и скуплији.

Код аксијалног учвршћивања лежаја у оба ослонца потребно је предвидети могућност аксијалног подешавања зазора.

Лежаји су осетљиви на спољашње утицаје као што су прашина, влага, метални опилци и нечистоће, па их треба уграђивати чистим рукама и прибором. Пре монтаже треба их очистити у бензину или бензолу, подмазати их а тек онда уградити. Као мазиво се може користити маст за конзервирање при радним температурама $t \leq 125^\circ\text{C}$. Такође, пре уградње се не треба очистити и подмазати само лежај, већ и површина рукавца на коју лежај належе, као и кућиште. Као мазива се користе разни типови масти и уља. Мањи лежаји (унутрашњих пречника до 40 милиметара) навлаче се на рукавац у хладном стању помоћу хидрауличне пресе или ручно (помоћу чекића и цеви која належе на унутрашњи прстен лежаја).

При монтажи, посебну пажњу треба обратити да се лежај не монтира на рукавац преко спољашњег прстена јер би дошло до оштећења кавеза. Уколико се монтажа врши истовремено на рукавац и у кућиште, треба поставити плочу која додирује оба прстена, а затим благим ударима чекића извршити монтажу. Већи лежаји (унутрашњег пречника већег од 40 mm) се монтирају у топлом стању. Загревање се врши помоћу уља, на 70 до 80°C, а максимално до 120°C. Ако је у питању чврсто налагање лежаја и кућишта (постоји преклоп а не зазор), потребно је или охладити лежај, како би се његове димензије смањиле, или загрејати кућиште, [3].

2.1 Типови уградње котрљајних лежаја

Предуслов успешног функционисања лежаја је његова правилна уградња у конструкцију. Да би лежај радио исправно потребно је обезбедити услове за преношење радијалних и аксијалних сила са вратила на ослонце и обрнуто. За исправно преношење радијалних сила са вратила на прстенове лежаја и са прстенова на ослонце неопходно је радијално учвршћивање лежаја. То се постиже избором одговарајућег типа налегања између вратила и унутрашњег прстена и између спољашњег прстена и кућишта, [1].

За пренос аксијалних сила неопходно је аксијално учвршћивање вратила у ослонцима. Према томе, могућа су три различита конструкциона извођења аксијалног учвршћивања:

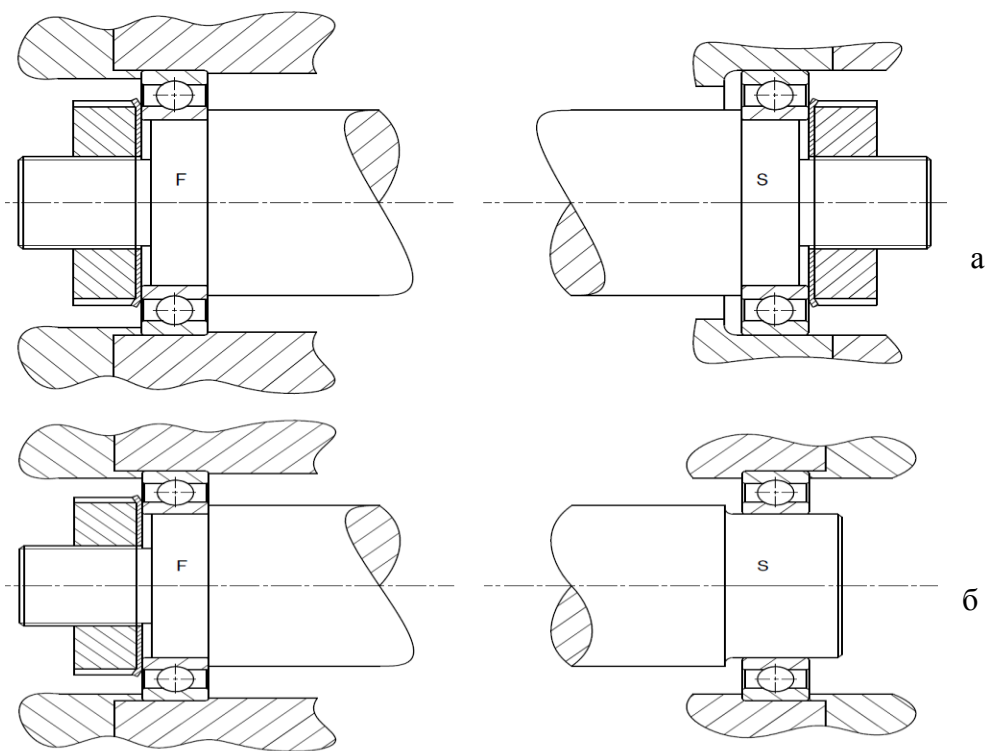
- Улежиштење са фиксираним и аксијално слободним ослонцем (F-S)
- Улежиштење са оба фиксирана ослонца (F-F)
- Улежиштење са слободним ослонцима тј. пливајуће улежиштење (S-S) , [3].

2.1.1 F-S улежиштење

Улежиштење са фиксираним и слободним ослоном најчешће налази примену у пракси. Овакво улежиштење може да прими комбиновано радијално-аксијално оптерећење и да обезбеди аксијално вођење вратила. Улога слободног лежаја је да прими само радијалну силу и обезбеђује несметано аксијално померање у циљу компензовања термичких дилатација. Фиксирани лежај поред радијалних преноси и аксијална оптерећења у оба смера. Код вратила са више ослонаца само један је фиксиран, док су сви остали аксијално слободни, [1].

Основне предности овог типа улежиштења су :

- Нема аксијалних предоптерећења лежаја
- Одстојања између ослонаца могу бити израђена са великим толеранцијама
- Једноставна монтажа без аксијаног зазора
- Добро аксијално вођење, [3,6].



Слика 42 – F-S улежиштење, [1]

На слици се види да се аксијално померање слободног ослонца може одвијати између спољашњег прстена и кућишта (а) или на рукавцу вратила (б).

2.1.2 F-F улежиштење

Примењује се код уградње прстенастих кугличних једоредних лежаја са косим додиром као и код уградње конусно ваљчаних лежаја. Лежаји се уграђују симетрично, као предмет и лик у огледалу. У току монтаже мора се строго водити рачуна о аксијалном зазору односно могућем аксијалном предоптерећењу лежаја. При томе се код „О“ распореда унутрашњи прстен, а код „Х“ распореда спољашњи прстен померају све до постизања жељеног налегања.

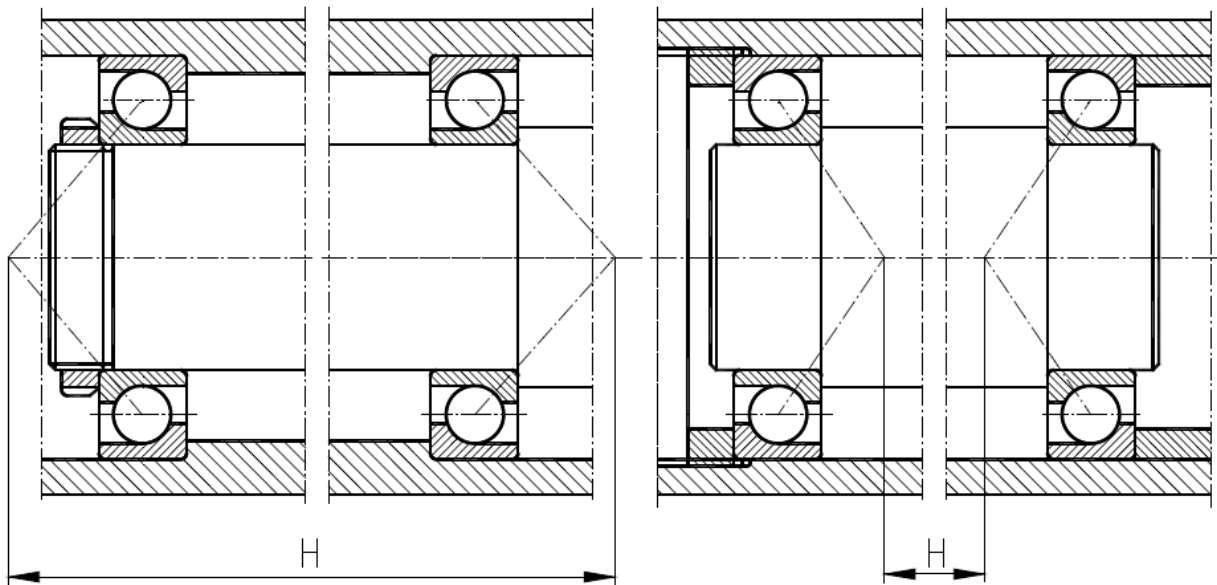
При оваквом типу уградње, један лежај аксијално учвршћује вратило у једном смеру, а други лежај у другом смеру.

Главне предности овог типа улежиштења су :

- Могуће је постићи жељени аксијални зазор или предоптерећење
- Добро аксијално и радијално вођење вратила
- Примена код великих радијалних и аксијалних оптерећења

Недостаци овог типа улежиштења су:

- Неопходно је веома прецизно подешавање у току монтаже
- Немогућа примена при већим растојањима између ослонаца (због термичких дилатација)
- Жељени аксијални зазор односно предоптерећење могуће је утврдити тек у раду јер зависе од температуре, [3,6].



Слика 43 – Примери улежиштења са оба фиксирана ослонаца, [6]

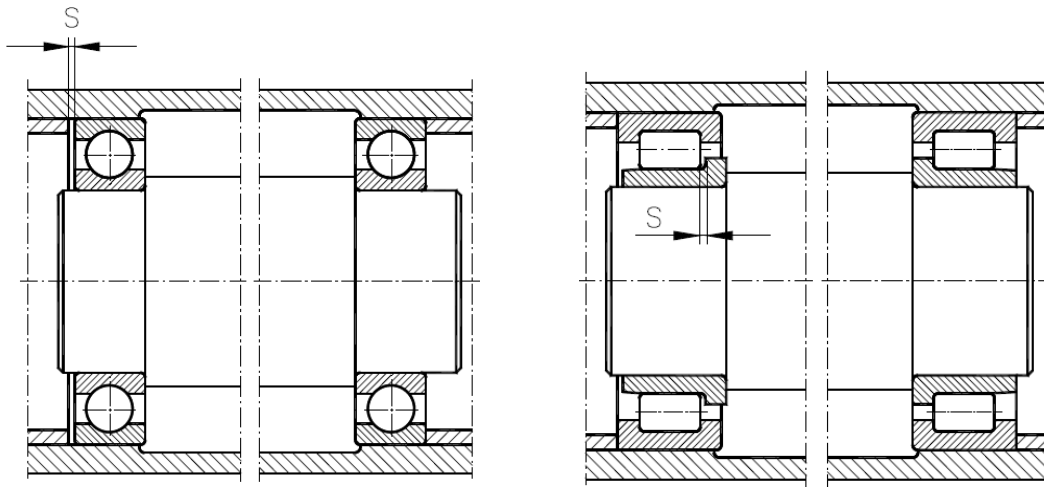
2.1.3 Пливајуће улежиштење

Ово улежиштење се назива пливајућим јер се при монтажи оставља велики зазор ($0,5 - 1 \text{ mm}$). Примењује се код вратила где нема аксијалних сила или оне делују само у једном смеру. Овакво улежиштење може да компензује велика аксијална издужења вратила. У оваквим конструкцијама најчешћу примену налазе прстенасти цилиндрично ваљчани лежаји. У случају да се користе прстенасти куглични једноредни лежаји са радијалним додиром или прстенасти дворедни куглични подешљиви лежаји, обавезно је да или спољашњи или унутрашњи прстен буду фиксирани.

Предност пливајућег улежиштења је једноставно конструкционо извођење, једноставна монтажа као и ниска цена. Међутим, недостаци су бројнији, а неки од њих су :

- Аксијалне силе смеју да делују само у једном смеру
- Аксијално вођење није обезбеђено
- Динамичке аксијалне силе нису дозвољене јер доводе до аксијалног осциловања вратила

Аксијално учвршћивање вратила у ослонцима изводи се учвршћивањем прстена лежаја на вратилу односно кућишту. Преношење аксијалних сила са прстена на вратило најлакше се изводи преко наслона вратила.



Слика 44 – Примери пливајућег улежиштења , [6]

3. Подмазивање лежишта

Подмазивање лежаја се врши у циљу смањења трења и хабања на местима додира котрљајних тела са једне и прстенова и држача са друге стране. Мазиво олакшава релативно померање прстенова, штити лежај од продирања страних тела у њега, штити лежај од корозије, одводи топлоту, смањује буку и др. Као мазиво употребљавају се минерална уља и масти, а у специјалним случајевима и чврста мазива.

Уље се користи код брзоходних лежаја и за велика оптерећења. За подмазивање је довољна врло мала количина уља. Основна карактеристика уља је вискозност. Уље се доводи у лежај на разне начине. Често се користи подмазивање помоћу уљне каде при чему ниво уља не треба да прелази ниво доњег, најнижег котрљајног тела. Код јако великих оптерећења, уље се под притиском, путем млазница доводи у лежај. При великим бројевима обрта подмазивање се врши уљном маглом.

Маст се користи као мазиво лежаја код спороходних машина и машина које раде у прабини и у влажном простору. Маст олакшава заптивање и одржавање лежаја. Најчешће се користе силицијумове, натријумове и литијумове масти. Ако је век трајања масти већи од радног века лежаја, лежај се у току монтаже пуни машћу. У супротном, потребна је чешћа замена масти. Масти нису погодне за подмазивање при великим температурама.

Чврста мазива се користе код лежаја који раде на сниженим или повишеним температурама, у вакууму и др. Као чврсто мазиво користи се графит, молибденсулфид и политетраетилен. Ова врста мазива се може наносити у танком слоју или као прашкасти материјал.

Замена мазива се врши на основу искуства. Код друмских возила се, обично, мазиво мења после пређених 15000 до 20000 километара, а код шинских возила једанпут годишње. У осталим случајевима мазиво се најчешће мења после неких 1000 часова рада, [1].

4. Заптиваче лежишта

Основни задатак заптивања котрљајних лежаја је да спречи истицање мазива и продор честица из околине у лежај или у простор где се он налази. Избор начина заптивања врши се према радним уловима (присуство нечистоће или влаге), захтеваном радном веку лежаја, врсти мазива и начину подмазивања и учестаности обртања лежаја.

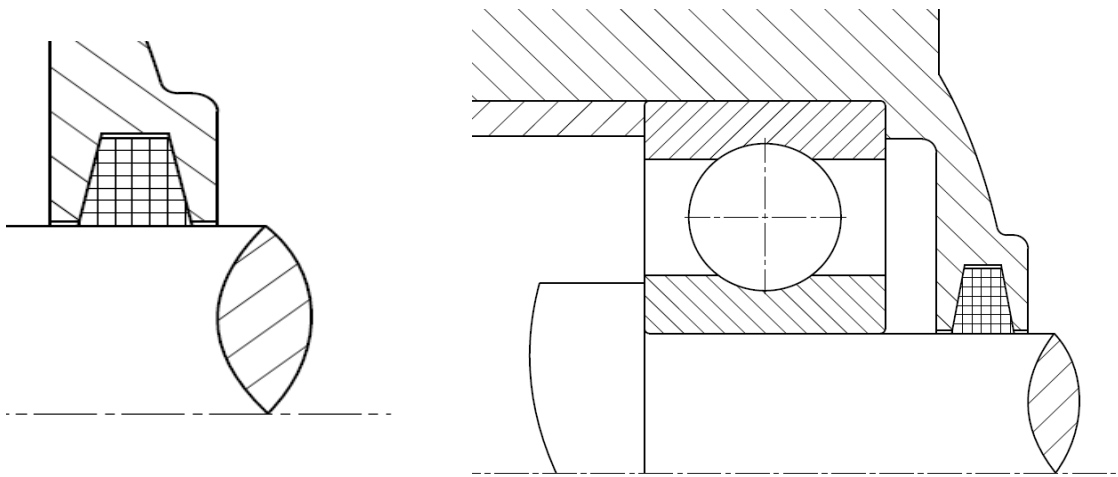
Према начину заптивања, заптиваче делимо на:

- Заптиваче са додиром заптивних површина
- Заптиваче без додира заптивних површина, [1].

4.1 Заптивачи са додиром заптивних површина

Због клизања између покретне и непокретне заптивне површине долази до загревања и хабања додирних површина, стога ови заптивачи имају ограничен радни век и због тога се не препоручује њихова примена при раду са великим бројевима обрта.

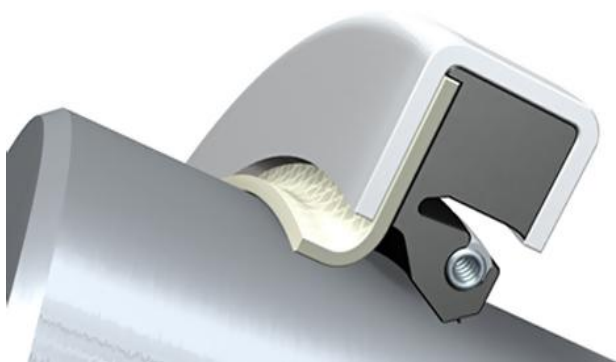
У односу на заптиваче без додира заптивних површина, ови заптивачи имају већу ефикасност заптивања, јер не постоји никакав контакт између спољашње средине и простора који се заптива. Могу да се примене и код подмазивања машћу и код подмазивања уљем, [3].



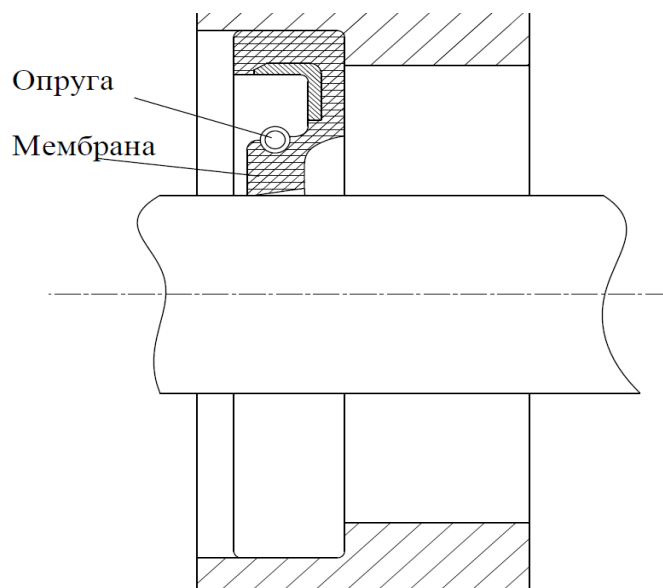
Слика 45 – Филцани прстен, [3]

Најједноставнији заптивач са додиром заптивних површина је филцани прстен, који се примењује за средње брзине клизања до 4 m/s .

Као заптивач са додиром заптивних површина најчешће се примењује манжетни заптивач (семеринг). Ови заптивачи могу да се примене за радне температуре до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и брзине клизања до 20 m/s .



Слика 46 – Налегање заптивача на вратило



Слика 47 – Манжетни заптивач, [3]

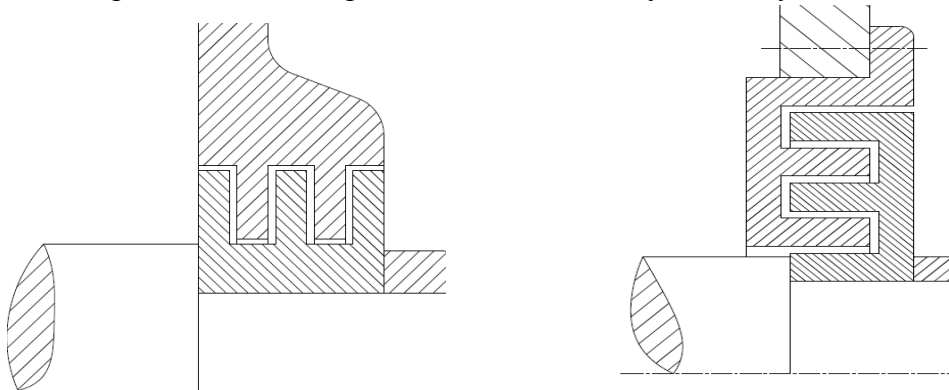


Слика 48 – Тродимензионални приказ семеринга

4.2 Заптивачи без додира заптивних површина

Пошто не постоји додир покретне и непокретне заптивне површине неће бити ни хабања, па овакво заптивање има неограничен радни век. Међутим, у овом случају између спољашње средине и лежаја постоји зазор, што смањује ефикасност заптивања. Овакав начин заптивања се најчешће користи ако се подмазивање обавља машћу, а ређе уљем.

Најчешће коришћени заптивачи без додира заптивних површина су лабиринтски заптивачи. Принцип заптивања састоји се у пролазу мазива кроз наизменично мањи и већи зазор, при чему се смањује његова кинетичка енергија и спречава истицање. Постоје два типа лабиринтских заптивача а то су аксијални, који се примењује код једноделних кућишта, и радијални – примењује се код дводелних кућишта. Овакав тип заптивања се користи при подмазивању машћу и ефикасно штити лежај од продора спољашњих нечистоћа. При монтажи лабиритски заптивачи се пуне машћу, [3].



а) Аксијално лабиринтско заптивање

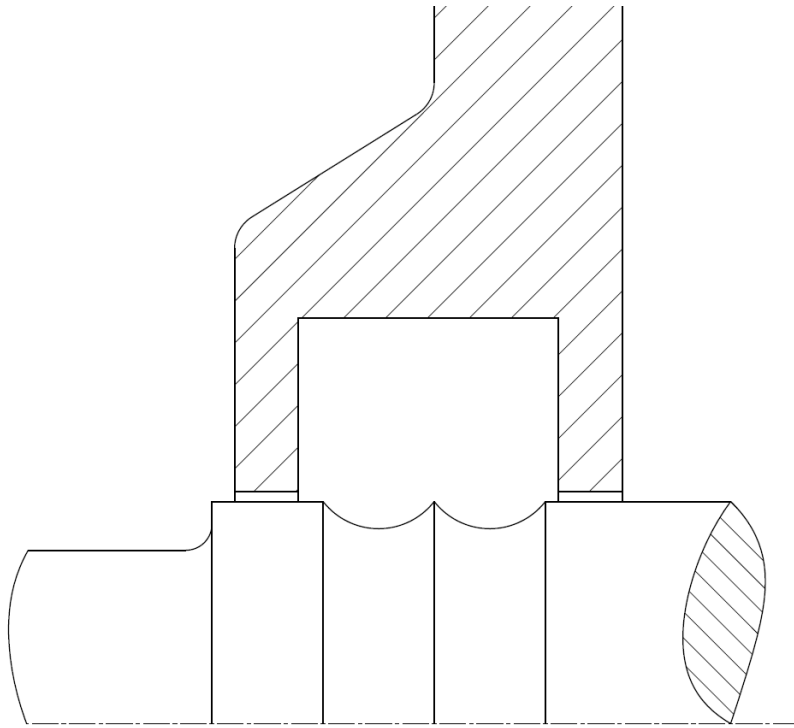
б) Радијално лабиринтско заптивање

Слика 49 – Аксијални и радијални лабиринтски заптивач, [3]



Слика 50 – Лабиринтски заптивач

Као заптивачи без додира заптивних површина такође се користе и центрифугални заптивачи. Овакав тип заптивача најчешће налази примену при подмазивању лежаја уљем, када лежај има велику учестаност обртања. На вратилу може бити израђен или посебно причвршћен гребен троугластог пресека. При раду, када уље дође до овог гребена, под дејством центрифугалне силе бива одбачено од вратила, а затим се преко посебних канала враћа у кућиште. У циљу ефикасности заптивања постоје и конструкциона решења са два гребена, [3].

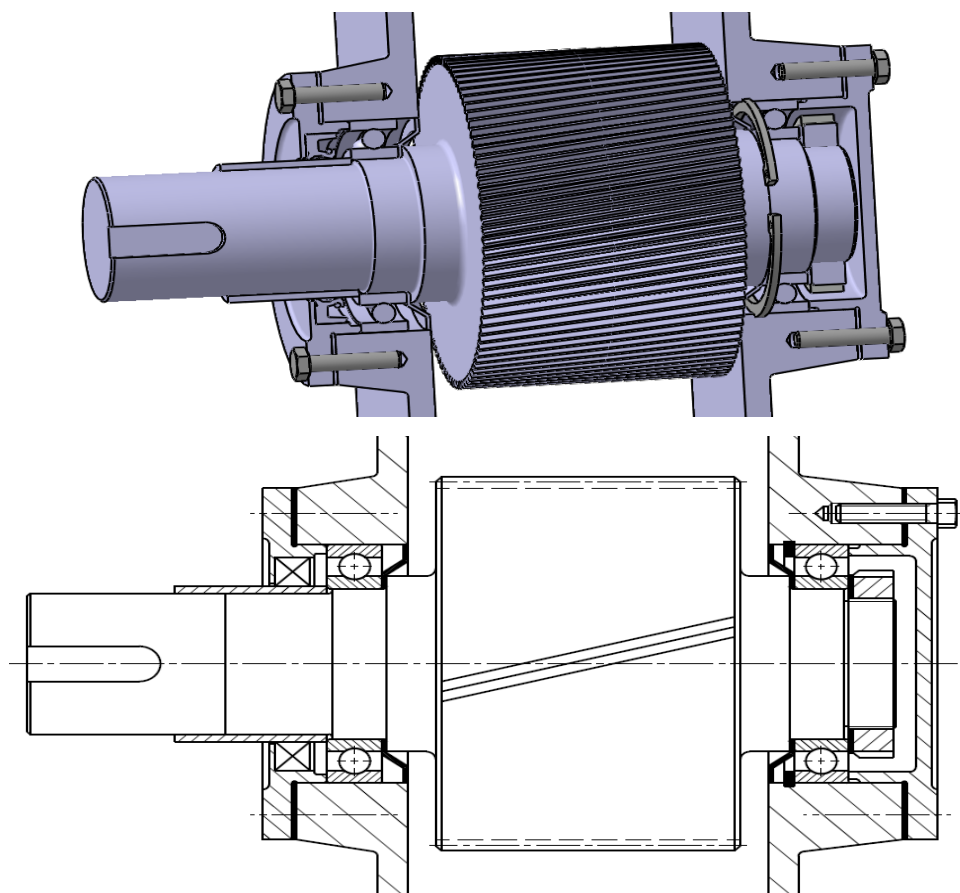


Слика 51– Центрифугални заптивач, [3]

5. Модели улежиштења

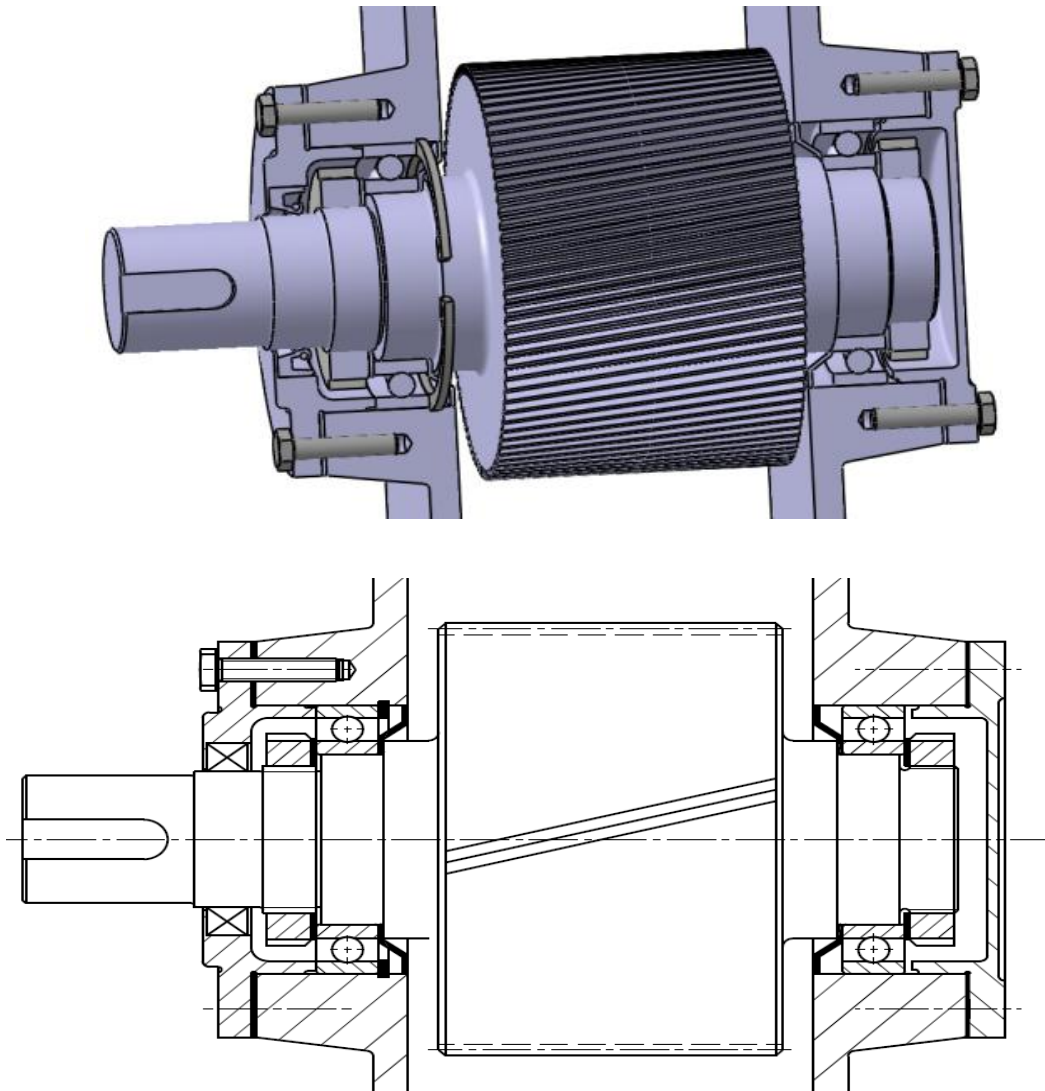
У овом поглављу биће изложени конкретни примери уградње котрљајних лежаја у редукторе.

Као што је већ наглашено, најчешћу примену имају прстенасти куглични једноредни лежаји са радијалним додиром (серије 60, 62...). Они налазе примену за аксијално учвршћивање вратила у оба смера (при чему је једно лежиште учвршћено). Потребно је обратити пажњу које ће лежиште при уградњи бити учвршћено. Препоруке су да, уколико је разлика у радијалном оптерећењу лежишта мала, буде учвршћено лежиште тако да део вратила изложен аксијалном напрезању буде напрегнут на притисак. Уколико је разлика у оптерећењу већа, учвршћује се лежиште које носи веће радијално оптерећење, јер се остварује лакше померање слободног лежишта у случају термичких дилатација, [2].



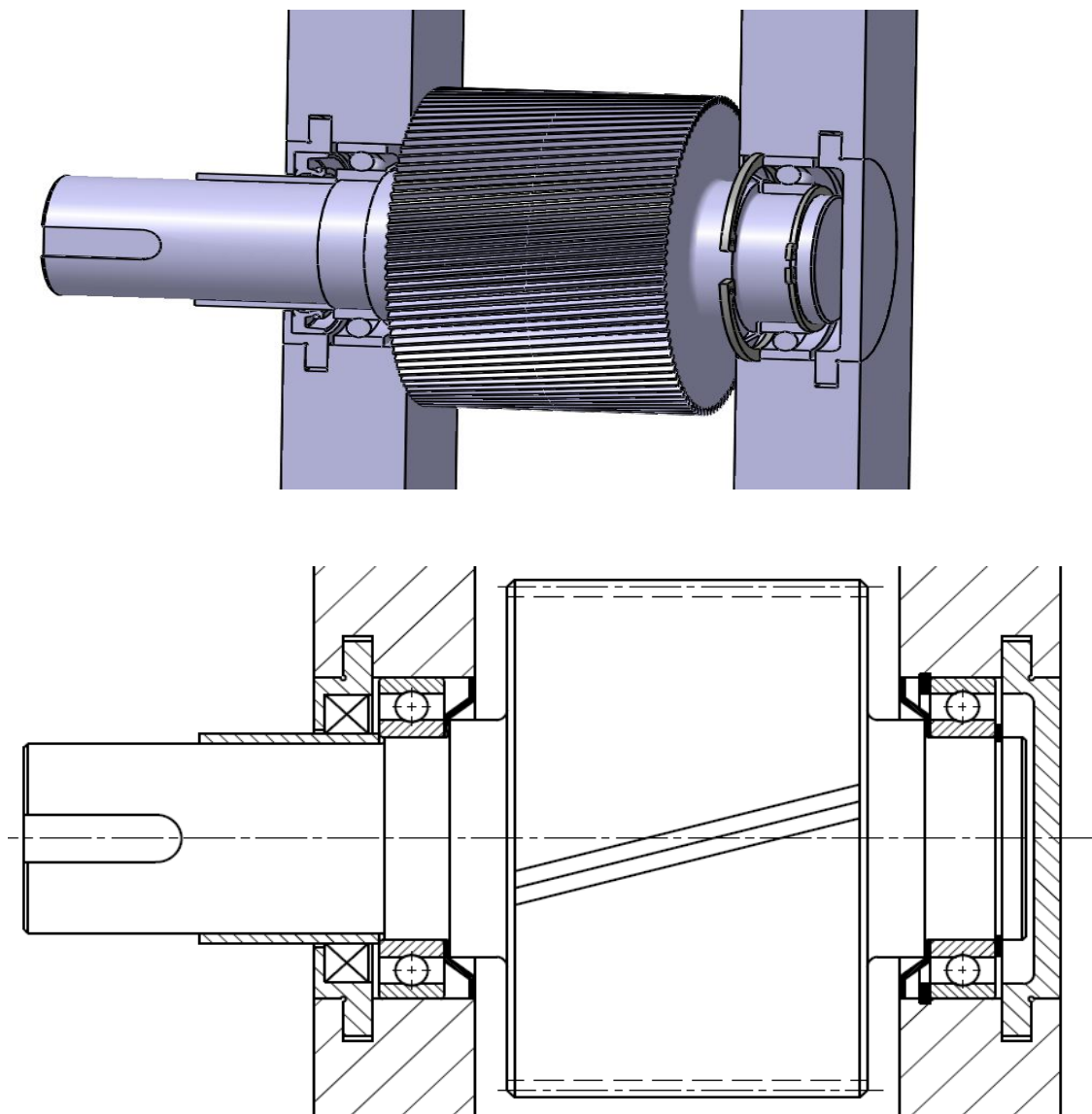
Слика 52 – Уградња лежаја серије 60, 62, -1, [2]

Као што се види на слици 52 десни лежај је аксијално учвршћен помоћу поклопца, лименог дела, ускочника и завојнице за учвршћивање унутрашњег прстена лежаја. На сличан начин се обезбеђује аксијално учвршћивање на слици 53. Међутим ова решења треба избегавати јер је велика концентрација напона услед две завојнице за учвршћивање. Претходно решење (слика 52) је знатно боље јер је учвршћивање прстена остварено помоћу дистантне чауре, помоћу које је остварено и заптивање лежишта применом манжетног заптивача (семеринга), [2].



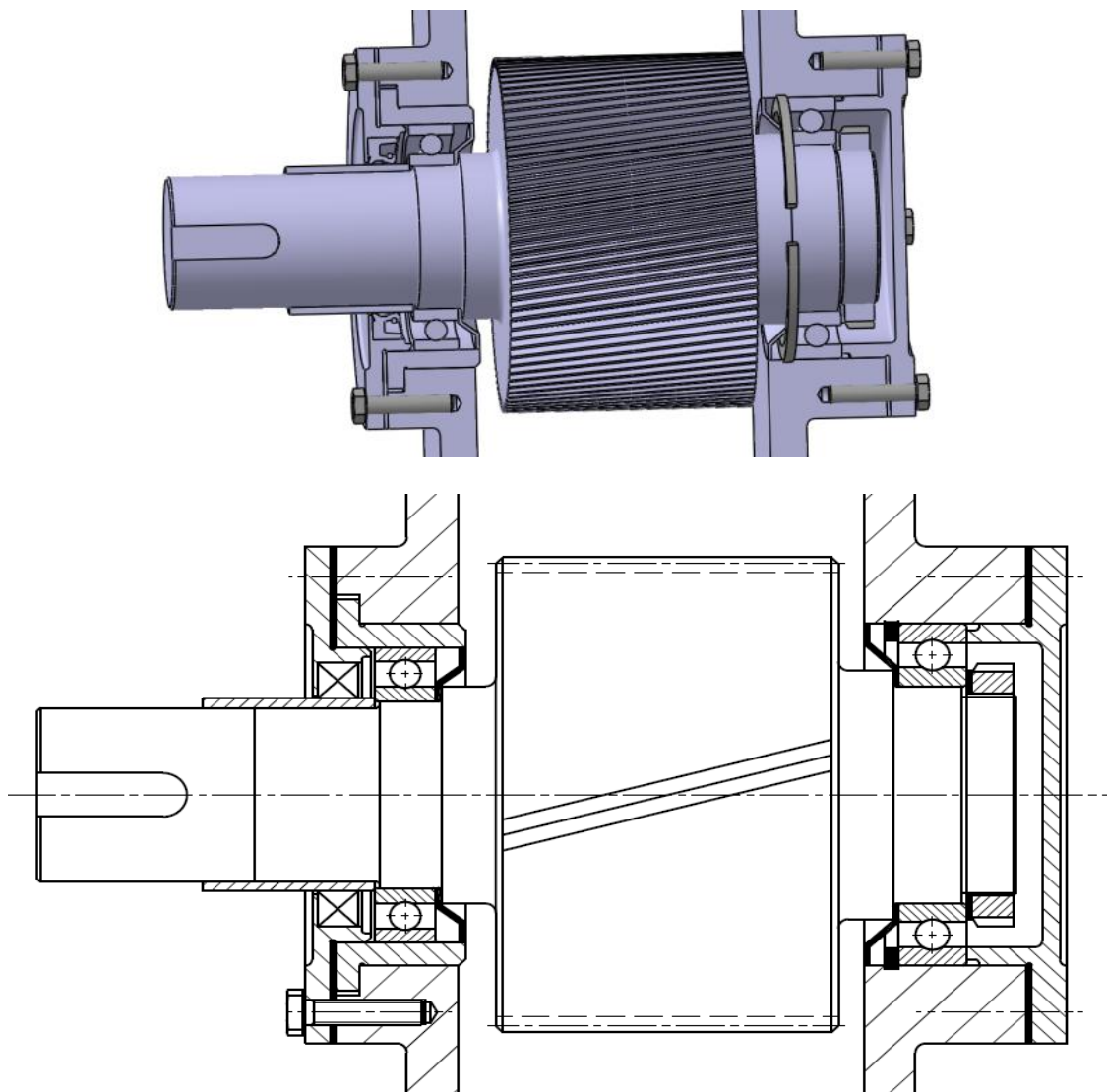
Слика 53 – Уградња лежаја серије 60, 62, -2, [2]

На слици 54 приказано је конструкционо решење са поклопцима у виду прстенова укопаних у кућиште. У новије време ово решење затварања лежишта се све више користи због једноставније израде и монтаже у односу на решење са завртњима, [2].



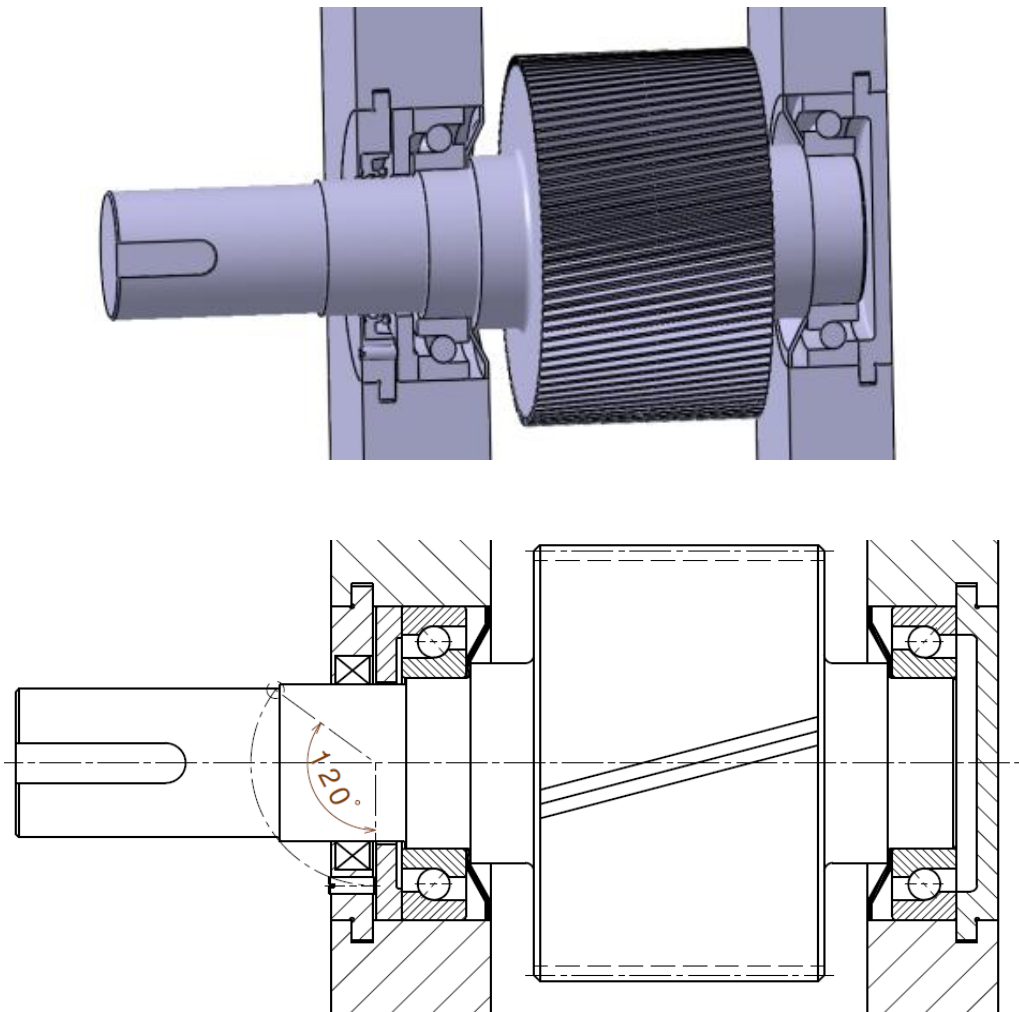
Слика 54 – Уградња лежаја серије 60, 62, -3, [2]

Прстенасте кугличне једноредне лежаје (серије 60, 62...) је пожељно уграђивати у пару, као што је до сада и приказано, с обзиром на једоставнију обраду отвора у кућишту. Међутим, уколико је из конструктивних разлога немогуће уградити пар лежаја идентичних димензија, примењује се решење као на сликама 55, где се уметањем лежишне чауре може омогућити једоставна обрада кућишта. У овом случају израђује се отвор који одговара пречнику спољашњег прстена већег лежаја, с обзиром да спољашњи пречник чауре за лежиште одговара прачнику већег лежаја. Овај тип лежаја је такође веома често у примени за ослањање погонског вратила редуктора чије се осе вратила секу (конични зупчаници).



Слика 55 – Уградња лежаја серије 60, 62, -4, [2]

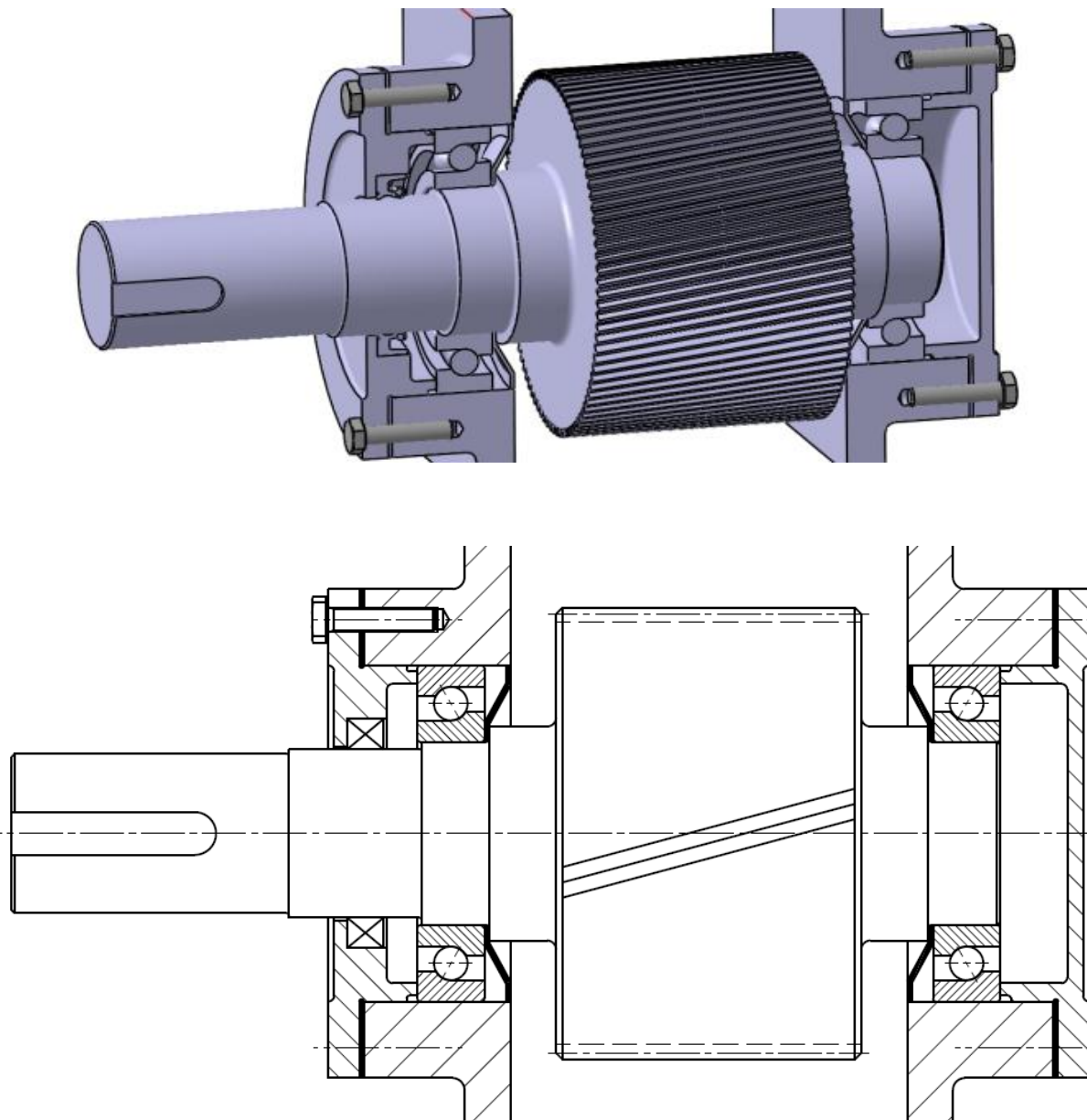
Као ослинци вратила редуктора користе се и једноредни куглични лежаји са косим додиром (серије 70, 72...). Ова лежишта се углавном уграђују у пару и тада могу да преносе аксијално оптерећење у оба смера уз одређено радијално оптерећење. Код кратких крутих вратила у сваки ослонац се уграђује по један лежај (слике 56 и 57), [2].



Слика 56 – Уградња лежаја серије 70, 72, -1, [2]

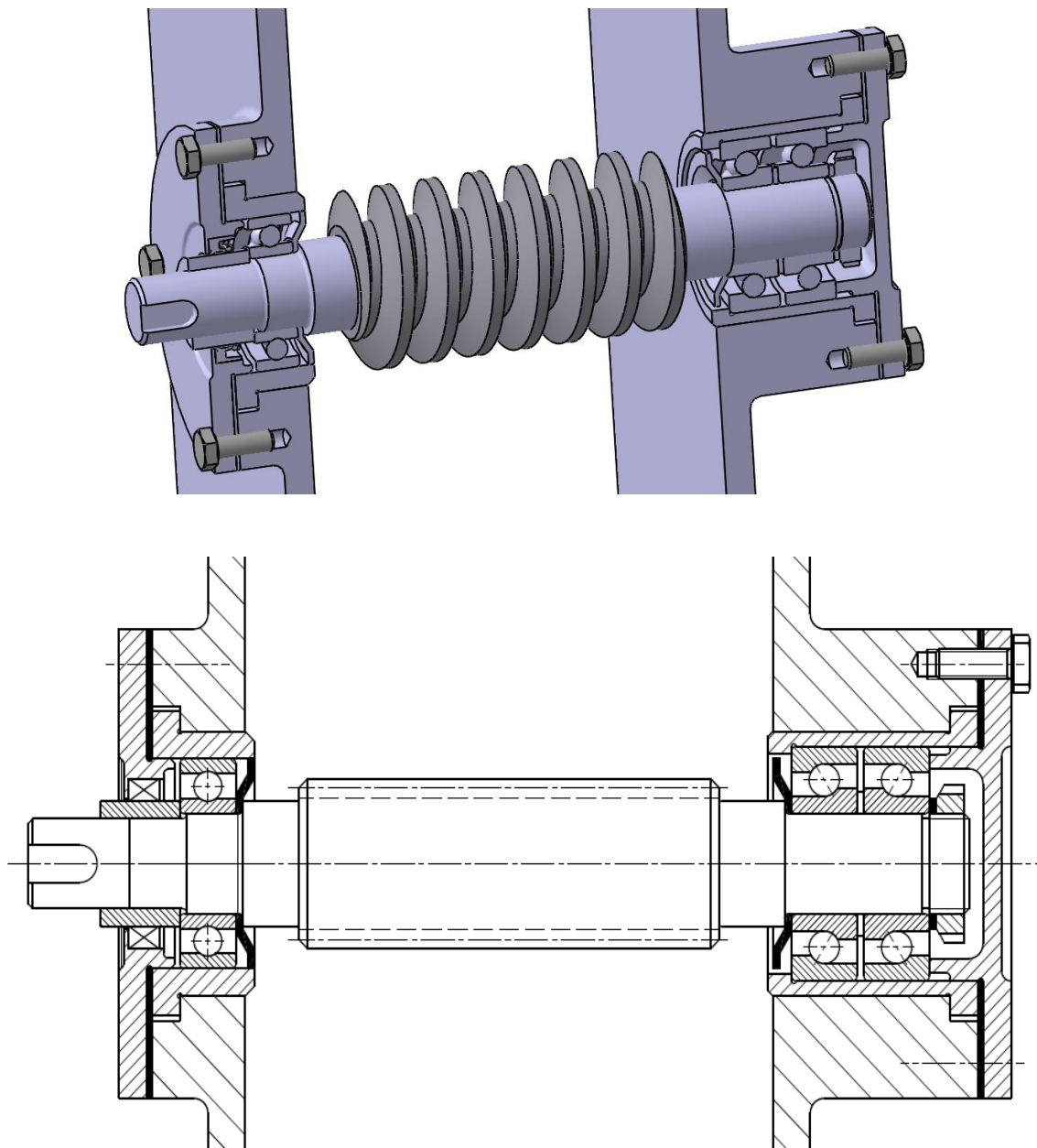
На слици 56 јасно може да се уочи посебан завртањ без главе који даљим увртањем, помоћу посебног дела гура спољашњи прстен лежаја и на тај начин регулише аксијални зазор.

У случају примене поклопаца са завртњима, неопходно је између поклопца и кућишта поставити танке компензационе челичне листиће и на тај начин регулисати аксијални зазор. Овакво решење је приказано на слици 57, [2].



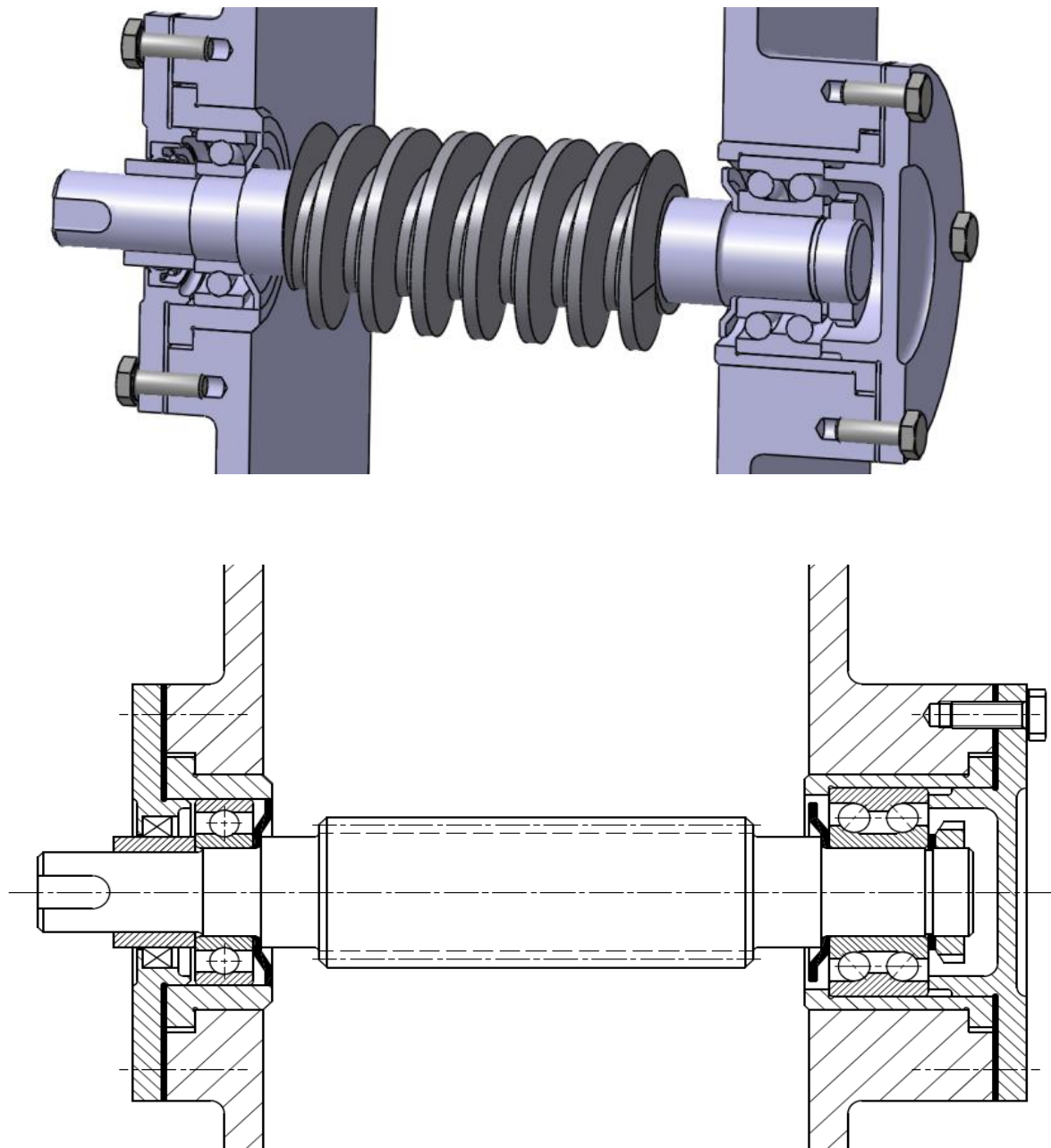
Слика 57 – Уградња лежаја серије 70, 72, -2, [2]

Код већих распона лежишта, на пример код пужних редуктора, препоручује се да прстенасти куглични једоредни лежаји са косим додиром буду уграђени у једном ослонцу (Слика 58), [2].



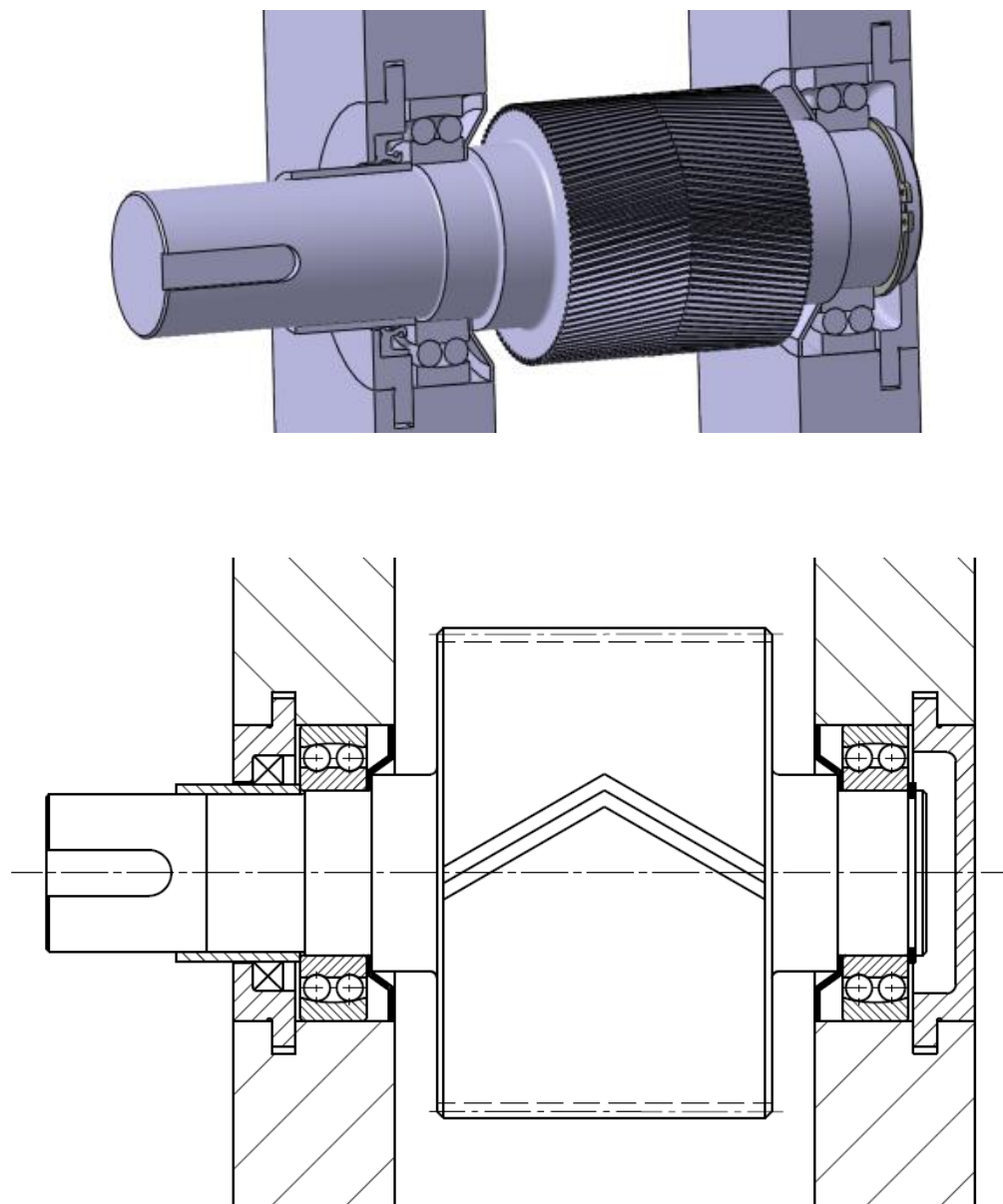
Слика 58 – Уградња лежаја серије 70, 72, -3, [2]

Како би се поједноставила уградња лежаја, уместо два једоредна лежаја у једом ослонцу може се уградити један дворедни куглични лежај са косим додиром (Слика 59), који има способност преноса веома великих радијалних оптерећења, као и аксијалних сила у оба смера, [2].



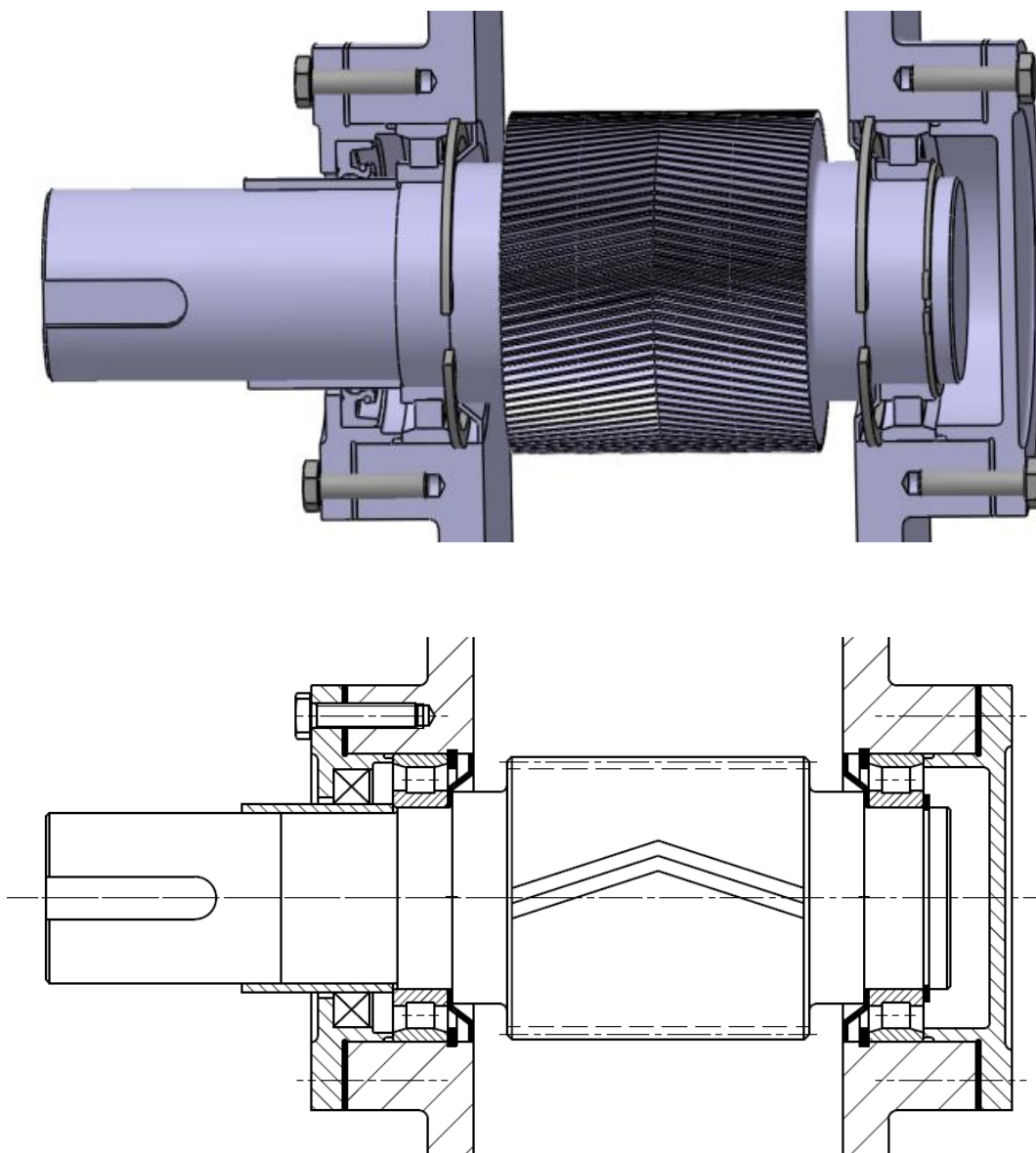
Слика 59 – Уградња дворедног кугличног лежаја са косим додиром, [2]

За теже редукторе са правим и стреластим зупцима примењују се лежишта са два реда куглица (Слика 60), као и цилиндрично - ваљчани лежаји (Слика 61) , [2].



Слика 60 – Угрдња лежаја са два реда куглица, [2]

Цилиндрично - ваљчани лежаји су погодни за уградњу код аксијално слободних ослонаца крутих вратила за велика радијална оптерећења, [2].



Слика 61 – Уградња цилиндрично – ваљчаних лежаја, [2]

6. Закључак

Котрљајни лежаји су машински елементи од изузетног значаја за исправно функционисање сваког машинског система, јер обезбеђују преношење оптерећења са покретних на непокретне делове.

У овом раду су детаљно описани сви типови котрљајних лежаја. Представљен је начин њиховог означавања.

Посебна пажња је посвећена различитим начинима уградње котрљајних лежаја.

Дато је пуно практичних примера уградње.

Такође, описани су и начини подмазивања и заптивања улежиштења.

Материја изнета у оквиру овог завршног рада може се користити као јасно и веома садржајно инжењерско упутство за конкретну уградњу котрљајних лежаја.

7. Литература

- [1] Вера Николић : МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ, КРАГУЈЕВАЦ, 2004.
- [2] Милан Д. Трбојевић, Момчило Р. Јанковић, Јово Вугделија, Недељко Плавшић, Војислав Латиновић : РЕДУКТОРИ, БЕОГРАД 1977.
- [3] Машински факултет у Нишу, КОТРЉАЈНИ ЛЕЖАЈИ
www.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_pr_vi.pdf
- [4] Машински факултет у Београду, КОТРЉАЈНИ ЛЕЖАЈЕВИ
http://mit.mas.bg.ac.rs/E_Biblioteka/OWP_2010/Elementi1/lekcije/lekcija4.1.html
- [5] NTN : CLASSIFICATION AND CHARACTERISTICS OF ROLLING BEARINGS
http://www.ntn.co.jp/english/products/pdf/ball/pdf/Bearing_en_a005-011.pdf
- [6] FKL : технички каталог
<http://mail.fkl-serbia.com/index.php/en/2012-11-23-08-31-53/laboratory-of-bearing-testing/98-katalozi/245-fkl-tehnicki-katalog.html>
- [7] NSK: TYPES AND FEATURES OF ROLLING BEARINGS
http://www.jp.nsk.com/app01/en/ctrq/index.cgi?rm=pdfDown&pno=NSK_CAT_E1102k_A7-15
- [8] AST bearings :
<http://www.astbearings.com/free-3d-cad-models-for-bearings.html>
- [9] TRACEPARTS :
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(tntc1v45hf1cr2yf3vu510af\)\)/content.aspx](http://www.tracepartsonline.net/(S(tntc1v45hf1cr2yf3vu510af))/content.aspx)