

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: 190/2011

Милена Г. Ивановић

Прорачун и конструкционо извођење кућишта редуктора

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф.др Зорица Ђорђевић -ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Опише улогу кућишта и да препоруке за прорачун истих,
- Објасни израду ливених и заварених кућишта,
- Да препоруке за израду радионичких цртежа кућишта,
- Кроз конкретан пример покаже ток прорачуна и израде модела кућишта једностепеног редуктора.

Препоручена литература:

- [1] Трбојевић М., Јанковић М., Редуктори, Научна књига – Београд, 1988.
- [2] Николић В., Машински елементи-теорија, прорачун примери, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [3] Јовичић С., Марјановић Н., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, САД Лабораторија, Крагујевац, 2011.

Крагујевац, Август 2014.год.

Ментор:

Др Зорица Ђорђевић, ванр.проф

Резиме:

У оквиру рада, извршено је прикупљање, систематизација и анализа података везаних за кућиште једноступеног редуктора. Описана је његова улога, карактеристике и поделе, односно сви битни елементи кућишта једноступеног редуктора. Објашњен је и поступак прорачуна кућишта, израда ливених и заварених кућишта као и препоруке за израду радионичких цртежа кућишта. Такође је, на конкретном примеру, приказан ток прорачуна као и израда модела доњег и горњег дела кућишта редуктора.

Кључне речи: Ливено кућиште, заварено кућиште, редуктор, горњи део кућишта, доњи део кућишта.

Abstract:

In this work, there were collected, systematized and analyzed data related to the single-stage gearbox casing. The work described their development, characteristics and divisions, and the essence of the single-stage gearbox casing. It is also described a method of determining the budget housing, production of cast and welded casing and workshop drawings housing. There were presented the calculation procedure which play an important role in the selection of the gearcase.

Keywords: Cast housing, welded chassis, gearbox, upper housing, lower housing part.

Садржај

1 Увод	5
2 Улога кућишта и препоруке за прорачун	6
<u>2.1 Улога кућишта</u>	6
<u>2.2 Горњи и доњи део кућишта</u>	8
2.2.1 Основне димензије кућишта	9
2.2.2 Завртањске везе	11
2.2.3 Мере за повећање крутости кућишта	14
<u>2.3 Отвор за посматрање</u>	17
<u>2.4 Елементи за транспорт</u>	20
<u>2.5 Стопала за причвршћивање редуктора за подлогу</u>	22
<u>2.6 Конструкција гнезда за лежишта</u>	25
<u>2.7 Елементи за показивање нивоа уља</u>	29
<u>2.8 Отвори за испуштање уља</u>	31
<u>2.9 Одужак</u>	33
<u>2.10 Заптивање</u>	33
3 Израда ливених и заварених кућишта	35
<u>3.1 Ливена кућишта</u>	35
<u>3.2 Заварена кућишта</u>	38
4 Радионички цртежи кућишта	41
5 Пример прорачуна и конструкције кућишта редуктора	43
<u>5.1 Пример прорачуна међусобних односа једноступеног редуктора</u>	43
6 Закључак	50
7 Литература	51

1 Увод

Под појмом редуктора подразумева се зупчасти или пужни преносник смештен у посебно кућиште. Задатак редуктора је преношење снаге од погонске машине на одређену радну машину уз одговарајућу промену обртног момента. При томе се најчешће брзина смањује односно редукује. На пример, мотори СУС раде са $n_m=1800\div 2200 \text{ min}^{-1}$ (дизел) и $4000\div 8000 \text{ min}^{-1}$ (бензински). Радне машине раде на знатно мањем броју обртаја (алатне машине, транспортери, елевтори, дизалице...).

Зато се између погонске и радне машине постављају редуктори који смањују број обртаја радне машине, прилагођавајући га потребном обртају радне машине. Уколико је потребно да се у току рада мења број обртаја радне машине (на пример код моторних возила) употребљавају се мењачи који могу да смање број обртаја у неколико степени, или варијатори који могу да обезбеде сваки жељени број обртаја у одређеном дијапазону. Варијатори могу, поред редукције, да обезбеде и повећање броја обртаја односно мултиплицирање, и тада се називају мултипликаторима. Редуктори се израђују за снаге од 0,1 kW до 10000 kW и више, а серијски се производе за снаге до 700 kW. Преносни однос је обично од 1 до 500.

Према врсти преносника редуктори могу бити: са цилиндричним зупчаницима, са коничним зупчаницима, конично-цилиндричним, пужним, пужно-цилиндричним и другим зупчаницима. Према међусобном положају вратила, редуктори могу бити: са паралелним осама вратила, са вратилима чије се осе секу и са вратилима чије се осе мимоилазе. Према броју степени преноса могу бити: једноstepени (са једним паром зупчаника), двостепенни (два пара зупчаника), вишестепенни (са више пара зупчаника). Постоје посебне врсте редуктора као што су моторредуктори (мотор и редуктор у истом кућишту), планетарни редуктори (посебне конструкције редуктора са унутрашњим озубљењем које омогућавају веома велике преносне односе као и задовољавајући степен искоришћења. Зупчаници се израђују обично од легираног челика па се термички обрађују, вратила се израђују од квалитетног угљеничног или легираног челика са фино брушеним рукавцима.

Улазно вратило обично има један клин, а излазно два. Подмазивање зупчаника у општем случају врши се потапањем зубаца у уљно купатило. Уколико су брзине зупчаника веће од 12 m/s онда се врши принудно подмазивање пумпом. Хлађење редуктора се врши одвођењем топлоте преко зидова кућишта. Код неких редуктора који раде под високим температурама околине и код пужних редуктора средње и веће снаге уграђују се посебни системи за хлађење, вентилатори или ребрасте кућице. Код редуктора који се принудно подмазују и хладе уграђује се манометар и термометар ради сталне контроле притиска уља и температуре редуктора.

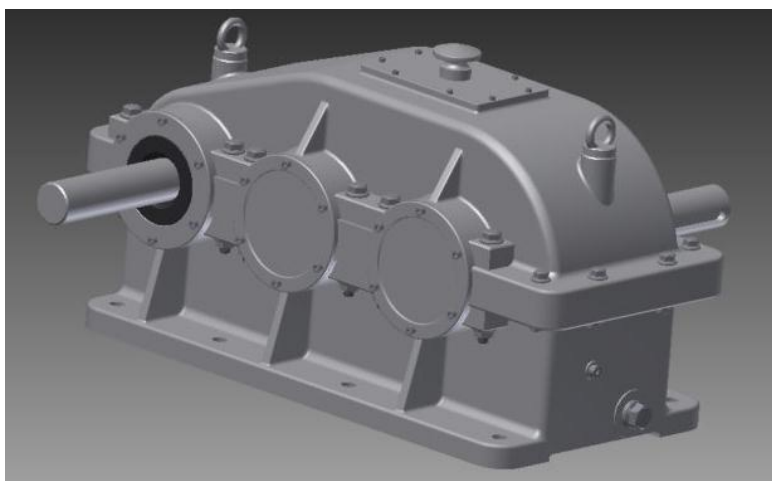
2 Улога кућишта и препоруке за прорачун

2.1 Улога кућишта

Кућиште треба да обједини све елементе редуктора у једну целину, да их заштити од спољашњих утицаја, а истовремено да буде резервоар уља за подмазивање. Такође, оно има вишеструку улогу :

1. обезбеђује потребан узајамни положај делова редуктора,
2. прима оптерећења са лежишта и преноси их на постоље,
3. одваја простор у коме су смештени погонски елементи, вратила и лежишта од спољне средине.

При конструисању кућишта треба тежити компактности, али је најчешће потребно да се обезбеди довољна пространост кућишта како би се један исти одливак кућишта могао користити за смештање различитих парова зупчаника, чиме се обезбеђују различити преносни односи. Један од примера кућишта можесe видети на слици 2.1.

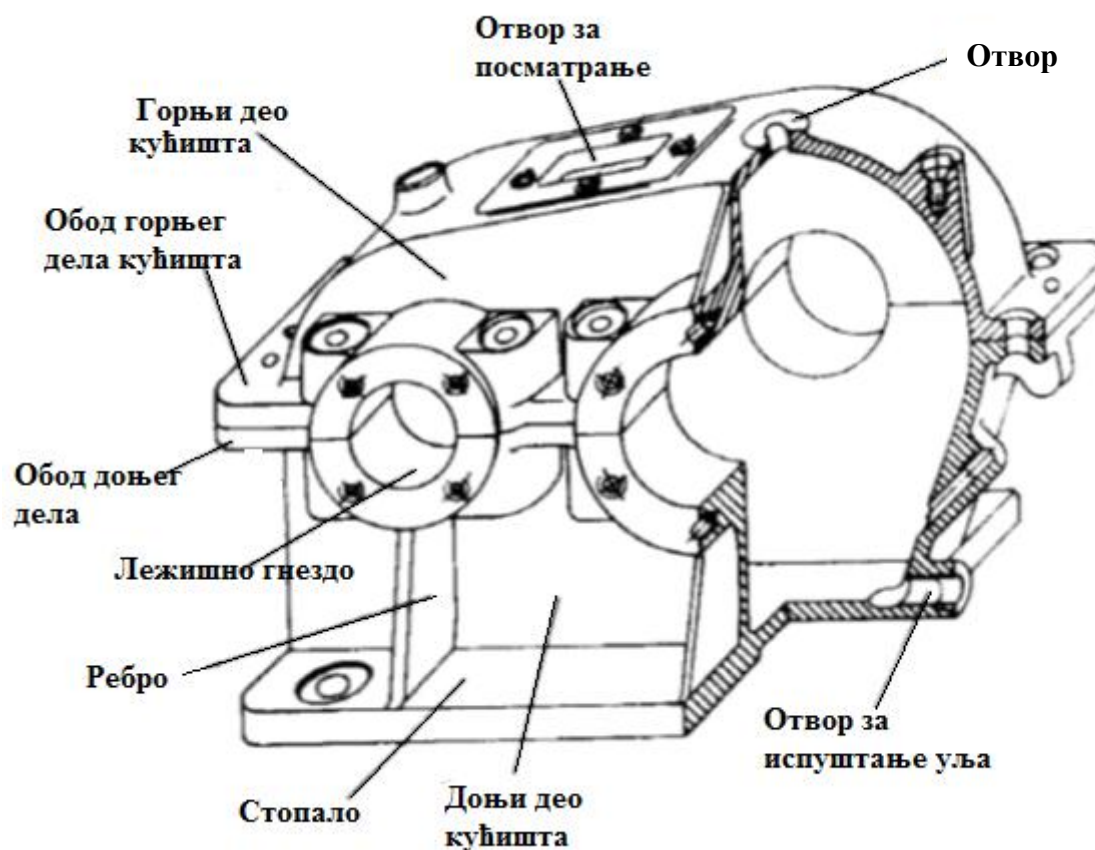


Слика 2.1. Кућиште

У овом погледу обично постоје два приступа: код редуктора опште намене (индустријских редуктора), који се производе серијски у специјализованим фабрикама, кућиште треба да омогући да се у њега сместе разне комбинације зупчаника за неколико преносних односа при истом међуосном растојању. Други приступ је присутан код редуктора посебне намене који се граде за неке специфичне потребе које се не могу задовољити ниједним редуктором опште намене који се има на располагању. Код овог редуктора кућиште се уобличава за само један одређени преносни однос, тј. за одређене погонске елементе, вратила и лежишта, те тако може бити врло компактно [1].

Ради повећања крутости кућишта обично се предвиђају ребра и то на местима лежишних гнезда, где је оптерећење највеће. Ребра потпомажу и боље хлађење редуктора. У случајевима када је загревање редуктора нарочито велико (често код

пужних редуктора), конструишу се посебна ребра за хлађење. Оваквим ребрима је повећање крутости секундарна улога. Кућиште има на себи још читав низ конструктивних облика и посебних елемената који се на њега причвршћују и имају одређену намену, нпр.: отвор за посматрање зупчаника, испусте за преношење редуктора, отвор за испуштања уља при замени, уређај за контролу нивоа уља у редуктору, итд. Све ово условљава релативно сложен облик кућишта. Основни делови кућишта редуктора су приказани на слици 2.2.

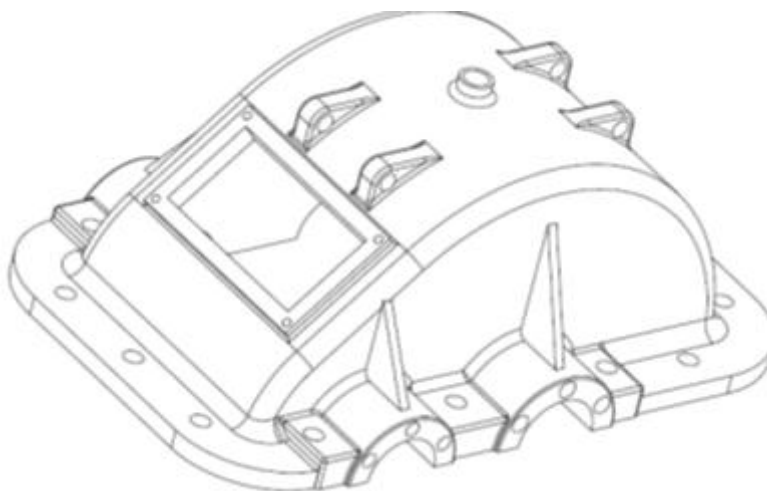


Слика 2.2. Кућиште редуктора са основним деловима

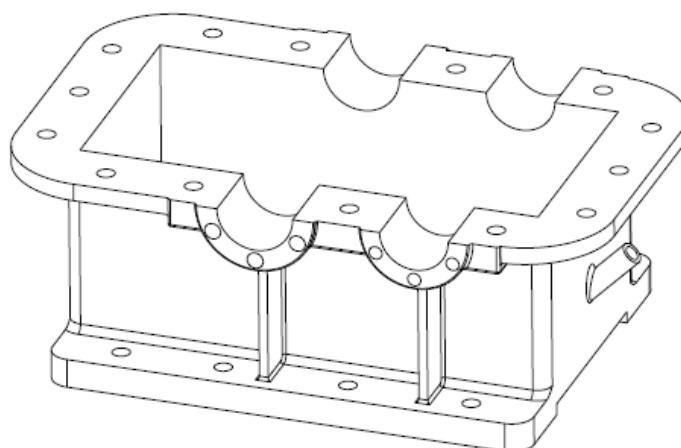
2.2 Горњи и доњи део кућишта

Општи облик и величина кућишта одређени су обликом, величином и узајамним положајем редукторског механизма, тј. погонских елемената (зупчаника), вратила и лежишта. Кућиште је обично дводелно али може бити и вишеделно, нпр. код вишестепених вертикалних редуктора или код врло великих редуктора [1].

Код дводелног кућишта разликују се **горњи** и **доњи део** кућишта, као што се може видети на сликама 2.3 и 2.4.



Слика 2.3. Горњи део кућишта



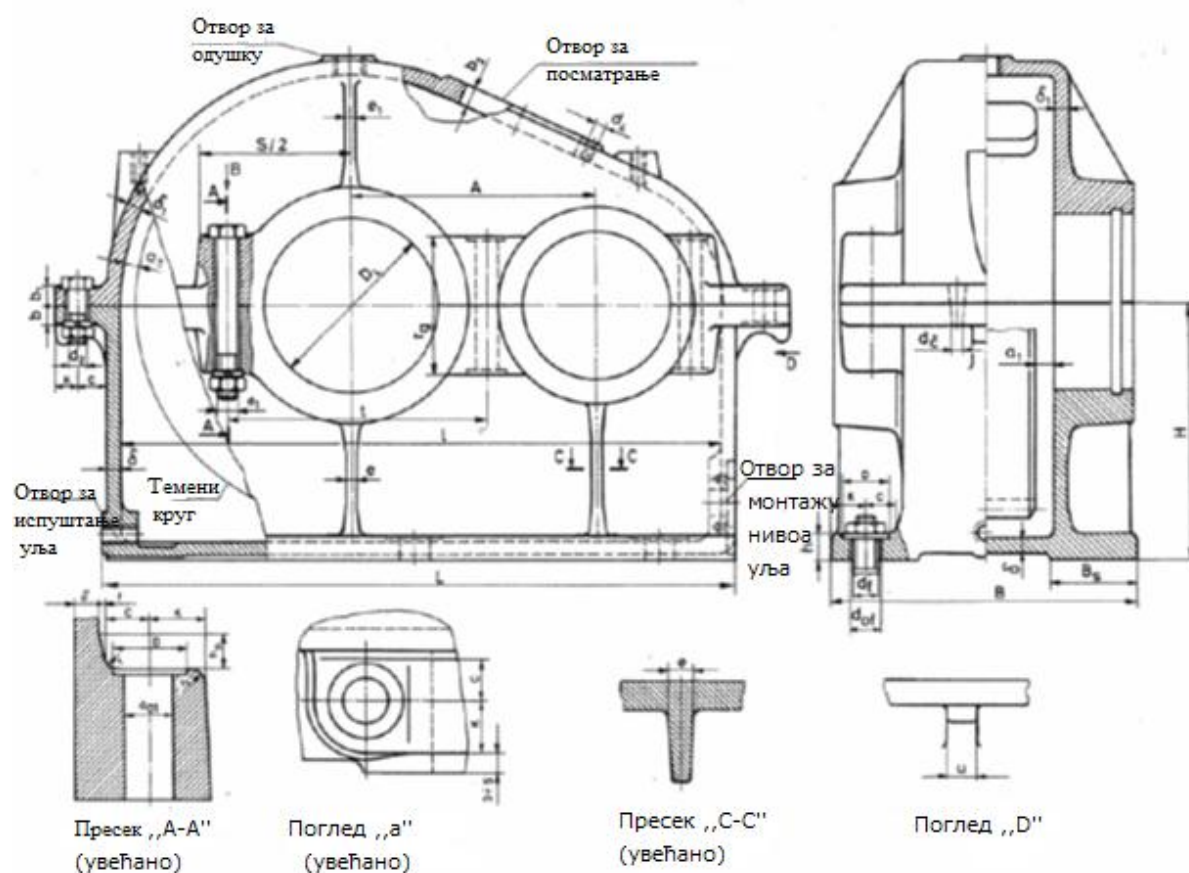
Сл.2.4. Доњи део кућишта

Горњи и доњи део кућишта морају бити спојени непропустивим спојем (тачније везују се завртњима), а тачан узајамни положај делова кућишта обезбеђује се чивијама за центрирање.

2.2.1. Основне димензије кућишта

Конструкција кућишта треба да буде таква да склапање и регулисање механизма буде лако, а одржавање редуктора током експлоатације једноставно. Уз све ово мора се водити рачуна о једноставности израде како би цена била нижа.

Дебљина ливеног поклопца δ_1 (слика 2.5), усваја се конструктивно, водећи рачуна о величини кућице и о минималној дебљини зида погодној за одливање, или по препоруци из табеле 2.1[1].



Слика 2.5. Димензије елемената кућишта

Табела 2.1 Препоручене димензије кућишта од сивог лива[1]

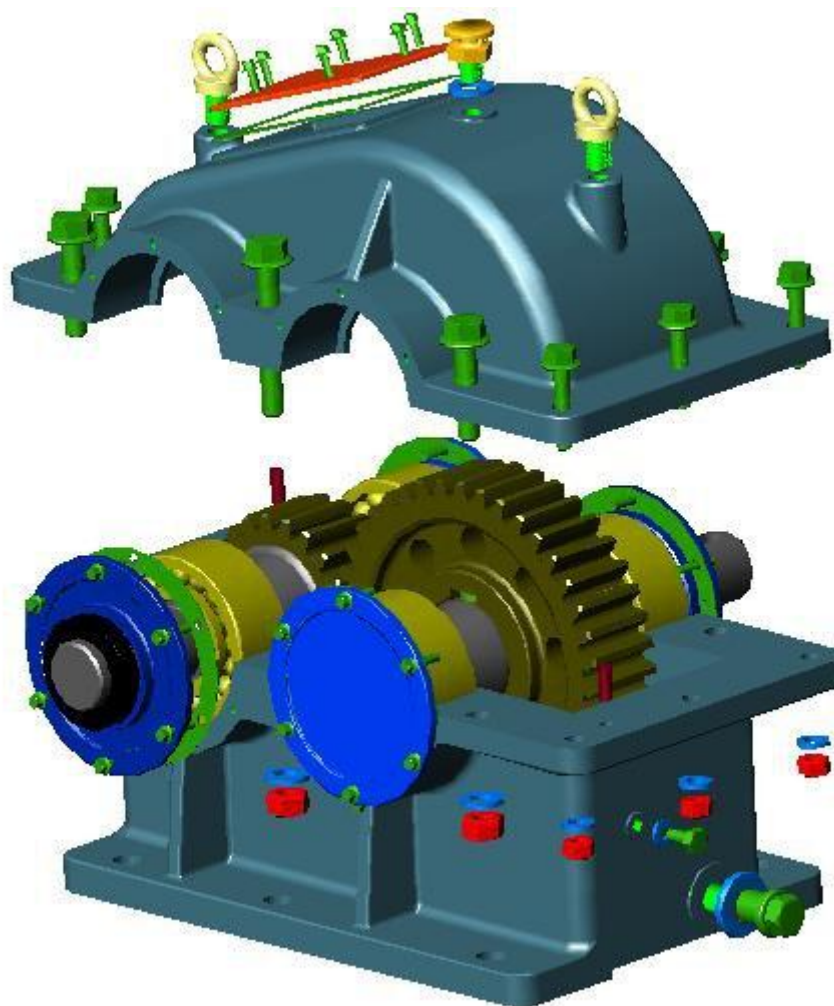
Назив	Ознака	Оријентационе димензије
Дебљина зида кућишта редуктора: 1. Једностепеног 2. Двостепеног 3. Тростепеног	δ	$\delta = 0,025 \cdot a + 1$ не мање од 7,5 mm $\delta = 0,025 \cdot a + 3$ не мање од 8 mm $\delta = 0,025 \cdot a + 5$ не мање од 8 mm
Дебљина зида поклопца редуктора: 4. Једностепеног 5. Двостепеног 6. Тростепеног	δ_1	$\delta_1 = 0,02 \cdot a + 1$ не мање од 7,5mm $\delta_1 = 0,02 \cdot a + 3$ не мање од 8mm $\delta_1 = 0,025 \cdot a + 5$, mm
Дебљина горњег појаса (обода) кућишта	b	$b = (1,5 \div 1,75)\delta$
Дебљина доњег појаса (обода) кућишта	b_1	$b_1 = (1,5 \div 1,75)\delta_1$
Дебљина доњег појаса кућишта: Без наглавка Са наглавком	s	$s = 2,35\delta$ $s_1 = 1,5\delta$ $s = (2,25 \div 2,75)$
Дебљина ребра крутости кућишта	m_2	$m_2 = (0,85 \div 1)\delta$
Дебљина ребара крутости поклопца кућишта	m_1	$m_1 = (0,85 \div 1)\delta_1$
Пречник фундаментних завртања	df	$df = 0,036A + 12$
Пречник завртања: За лежишно гнездо За везивање поклопца са кућиштем За причвршћење поклопца лежишта За причвршћење поклопца отвора за посматрање	d_l d d_p d_z	$dl = (0,7 \div 0,75)df$ $d = (0,5 \div 0,6)df$ $dp = (0,4 \div 0,5)df$ $dz = (0,3 \div 0,4)df$
Пречник завртња са прстенастом главом	d_t	d_t -узима се по SRPS M.B1.210 у зависности од тежине редуктора
Број фундаментних завртања	n	$n = L + B/200 \div 300$
Пречници D, D ₁ и D ₂		Узимају се у зависности од пречника лежишта
Растојање Е од спољне површине зида кућишта до оса завртања	E	Узима се искуствено или по обрасцу $E = 1,2d + (5 \div 8)$
Ширина горњег појаса кућишта као и доњег појаса(обода) кућишта: Са наглавком Без наглавка	K	$K = E + C$ Где се Е, С узимају конструктивно

Димензија елемента надливка	R_0, r_1	$R_0 = C ; r_1 \approx 0,2C$
Димензије надливка испод главе завртња	R_0, h	$R_0 = C$ h- узима се конструктивно
Растојање од ивице отвора до осе завртња	e	$e \approx (1 \div 1,2)dl$
Ширина лежишног гнезда	l_1	$l_1 = E + R_0 + (2 \div 3)mm$ $l_1 > K$ за $(2 \div 3)mm$
Минимални зазор између зупчаника и зида кућишта		$a = 1,2\delta$ $a_1 = \delta$

2.2.2. Завртањске везе

При пројектовању везе завртњима треба водити рачуна о следећим препорукама:

- Горњи и доњи део кућишта се везује са две врсте завртања: завртњима на лежишним гнездима и завртњима на ободу кућишта. Пречници завртања и положаји отвора за њих одређују се прорачуном или препорукама.
- Треба користити неподешене завртње са навртком и треба водити рачуна о могућности постављања завртња у отворе и притезања навртки кључем.
- Завртње треба осигурати од одвртања подлошкама.
- Површине по којима належу главе завртња, навртке и подлошке треба да буду обрађене.
- Тачан положај горњег у односу на доњи део кућишта се обезбеђује центрирањем помоћу чивија. Центрирање се остварује помоћу две чивије на ободу које се постављају на супротним странама.



Сл. 2.6. Веза делова кућишта завртњима[11]

Што се тиче завртњева на кућици се налази већи број различитих завртања. За везивање редуктора за подлогу, везивање горњег и доњег дела кућице, учвршћивање поклопаца за кућицу, и тд.

Везивање за подлогу се може вршити голим завртњима, завртњима са навртком или без навртке, фундаментним завртњима, итд. Која од наведених врста завртања ће се применити зависи од врсте подлоге на коју се редуктор поставља. Често се назив „фундаментни завртањ“, када је реч о редукторима, користи за било коју од наведених врста који везују редуктор за подлогу.

Код изведених конструкција редуктора пречник завртња d_f и број завртања n се разликује код различитих произвођача. У табели 2.2. је дат број и пречник фундаментних завртања код једноступених редуктора у зависности од међуосног растојања за неколико произвођача редуктора.

Табела 2.2 Пречник и број фундаментних завртања код једностепених редуктора различитих произвођача[1]

Међуосно растојање a , mm	Називни пречник/број завртања	
	Скраћени назив фабрике произвођача редуктора	
	14. октобар	PIV
80	M12/4	M12/4
90	M12/4	M12/4
100	M12/4	M12/4
112	M12/4	M12/4
125	M12/4	M12/4
140	M12/4	M12/4
160	M16/4	M16/4
180	M16/4	M16/4
200	M20/4	M16/4
225	M20/4	M20/4
250	M24/4	M20/4
280	M24/6	M20/6
315	M30/6	M20/6
355	M30/6	M24/6
400	M30/6	M24/6
450	M30/6	M24/6
500	M36/6	M24/6
560	M36/6	-
630	M36/6	-
710	-	-
800	-	-

Уколико се за прорачун пречника користи образац $d_f = (1,5 \dots 2)\delta$, треба имати у виду да завртањ заварене кућице треба да буде истог пречника као и ливене, тако да за заварену конструкцију не треба уврстити у формулу усвојену дебљину зида заварене кућице.

За планетне и коаксијалне редукторе препоручује се избор пречника фундаменталног завртња према формули $d_f \approx 0,06a + (3 \dots 4)$, где је a међуосно растојање коаксијалног редуктора, односно пречник круга који пролази кроз центре сателита спороходног преноса планетног редуктора.

За везивање горњег и доњег дела кућице користе се углавном завртњи са навртком. Завртњи непосредно уз лежишта, који су обично већег пречника од осталих завртања по ободу, могу понекад бити завртњи без навртке. Тада се они уврћу у завојницу која је урезана у доњи део лежишног гнезда. Завртњи по ободу треба да буду тако распоређени да дају приближно равномеран површински притисак на целој површини

додира између горњег и доњег дела кућице, што помаже непропустљивости споја. Њихово растојање је 150 до 180 mm.

Поклопци лежишта се везују за кућицу помоћу завртања (изузетак су укопани поклопци). Завртњимасе везују и поклопци отвора за посматрање.

Завртњи који су изложени знатним силама (фундаментни завртњи, завртњи на ободу, а донекле и завртњи на поклопцима лежишта) обично су са прописаним особинама, док завртњи за везивање поклопца за посматрање могу бити од челика без прописаних механичких карактеристика. Завртњи са навртком су обично класе израде В (SRPS M.B1.051), а одговарајуће навртке класе В (SRPS M.B1.601).

Материјал навртке треба да буде за један степен нижег квалитета од материјала завртња, што повећава динамичку чврстоћу [1], [12].

2.2.3. Мере за повећање крутости кућишта

Да би остварило своју функцију кућиште мора да има довољну чврстоћу и крутост. Делови кућишта треба да буду спојени тако да онемогуће продор прашине и страних тела и истицање мазива.

Тежи се повећању крутости при што мањој маси кућице. За ову сврху се користе ребра за укрућење, као и посебан облик зида кућице, или и једно и друго истовремено. Често се за повећање крутости користе спољна ребра (сл.2.2, сл.2.7). Неповољан распоред ребара или избор неповољних димензија може чак и смањити чврстоћу кућице или повећати буку при раду редуктора. Не постоје методе претходног прорачуна димензија и распореда ребара на кућици, те се ова питања морају решавати на основу искуствених препорука. На слици 2.7 су дати препоручени облици спољних ливених ребара. Њихова висина h_r не треба да је већа од 5δ . Са друге стране ребра мале висине h_r као и сувише танка ребра нису погодна јер мало повећавају крутост, а могу чак и умањити чврстоћу кућице. Остале мере спољних ребара дате су на слици и износе:

$$e \approx (0,7...0,9)\delta \quad (2.1)$$

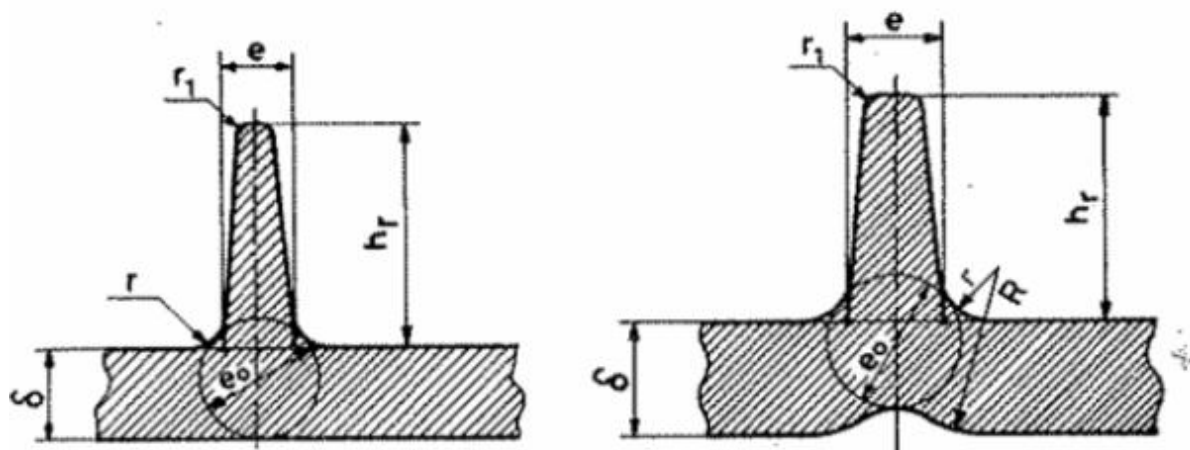
$$e \approx (0,7...0,9)\delta \quad (2.2)$$

$$e_0 \approx 1,25\delta \quad (2.3)$$

$$r = 0,5\delta \quad (2.4)$$

$$r_1 = 0,25\delta \quad (2.5)$$

$$R = 1,5\delta \quad (2.6)$$



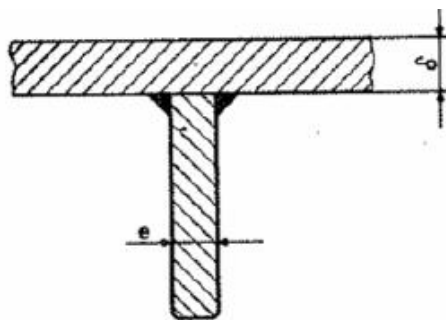
Слика 2.7.Ребро за укружење

Код облика на слици 2.7 ствара се извесно нагомилавање материјала на месту где се састају ребро и зид кућице. На десној слици је мање нагомилавање материјала, што је погодно за ливење. Нагиби ребара треба да су 1 : 20 до 1 : 50.

Унутрашња ребра ливених кућица могу се бирати према препорукама за спољна ребра, с тим што ова ребра треба да буду тања, јер се због свог положаја спорије хладе после одливања. То значи да треба бирати ниже вредности за дебљину ребра, нпр. $e=(0,7...0,8)\delta$.

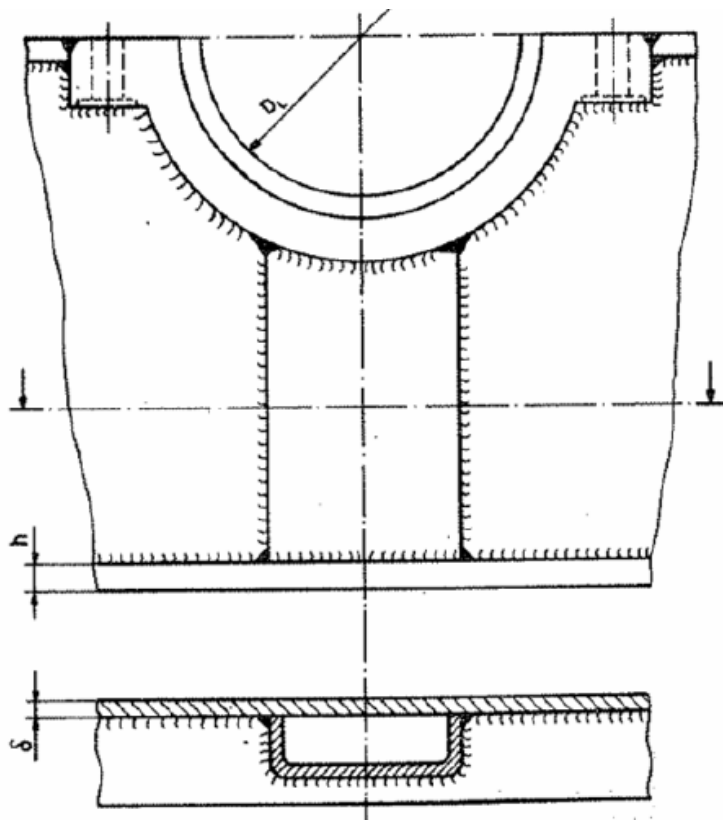
Примена унутрашњих ребара, иначе погоднијих са гледишта крутости, обично условљава сложенију конфигурацију кућице него када се примењују спољна ребра. Спољна ребра се смештају између зида, стопала и лежишног гнезда у простору који мора да постоји ради смештања завртања на ободу и стопалу. Зид кућице у овом случају је прав. Када се примене унутрашња ребра, простор за смештање завртања на стопи остаје исти, а сама унутрашња ребра захтевала би нови простор уколико би се задржао прав зид, а то би изискивало велико повећање габарита кућице. Да се не би повећавао габарит при усвајању унутрашњих ребара зид је „искривљен“ према споља да би се сместило ребро. Ово разматрање важи за случај када су лежишна гнезда испупчена према спољној страни редуктора, што је обично случај код редуктора чије су осе вратила паралелне или се секу. Гнезда за лежишта вратила пужног редуктора имају испупчење према унутрашњости кућице, тако да је код њих смештање унутрашњих ребара врло једноставно.

Унутрашња ребра имају предност и у естетском погледу. На слици 2.8 приказано је ребро заварене конструкције. Дебљина ребра e се може усвојити према табlici, али се из практичних разлога често узима $e=\delta$ [1], [6].



Слика 2.8. Ребро заварене конструкције

Код заварених конструкција ребро се може извести од лима који је савијен у облику U профила (слика 2.9). Овакво ребро врло ефикасно повећава крутост и чврстоћу кућице.



Слика 2.9. Ребро од савијеног лима

Кућице пужних редуктора често имају ребра ради ефикаснијег хлађења (увек спољна). Таква ребра повећавају крутост иако им је то секундарна улога. Ова ребра треба да се пружају у правцу струјања ваздуха вентилатора. Димензије ребара за хлађење се усвајају као и за ребра крутости. Препоручује се да растојање између оса суседних ребара буде $(2...2,75)\delta$. Понекад је ово растојање и веће[1], [7].

2.3 Отвор за посматрање

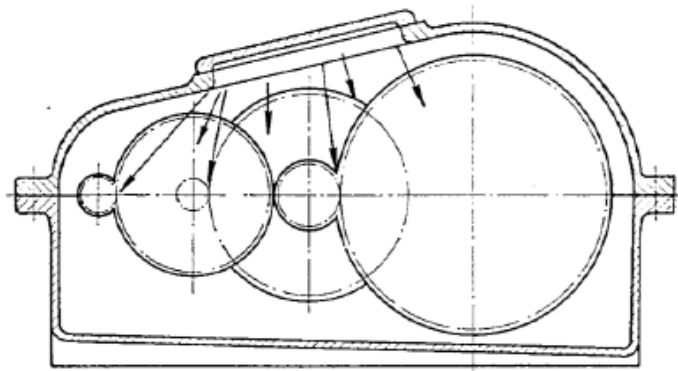
Отвори за посматрање служе за контролу спрезања зупчаника, за преглед стања зупчаника у току експлоатације и за сипање и доливање уља у редуктор. Поклопац ређе на себи има елемент од провидног материјала, што се може видети на слици 2.7. У том случају се посматрање врши без скидања поклопца. Овакав поклопац је подложен оштећењу тако да се поклопци чешће израђују од лима или су ливени. Отвор и одговарајући поклопац могу бити кружног или правоугаоног облика [1].



Слика 2.10.Отвор за посматрање

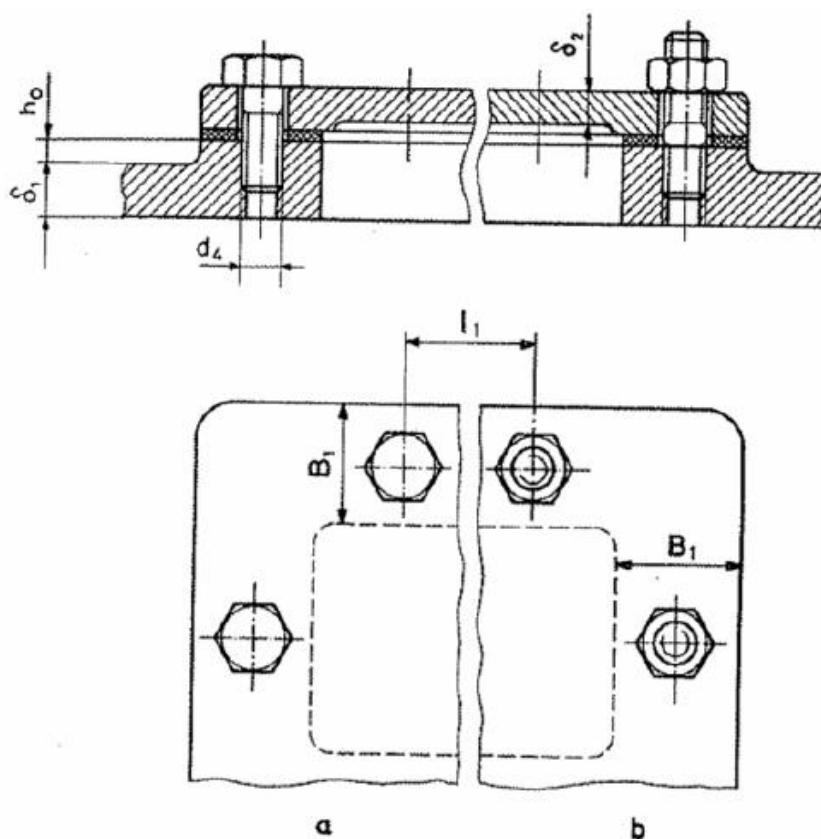
Такође, отвор за посматрање треба да буде довољно велики и постављен тако да се кроз њега могу видети сви зупчаници у редуктору. Понекад се за овај захтев остварује са два отвора за посматрање (слика 2.11).

Отвори за посматрање треба да омогуће добар преглед трага спрезања конусних зупчаника и пужних парова, пошто се у току монтаже врши подешавање узајамног положаја ових парова зупчаника. Код пужног пара отвор се мора тако поставити да се бокови зубаца пужног зупчаника и траг гажења на њима добро виде, на основу чега се положај пужног зупчаника коригује, све док се не добије задовољавајући траг гажења. Зато се отвор за посматрање код пужног редуктора поставља тако да пужни завртањ не омета добар поглед на бокове зубаца пужног зупчаника. На пример, код редуктора код којих је пуж испод пужног точка отвор за посматрање се поставља на горњем делу кућице (као код цилиндричних редуктора чије су осе вратила у хоризонталној равни), а ако је пуж изнад пужног зупчаника отвор треба поставити на бочном зиду.



Слика 2.11. Постављање отвора за посматрање са поклопцем

На слици 2.12 је приказан отвор за посматрање са поклопцем на ливеној кућици. На левој страни је дата варијанта (а) са завртњем без навртке, а на десној варијанта (б) са голим завртњем. Варијанта (б) има предност у бољем очувању завојнице на кућици пошто се поклопац релативно често скида тако да се ова завојница може временом оштетити. Та варијанта је доста скупља за израду па се ређе примењује од варијанте (а).

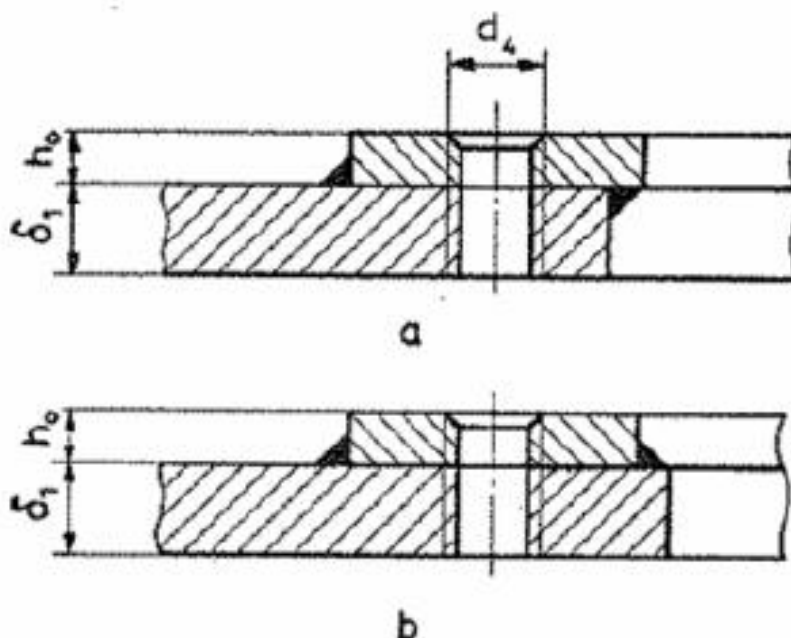


Слика 2.12. Отвор за посматрање са поклопцем

Завртњи на поклопцу нису оптерећени радним силама. Задатак им је да обезбеде непропустљивост споја. Површина поклопца која належе на заптивач је обрађена док се површина испод главе завртња не мора обрађивати пошто су завртњи неоптерећени,

те допунски напон савијања у завртњу, који се јављају због неуправности површине налегања главе и осе завртња, нема већи значај. Мањи поклопци везују се са четири завртња. Већи поклопци имају више завртњева. Растојање l_1 између оса суседних завртњева на већим поклопцима (Слика 2.12.) може се усвајати, по аналогiji са растојањем оса завртања за спајање горњег и доњег дела кућице редуктора, од 150 до 180 mm[1].

Поклопци заварених кућица су тањи. На слици 2.13. су дате две варијанте детаља отвора за посматрање на завареној кућици. Код варијанте (б) погодно је што се оба вара заварују са исте стране. Висина изданка h_0 се бира конструктивно зависно од величине кућице, односно отвора за посматрање. Обично је довољно $h_0 = 3 \dots 8 \text{ mm}$. Код заварених кућица погодно је да се h_0 усвоји тако да се за помоћни лим узме иста дебљина као за лим горњег дела кућице δ_1 , тако да се после обраде добије висина h_0 [1].



Слика 2.13. Две варијанте отвора за посматрање код заварене кућице

Ширина обрађеног дела B_1 (слика 2.12), бира се тако да се омогући смештање завртња за причвршћивање поклопца. Пречник завртња d_4 бира се према препорукама у табели 2.1. С обзиром на смештање завртња B_1 мора бити најмање $2 d_4$.

2.4 Елементи за транспорт

Да би се омогућили транспорт и монтажа редуктора на оба дела редуктора треба предвидети елементе за транспорт. Ови елементи служе да омогуће транспорт помоћу дизалица. Ти елементи могу бити куке, ушке, завртњи са прстенастом главом, отвори на ребрима итд. (слика 2.14). Завртњи са прстенастом главом се користе само за горњи део кућишта и то су стандардни елементи. Ако рупа за унутрашњи навој није пролазна не мора се предвидети заптивање.

Куке или ушке, које служе за ношење редуктора, могу бити изливене или заварене.



Слика 2.14.Елементи за транспорт[5], [6], [7]

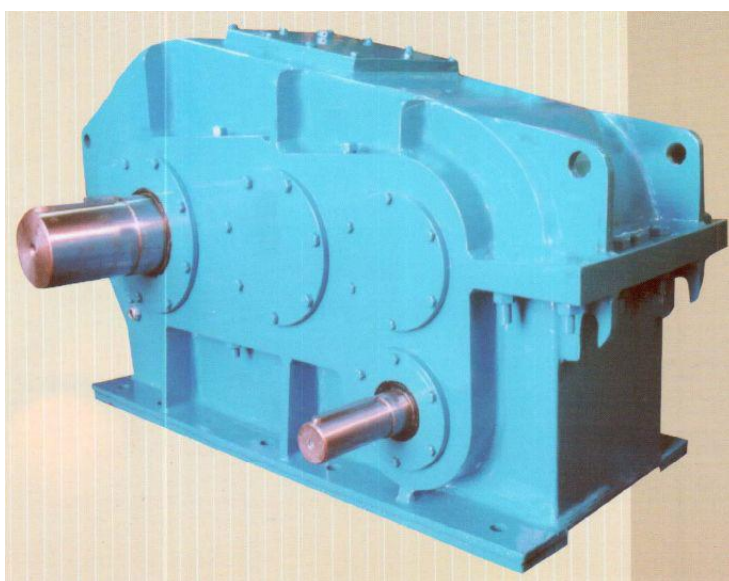
Мере завртњева се усвајају на основу масе коју треба транспортовати. У табели 2.3. су дате масе највећих дозвољених терета које могу преносити завртњи са прстенастом главом [1].

Табела 2.3.Највећи дозвољени терет за завртње са прстенастом главом

Називни пречник завртња, mm	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
Маса највећег дозвољеног терета, kg	100	200	250	500	800	1200	1800	2800	3800

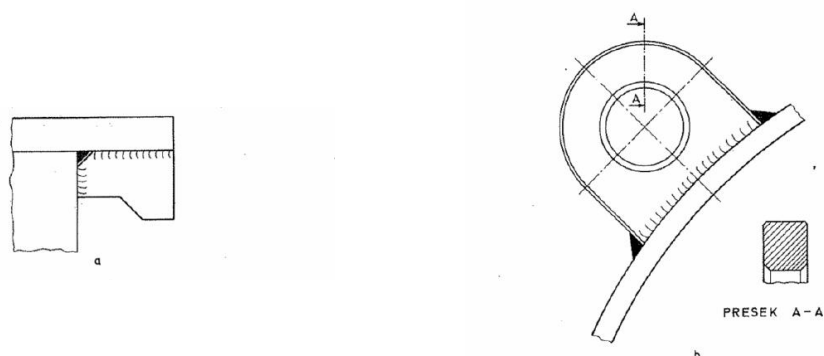
У случају када се терет веша помоћу два завртња највећи дозвољени терет односи се на оба завртња заједно, при чему угао између једног од два ужета којима се подиже терет и вертикале не треба да пређе 45° .

Облик изливених кука зависи од положаја на кућици. Куке на доњем делу кућице згодно се смештају испод обода тако да су веома сигурне и јаке. Ливене куке на горњем делу кућице не могу се тако добро сместити, па неки произвођачи уместо њих користе завртње са прстенастом главом. При обликовању куке треба имати у виду пречник челичног ужета које ће се употребити за подизање редуктора, као и чињеницу да редуктор при подизању и поред настојања, не остаје увек хоризонталан, што повећава могућност испадања ужета. Са тог гледишта сигурније су конструкције уређаја за подизање са отвором кроз који се провлачи уже, као што се може видети на слици 2.15.



Слика 2.15. Редуктор са отвором кроз који се провлачи уже

Препоручене дебљине ливене куке дате су у табели 2.1. На слици 2.16 дат је пример ушке за подизање на завареној кућици, као икрај вертикалног зида горњег дела заварене кућице у виду куке.



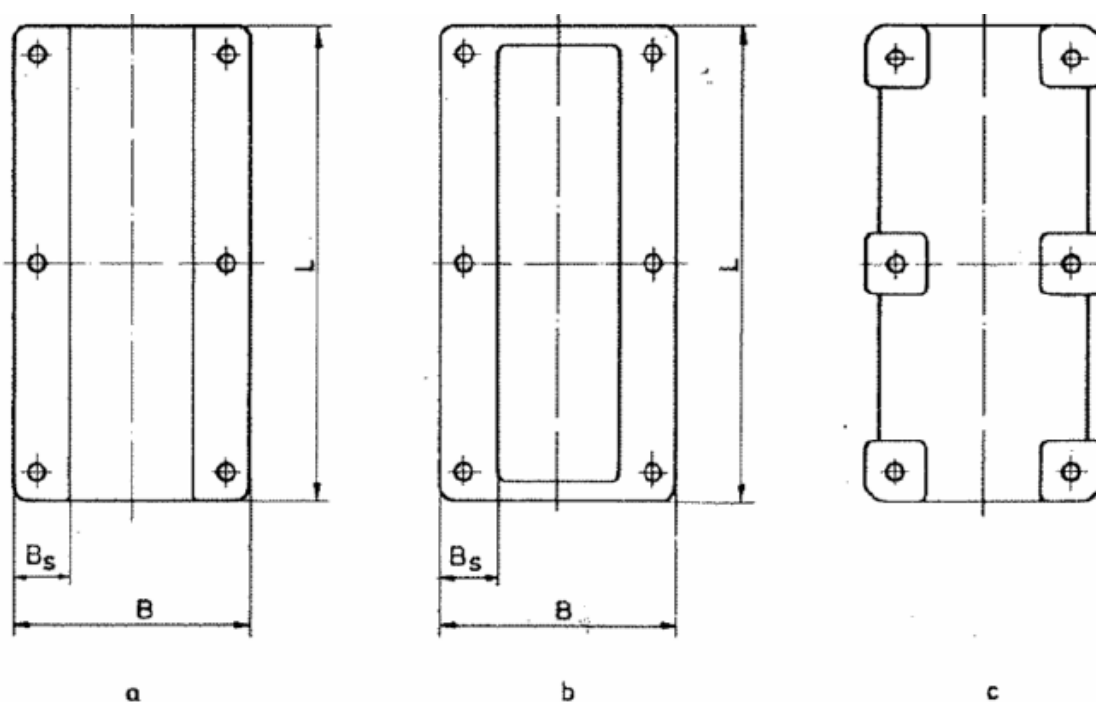
Слика 2.16. Пример заварене ушке

Обезбеђење тачног узајамног положаја горњег и доњег дела кућице постиже се чивијама за центрисање. За ову сврху користе се две чивије које залазе у обод горњег и доњег дела кућице и треба да буду што више удељене једна од друге. Препоручује се примена коничних чивија (SRPS M.C2.205) или цилиндричних чивија чији је пречник израђен са толеранцијом $m6$ (SRPS M.C2.203), или применом закаљених цилиндричних чивија, са истом толеранцијом (SRPS M.C2.204). Све наведене чивије су брушене. Геометријске мере чивија се налазе у наведеним стандардима. Отвори за чивије израђују се брушењем кроз оба обода у склопу, после чега се потребна толеранција (обично H7) постиже развртањем [1].

2.5 Стопала за причвршћивање редуктора за подлогу

Помоћу стопала редуктор се ослања на подлогу и за њу се причвршћује завртњима. Подлога може бити посебно метално постоље, бетонски темељ са уграђеним металним ослонцима за стопала, шасија машине на којој се редуктор користи, челична коснструкција, и тд.

Редуктор не належе на подлогу по целој својој површини, већ се у циљу смањења обраде и да би се постигло тачније налегање, ослона површина изводи у виду стопала. Површина стопала која належе на подлогу мора бити добро обрађена, јер служи и као ослона површина при обради већине осталих обрађених површина кућице. На слици 2.17. шематски су приказани уобичајени изгледи ослоне површине кућице.



Слика 2.17. Шеме ослоних површина

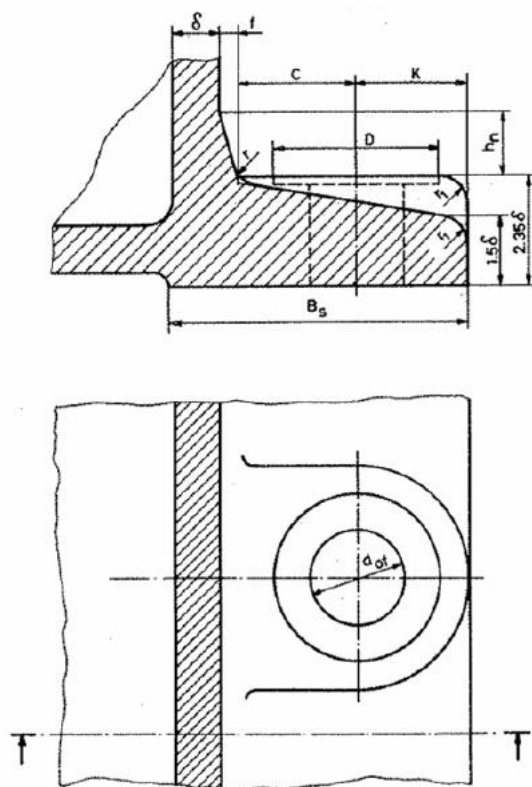
Код ливених конструкција изведених према шеми *a* (слика 2.17.) обично се B_s креће у границама $(4,5 \dots 7,5)\delta$, док је однос $B_s:B=0,12 \dots 0,35$ и смањује се са порастом димензија кућице.

Дебљина стопала h се усваја из табеле 2.1. Пречник (d_f) и број (n) фундаментних завртања усвајају се према препорукама у табели 2.1 [1].

На слици 2.18 приказано је стопало ливене кућице. Његова горња површина је изведена са нагибом, чиме се постиже смањење масе кућице. На местима завртања изведена су надвишења, тако да је на тим местима, горња површина стопала паралелна ослоној површини. Око отвора за завртње горња површина се обрађује ради правилног налагања навртке односно главе завртња, најчешће кружно као на слици 2.18, или по читавој горњој површини надливка. Избор пречника D врши се према табели 2.4. Уколико начин обраде не обезбеђује центричност ове површине и отвора за завртањ, треба усвојити већи пречник него што је то препоручено у табели 2.4. Полупречник заобљења r (слика 2.18) усваја се према препоруци:

$$r = (2,25 \dots 0,3) \frac{h+\delta}{2}, \text{ mm} \quad (2.7)$$

Прелаз од зида кућице на стопало изводи се са нагибом. Параметри нагиба бирају се према препоруци: $h_n \approx h$; $f \approx 0,2h_n$. Растојање C се израчунава према следећој формули: $C = \frac{D}{2} + r + c'$, mm . Полупречници заобљења r_1 усвајају се конструктивно или према препорукама: $r_1=2\text{mm}$ када је h до 25 mm и $r_1=4\text{mm}$ за $h=(26 \dots 50)\text{mm}$.



Слика 2.18. Стопало ливене кућице са надвишењем на месту завртња

Кућица приказана на слици 2.5 има једноставна стопала без нагиба на горњој површини. Обрада на местима завртања код оваквог стопала врши се кружно. Мере оваквог стопала (D, r, K, h_n, f, C, r_1) бирају се као код стопала на слици 2.18.

Табела 2.4 Препоручени пречници за обраду испод навртке и испод глеве завртња;
мере у mm

Називни пречник завртња	Отвор кључа ОК	Дијагонала главе завртња ($1,15 \cdot ОК$)	Пречник за обраду D H15	Минимално растојање осе завртња од ивице К
M6	10	11,5	13	10
M8	13	15	18	14
M10	17	19,6	22	14
M12	19	21,9	26	17
(M14)	22	25,4	30	17
M16	24	27,7	33	20
(M18)	27	31,2	36	24
M20	30	34,6	40	26
(M22)	32	36,9	43	27
M24	36	41,6	48	30
(M27)	41	47,3	53	30
M30	46	53,1	61	33
(M33)	50	57,7	66	36
M36	55	63,5	71	39
(M39)	60	69,3	76	43
M42	65	75	82	46
(M45)	70	80,8	89	49
M48	75	86,6	98	52
M52	80	92,4	107	54

Пример стопала на завареној кућици дат је на слици 2.19. Димезије се бирају слично као код ливеног стопала из табеле 2.1, D и K из табеле 2.4, а C_z се израчунава према формули:

$$C_z = \frac{D}{2} + c' \quad (2.8)$$

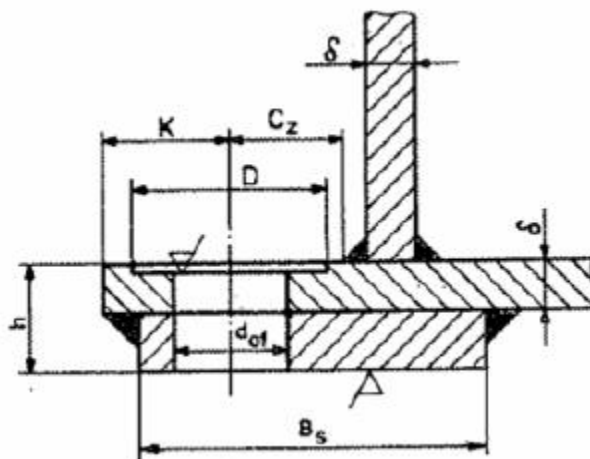
Ширина ослоне површине стопала код ливене кућице износи :

$$B_s = K + C + 1,5, mm \quad (2.9)$$

или нешто више од ове вредности. Код заварене кућице B_s се усваја конструктивно, као оријентација може се усвојити:

$$B_s = K + C_z + 1,5, mm \quad (2.10)$$

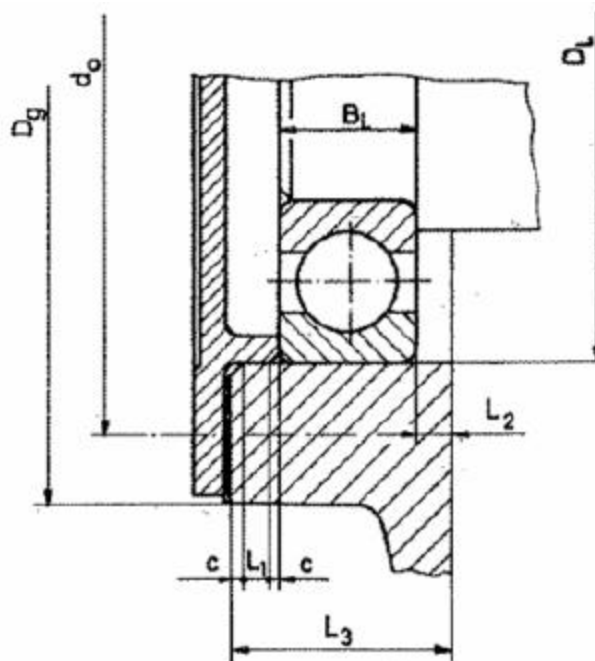
Обе формуле важе за извођење према слици 2.17.



Слика 2.19. Пример завареног стопала

2.6 Конструкција гнезда за лежишта

Појачани део кућице на месту лежишта, са отвором за лежишта, назива се лежишним гнездом (слика 2.2). Уобичајено гнездо за котрљајно лежиште на ливеној кућици приказано је на слици 2.20. Кад су лежишта близу једно другоме гнезда се спајају у једну конструктивну целину[1].



Слика 2.20. Гнездо за котрљајно лежиште

Димезије гнезда зависе од димензија усвојеног лежишта. У начелу, највећу ширину имају лежишта излазног вратила редуктора, те је зато њихова ширина

меродавна за избор ширине гнезда. Сва друга гнезда имају исту ширину, пошто је потребно да површине на које належу поклопци лежишта буду у истој равни, ради лакше обраде. Ширина гнезда износи [1]:

$$L_3 = B_L + L_1 + L_2 + 2C \quad (2.11)$$

Дужина потребна за центрисање поклопца L_1 усваја се од 4 до 10mm или се узима из табеле 2.5, у којој су дате њене минималне вредности зависно од пречника D_L . У истој табели су дате дужине закошења.

Табела 2.5 Минималне препоручене дужине центрисања; мере у mm

Пречник центрисања D_L	до 100	100 до 200	200 до 300	300 до 500	преко 500
Дужина за центрисање L_1	3. . 4	4. . 5	5. . 6	6. . 7	7. . 8
Закошење $c/45^\circ$	0,5/45°	0,8/45°	1/45°	1,5/45°	2/45°

Растојање чеоне површине лежишта од унутрашње површине зида кућишта L_2 треба да је најмање 5mm; Понекад се усвајају и мање вредности од 5mm, јер се смењем L_2 смањује распон између лежишта, а тиме и моменти савијања на вратилу. Лежишта која се подмазују машћу морају бити заптивена и према унутрашњости кућишта, тада L_2 мора бити веће и зависи од врсте употребљеног заптивача.

Ширина гнезда L_3 одређује се на описани начин када се лежиште затвара поклопцем са завртњима (слика 2.20); Уколико је примењен укупани поклопац ширина гнезда се одређује на истом принципу, узимајући у обзир мере таквог поклопца.

Величина L_3 зависи и од могућности смештања завртња пречника d_1 који је постављен уз лежиште и служи за везивање горњег и доњег дела кућишта (слика 2.5). Имајући у виду пресек А-А и поглед Б (слика 2.5) ширина гнезда износи [1]:

$$L_3 = \delta + f + C + K + (3...5), mm \quad (2.12)$$

K се усваја из табеле 2.4, C на основу ранијенаведеног израза, f је параметар одговарајућег нагиба, а δ дебљина зида кућишта. Параметри нагиба којим се постепено прелази са зида кућишта на гнездо, износе:

$$h_n \approx \frac{D_g - D_L}{2} \quad \text{и} \quad f = 0,2 h_n \quad (2.13)$$

где је D_g спољни пречник лежишног гнезда (слика 2.20).

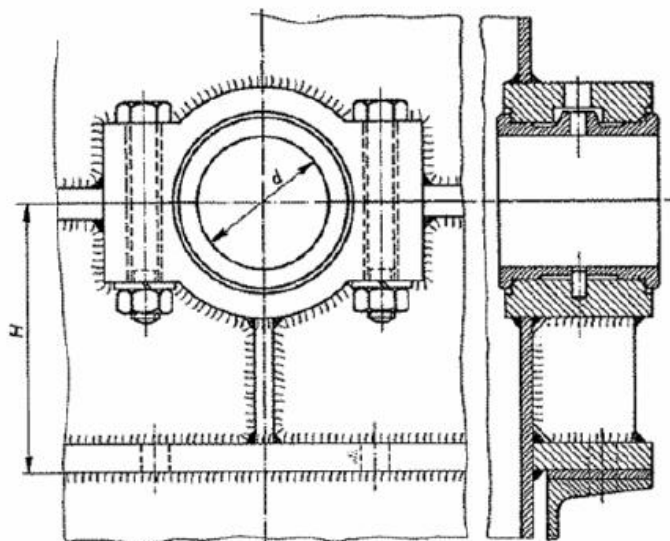
Анализа потребне ширине L_3 треба да се изврши по оба поменута критеријума и да се усвоји већа од добијених вредности.

Све што је до сада изнето о величини L_3 важи и код заварених конструкција, с тим што се при димензионисању простора за смештање завртња (пречника d_1) узимају у обзир специфичности заварене конструкције, што значи да формула 2.12 има облик :

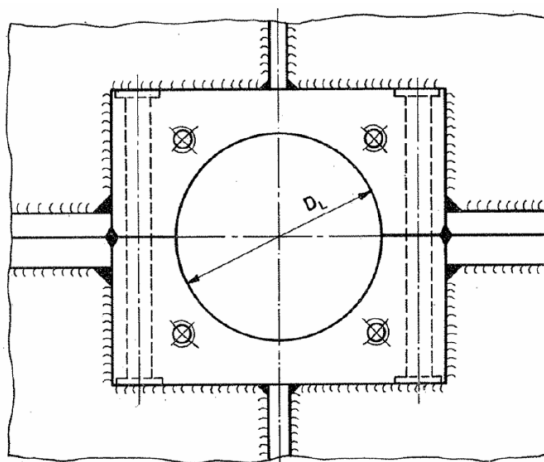
$$L_3 = \delta + C_z + K + k_0 \quad (2.14)$$

где се C_z израчунава према формули 2.8, а K усваја се из табеле 2.4 према пречнику усвојеног завртња d_1 . Катета одговарајућег вара којим су спојени зид кућице и гнездо, обележена је са k_0 и износи $0,7 \cdot a$, где је a дебљина вара [3].

Лежишта гнезда заварених кућишта обично се исецају из дебелих ваљаних плоча (слика 2.21) или се изливају од челичног лива, а затим заварују за зид. У случају исецања из плоча често се прибегава једноставнијем облику (слика 2.22).

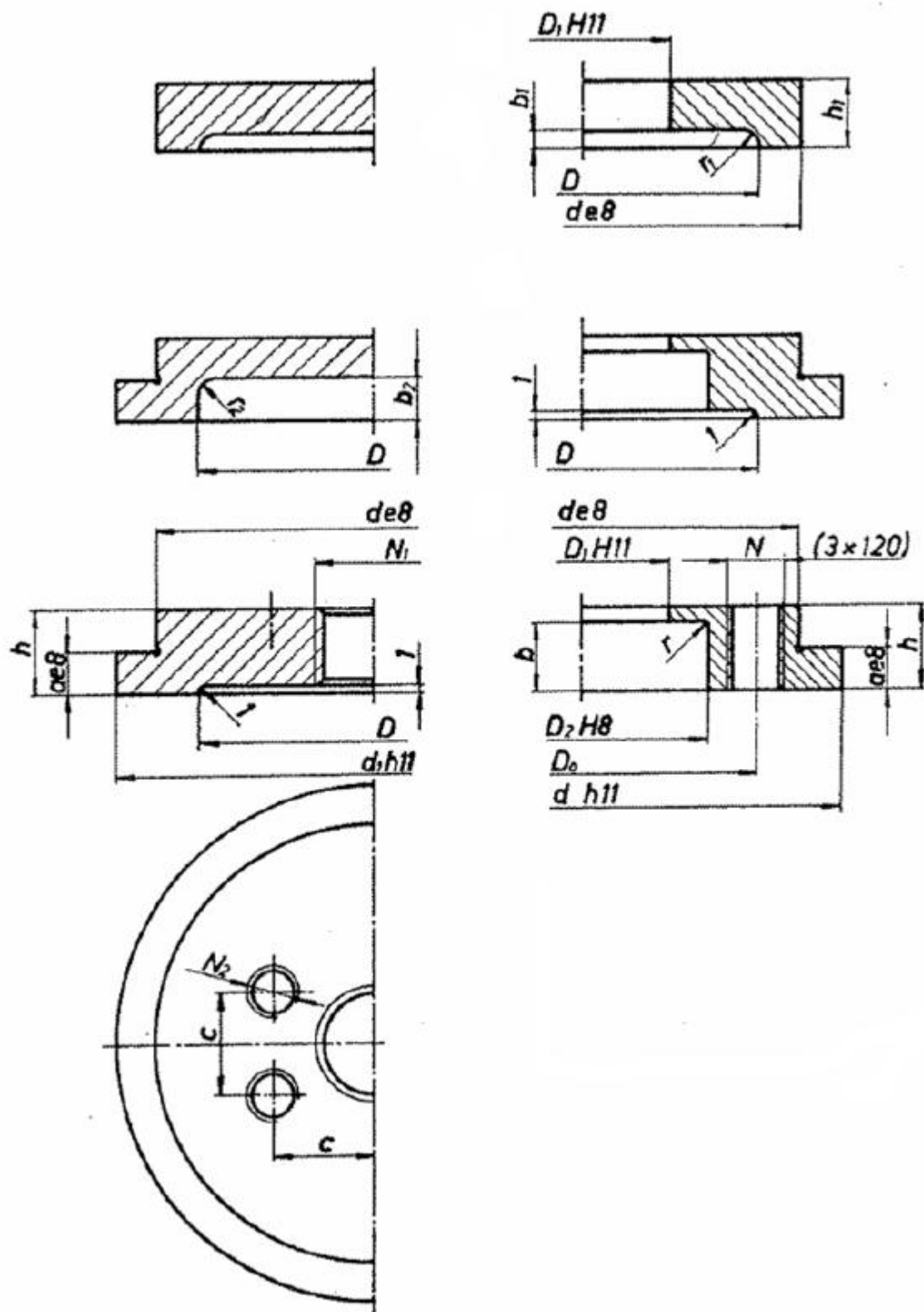


Слика 2.21. Детаљ завареног кућишта



Слика 2.22. Пример лежишног гнезда заварене конструкције

Спољни пречник гнезда D_g (слика 2.20) једнак је спољном пречнику поклопца са завртњима, а он се бира на основу спољног пречника лежишта D_L (табела 2.6). У истој табели дат је пречник D по коме се распоређују завртњи за везивање поклопца лежишта за кућиште, број и пречник завртања.



Слика 2.23. Препоручене мере поклопца за лежиште

Табела 2.6 Препоручене мере поклопца за лежиште

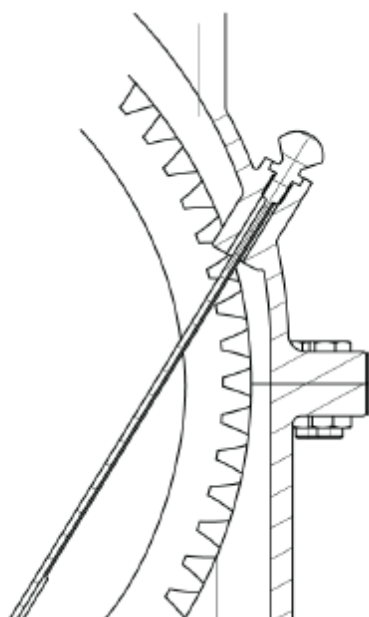
d	Према спољашњем пречнику лежишта				
	<100	100÷130	130÷180	180÷250	>250
d_z	M6(M8)	M12	M12	M16	M16
z	4	4	6	6	6(8)
d_0	$d+2,5d_z$				
d_1	$d_0+(2,5÷3)d_z$				
d_2	$d-(2÷4)$				
D_0	Према пречнику завртња SRPS M.B1.004				
D_1	Према пречнику вратила; $d_v+(1÷3)$				
D	$(0,8÷0,9)d$				
D_3	$d_0-(2,5÷3)d_z$				
h	$1,2d_z$				
r_1	$2÷10$				
a, h_1 , h_2	Конструисати према потреби				
D_2 , b, r	Према димензијама заптивача				

За ове завртње у зид гнезда се урезају завојнице чија корисна дужина треба да износи 1,3 до 1,5 називног пречника завртња за кућице од сивог лива и око 1,2 називног пречника завртња за гнезда од челика. Стварна дужина завојнице нешто је већа.

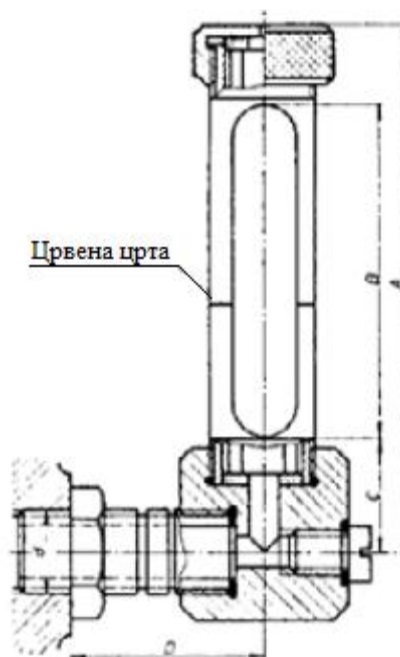
2.7 Елементи за показивање нивоа уља

За показивање нивоа уља у кућишту треба предвидети показиваче нивоа уља. Мерење нивоа уља се може вршити на више начина:

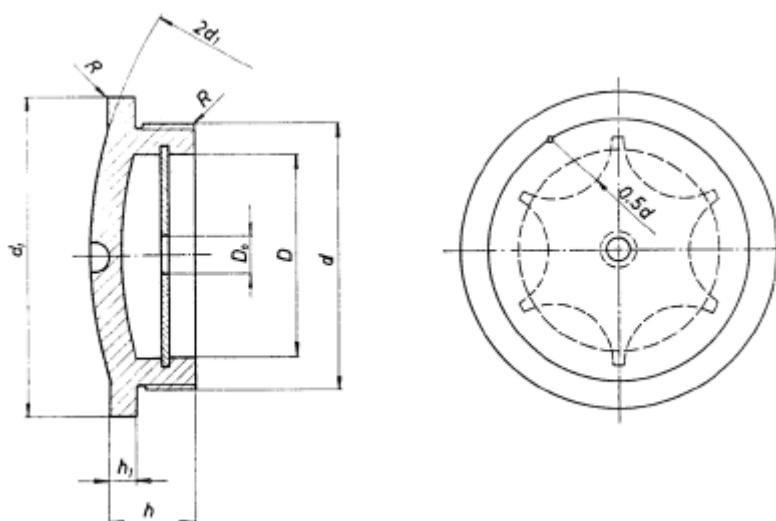
- Мерач са шипком (слика 2.24); У овом случају треба водити рачуна о могућности постављања и вађења мерача.
- Цевни показивач (слика 2.25).
- Округли показивач нивоа уља (слика 2.26); Израђује се од провидне пластике и монтира тако да му се оса поклапа са нивом уља.



Слика 2.24. Мерач са шипком



Слика 2.25. Цевни показивач нивоа уља



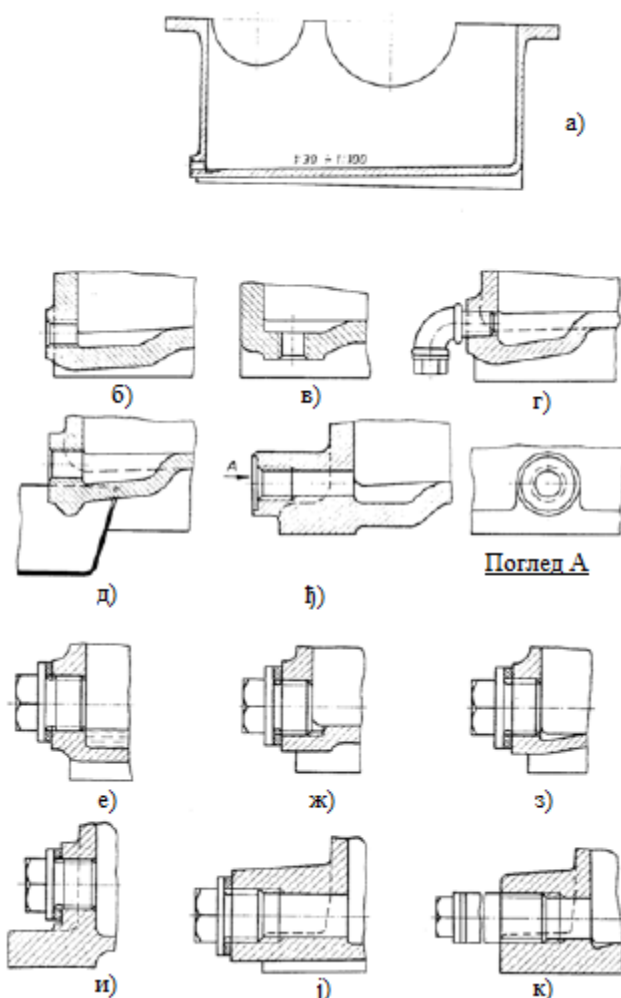
Слика 2.26. Округли показивач нивоа уља

Табела 2.7 Димензије округлог показивача нивоа мазива

Редни број	d	d ₁	D	h	h ₁	D ₀	R
1	M 50	63	40	16	5	6	1,5
2	M 65	80	50	20	6	8	1,5
3	M 80	100	63	25	8	10	2
4	M 100	125	80	32	10	12	2

2.8 Отвори за испуштање уља

За промену уља у редуктору треба предвидети отворе за испуштање уља као и чепове за њихово затварање. Положај и облик отвора за испуштање уља треба да буду такви да омогуће неометано истицање целокупне количине уља, неометано вађење и постављање чепа, као и неометан прилаз посуди за прикупљање старог уља.

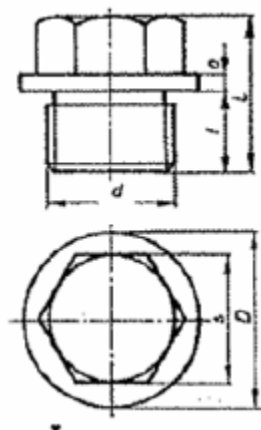


Слика 2.27. Отвори за испуштање уља и одговарајући чепови

Отвор за испуштање уља из редуктора поставља се при дну кућишта тако да његовим отварањем уље исцури без остатка. Обично се дно кућишта израђује под нагибом усмереним према отвору за испуштање. Отвор за испуштање уља затвара се завртњем – запушачем (чепом). Има више врста ових завртања: цилиндричних и коничних, са метричком и цевном завојницом. Отвор за испуштање уља се обично поставља на једном од оних места кућишта на коме се не налази стопало за причвршћивње редуктора за подлогу. Страна редуктора на којој се поставља отвор мора бити приступачна за одвртање чепа и за подметање посуде у коју треба старо уље да исцури [1], [6].

Пошто је редуктор увек део неког постројења треба настојати да се отвор за испуштање и показивач нивоа уља сместе на истој страни кућишта, како би остале стране „биле слободне“, што олакшава уклапање редуктора опште намене у различита постројења.

Изглед чепа за отвор испуста дат је на слици 2.28, а димензије у табели 2.8.



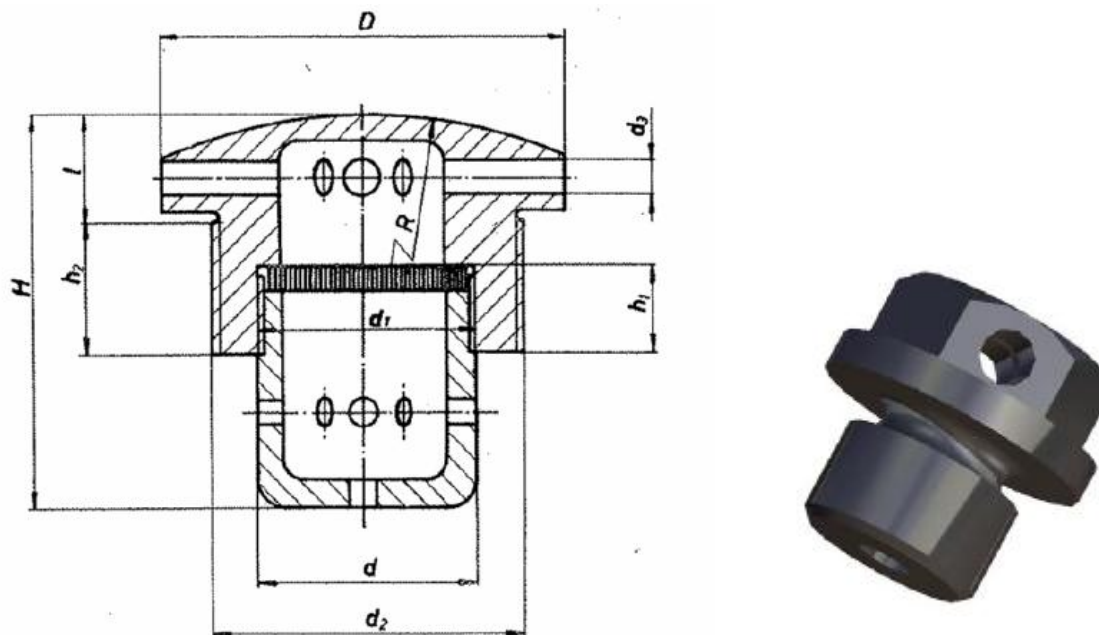
Слика 2.28. Чеп за испуштање уља

Табела 2.8 Величине чепа за испуштање уља

D	D	L	l	a	s
M20x2	30	28	15	4	22
M22x2	32	29	15	4	22
M27x2	38	34	18	4	27
M30x2	42	36	18	4	32
M33x2	45	38	20	4	32
M36x3	50	46	25	5	36
M42x3	55	53	30	5	41
M48x3	62	55	30	5	46

2.9 Одушак

За време рада редуктора повећава се притисак унутар кућишта због загревања ваздуха и мазива. Да не би дошло до пробијања заптивача и губитака мазива услед пораста притиска у кућишту редуктора унутрашњост кућишта повезује се са спољном средином посредством одушка. Одушци се постављају на горњем делу кућишта редуктора и најчешће се изводе у облику датом на слици 2.29 и према димензијама наведеним у табели 2.10 [1].



Слика 2.29. Одушак

Табела 2.10 Мере за извођење одушка (у mm)

d_3	D	H	d_2	h_2	d_1	h_1	l	d	R
5	60	58	48	20	30	13	15	32	78
8	90	87	64	30	48	20	22	48	117

2.10 Заптивање

Заптивање у редукторима има двојаку улогу: да спречи излажење уља из кућишта редуктора и да онемогући продирање нечистоћа у унутрашњост редуктора. Заптивање не треба предвидети само на месту спајања горњег и доњег дела кућишта. На том месту заптивање се остварује фином обрадом и добрим притезањем површина које се премазују танким слојем графитне уљне пасте или неким другим средством.

Нарочиту пажњу треба обратити на места где улазно и излазно вратило излазе из кућишта. На овим местима се најчешће користе манжетни заптивачи, слика 2.30.

3 Израда ливених и заварених кућишта

3.1. Ливена кућишта

Ливена кућишта се израђују од сивог лива. Ливење се користи за серијску производњу редуктора. Могу се израђивати веома сложени облици. Приликом конструисања ливених кућишта треба водити рачуна о следећим стварима:

- Радијусима и нагибима,
- Дебљинама зидова и спајању зидова,
- Нагомилавању маса,
- Избегавању савијања и истезања,
- Конструисању контуре одливка да би могао да се извади из калупа,
- Додацима за механичку обраду.

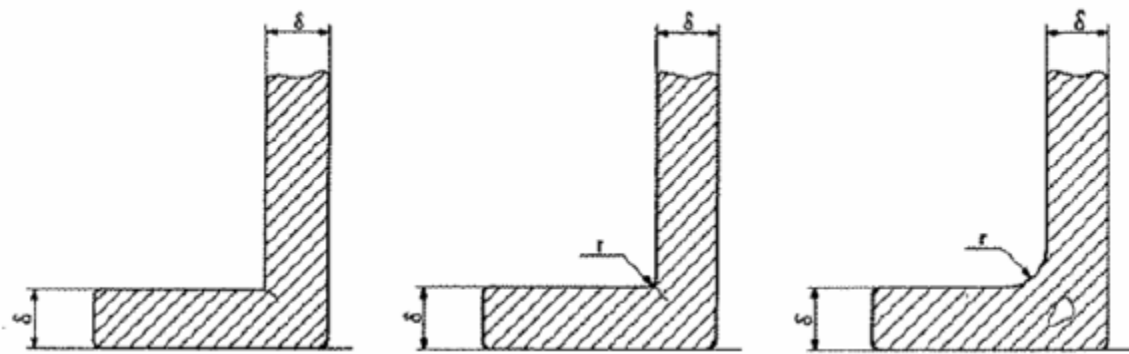
Приликом уливања растопљеног метала у калуп долази до хлађења уливене масе, затим њеног очвршћавања и даљег хлађења до температуре околине. Том приликом уливена маса се скупља. Сиви лив се скупља око 1%, челични лив од 1,5 до 2%, темперовани лив око 1,8%, алуминијумове легуре 1 до 1,7%, месинг и оловна бронза 1 до 1,5%.

Услед неједнаке брзине очвршћавања и хлађења уливене масе долази до скупљања појединих делова одливка и појаве грешака при ливењу. То је последица унутрашњих напона у одливку који могу довести до прскотина или већих деформација.

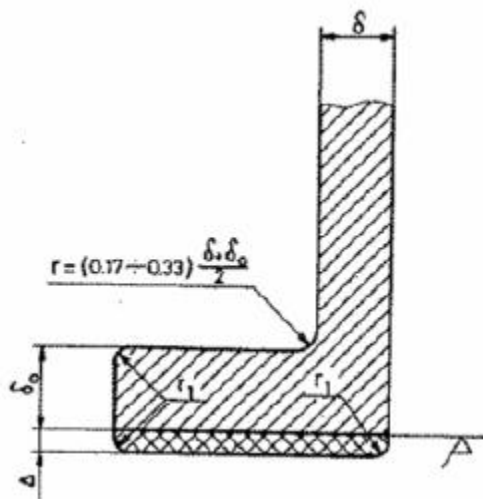
Предности сивог лива у односу на остале јесу: добра ливкост, добра обрадљивост, нижа цена, боље пригушивање осцилација и тд.

Уједначеност брзине хлађења постиже се уједначеношћу дебљина спољних зидова. По могућности, разлика у дебљини суседних зидова не треба да прелази 50%. Промена дебљине треба да буде постепена, а прелаз са једне равни на другу мора имати заобљење. Унутрашњи зидови треба да буду тањи од спољних за 20 до 40%.

Оштра ивица на прелазу између два зида или сувише мали полупречник прелазног заобљења доводе до јаких унутрашњих напона и до прскотине. То место не сме имати ни сувише велико заобљење јер се у том случају материјал нагомилава, слика 3.1[1], [3].



Слика 3.1. Заобљења



Слика 3.2. Препоручено заобљење

Спајање два зида изводи се са полупречником заобљења r .

$$r = (0,17 \dots 0,33) \frac{\delta + \delta_0}{2} \quad (3.1)$$

Додатак за обраду (приказан двоструком шрафуром) обично износи $\Delta = 3 \dots 4 \text{ mm}$.

Величина полупречника r се усваја као:

$$r = (0,25 \dots 0,3) \frac{\delta + \delta_0}{2} \quad (3.2)$$

Када су дебљине зидова који се спајају једнаке, образац за полупречник добија облик:

$$r = (0,17 \dots 0,33) \delta, \text{ mm} \quad (3.3)$$

Да би дебљина била тачнија, у образац се укључује и додатак за обраду, тако да тачнији образац за полупречник износи:

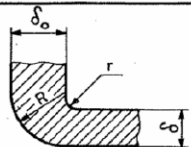
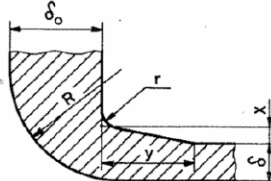
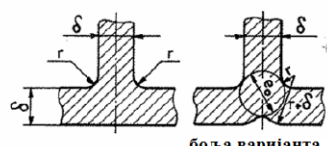
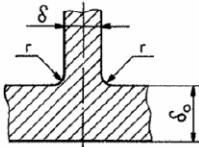
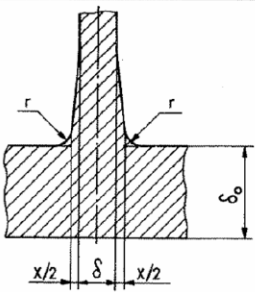
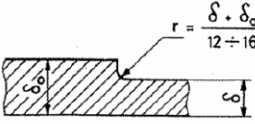
$$r = (0,17 \dots 0,33) \frac{\delta + \delta_0 + \Delta}{2} \quad (3.4)$$

Полупречник заобљења r_1 на месту обраде (сл. 3.2) не треба да буде већи од додатка за обраду Δ , па се зато иде на мале вредности ових полупречника.

Дате препоруке важе када резлика у дебљини зидова није велика, тј. $\delta_0 \leq 1,8\delta$.

Табела 3.1 приказује још неколико примера спајања зидова одливака.

Табела 3.1. Примери спајања зидова одливака

Препоручује се $r = (0.17 \div 0.33) \frac{\delta + \delta_0}{2}$ у свим случајевима , осим под ф.			
Скица		Објашњење	Препоручени параметри
а		$\frac{\delta_0}{\delta} \leq 1.8$ Спајање два зида у случају када обрада после ливења није потребна	$R = \delta_0$
б			$y \approx \delta_0$ за сиви лив: $X \leq \frac{y}{4}$ (нпр. $X = \frac{y}{5}$) за челични лив: $X \leq \frac{y}{5}$ $R = \delta_0 + r$
в	 боља варијанта		$e_0 = 1.25 \delta$
д		$\frac{\delta_0}{\delta} \leq 1.8$	
е		$\frac{\delta_0}{\delta} > 1.8$	Х и У исто као под б
ф	 $r = \frac{\delta \cdot \delta_0}{12 + 16}$	$\frac{\delta_0}{\delta} \leq 2$	

3.2. Заварена кућишта

Заварена кућишта се израђују заваривањем једноставних облика. Приликом конструисања заварених конструкција треба водити рачуна о следећем:

- Све површине које се накнадно обрађују треба истаћи заваривањем додатних елемената,
- Треба избегавати нагомилавање варова,
- За угаоне варове треба правити преклопе,
- Треба избегавати сложене облике елемената као и њихово савијање.

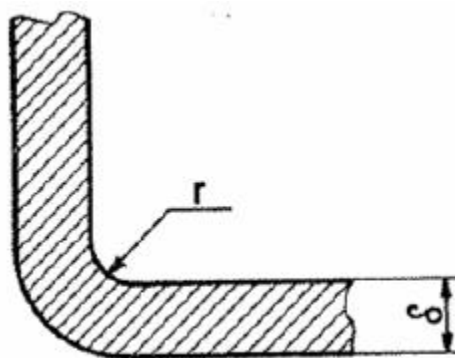
Материјали који се најчешће користе за израду заварених кућишта су: Č0360 (S235JR), Č0460 (S275JR), Č0270 (S235), Č0370 (S235).

Што се тиче поступка, пре заваривања се врши груба обрада појединих елемената и припрема ивица за заваривање.

Због постојања интензивног локалног загревања материјала и скупљања при хлађењу, у завареним конструкцијама се јављају унутрашњи напони као и деформације и прскотине. На ове деформације, тачније на смањивање ових штетних појава конструктор може утицати на више начина, као што је претходно наведено.

Симетричним распоредом варова у односу на тежиште елемената смањују се унутрашњи напони и деформације. Такође, на њихово смањивање може се утицати и избором погодног реда заваривања, тачније од центра ка периферији.

За извођење заварених конструкција често се изводи савијање лимова. Унутрашњи радијус савијања треба да буде што мањи са гледишта габарита, али сувише мали радијус отежава извођење ове операције, а такође се повећава и могућност појава прскотина. Зато је најмањи унутрашњи полупречник ограничен (Слика3.3 и табела 3.2) [1], [3].

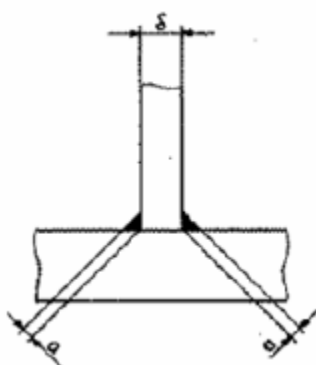


Слика 3.3. Унутрашњи радијус

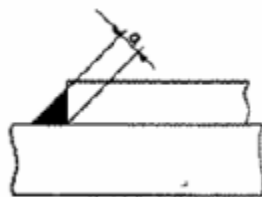
Табела 3.2. Најмањи допуштени радијуси савијања лимова

Материјал лима	Минимални радијуси савијања
Č0245(/), Al, Cu	0
Č1330(C25), Č1220(C15), Č0345(/)	$0,1\delta$
Č0445(/)	$0,2\delta$
Č0545(E295), Č1430(C35)	$0,3\delta$
Č0645(E335), Č1530(C45)	$0,5\delta$
Č0745(E360), Č1730(/)	$0,6\delta$

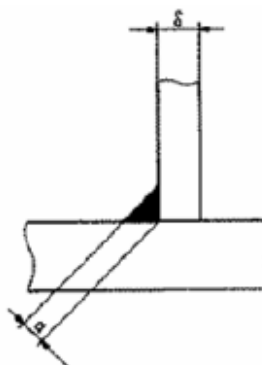
Код угаоног вара дебљина вара ***a*** се бира у складу са прорачуном. Често се дебљина бира конструктивно, у ком се случају за једностране заварене саставке ***a*** усваја највише 0,7 од дебљине тањег лима у споју. За двостране заварене саставке препоручује се $a \leq 0,35\delta$. Није препоручљиво да се дебљина угаоног вара ***a*** усваја испод 3mm.



Слика 3.4. Димензије угаоног вара: $a \leq 0,75\delta$, или на основу прорачуна



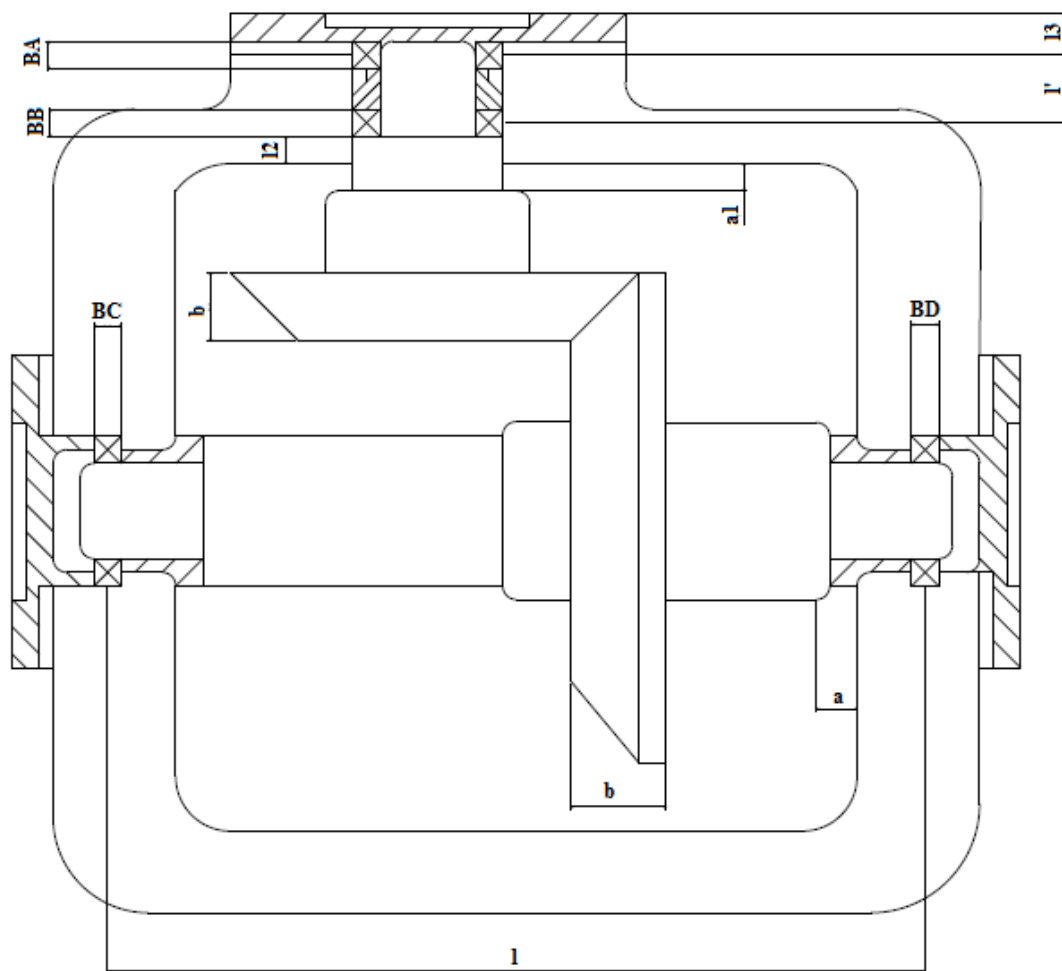
Слика 3.5. Димензије угаоног вара на преклопном саставку: $a \leq 0,75\delta$, или на основу прорачуна



Слика 3.6.Препоручене димензије двостраног угаоног вара: $a \leq 0,35\delta$, или на основу прорачуна

Сечење лимова и делова од плjosнатог челика за кућиште врши се маказама или кисеоником, помоћу пламена гасног горионика. Поступак помоћу кисеоника је изузетно препоручљив када су облици који се исецају компликованији, као и за дебље лимове [1].

4 Радионички цртежи кућишта



Слика 4.1. Прорачун помоћних мера једноступеног коничног редуктора

Табела 4.1. Прорачун помоћних мера једностепеног коничног редуктора

Ознака	Назив	Величина
a ; a1	Растојање чеоних површина обртних елемената и унутрашњег зида кућице	a= 10÷15mm за веће редукторе величина се узима и већа. Узима се у зависности од тачности израде и монтаже редуктора.
b	Ширина зупчаника	Одређује се прорачуном
BA;BB;BC;BD	Ширина лежишта	Избор лежаја се бира у зависности од оптерећења
l3	Висина поклопца	Узима се у зависности од врсте и констр. поклопца
l2	Растојање од чеоне површине котрљајног лежишта од унутрашње стране кућишта	l2=5-10mm при подмазивању лежишта уљем из самог кућишта редуктора или l2=10-15mm за подмазивање лежишта машином
l'	Растојање између лежишта конзолног вратила	$l' = (2,5 \div 3) d$; где је d пречник вратила
l	Прорачунска растојања између елемената	Величина l приказана је на слици

5 Пример прорачуна и конструкције кућишта редуктора

5.1.Пример прорачуна међусобних односа основних елемената кућишта једноступеног коничног редуктора

Полазни подаци:

- Тип редуктора: једноступени редуктор са вратилима чије се осе секу (конични редуктор),
- Улазна снага (снага ЕМ): $P_{EM} = 8 \text{ kW}$,
- Улазни број обртаја (број обртаја ЕМ): $n_{EM} = 1100 \text{ min}^{-1}$,
- Излазни број обртаја: $n_{iz} = 390 \text{ min}^{-1}$,
- Степен искоришћења спојница: $\eta_s = 0,98$,
- Кућиште је ливено
- Минимални век преносника: $L_h = 8000 \text{ h}$.

У оквиру предмета Машински елементи 2, са претходно наведеним полазним подацима, урађен је комплетан прорачун елемената преносника (зупчаника, вратила, лежајева), на основу којег је настављен прорачун кућишта.

Дебљина зида кућишта редуктора:

$$\delta = 0,025a + 1, \text{ не сме да буде мање од } 7,5 \text{ mm}$$

$$\delta = 0,025 \cdot 311,109 + 1 = 8,8 \text{ mm}$$

Дебљина зида поклопца редуктора:

$$\delta = 0,02 \cdot 311,109 + 1 = 7,2 \text{ mm}$$

Дебљина горњег појаса (обода) кућишта:

$$b = (1,5 \div 1,75)\delta$$

$$b = 1,6 \cdot 8,8 = 14 \text{ mm}$$

Дебљина доњег појаса поклопца кућишта:

$$b_1 = (1,5 \div 1,75)\delta_1$$

$$b_1 = 1,6 \cdot 7,2 = 11,5 \text{ mm}$$

Дебљина стопала

$$\text{без наглавка } s = 2,35\delta = 2,35 \cdot 8,8 = 20,6 \text{ mm}$$

$$\text{са наглавком } s_1 = 1,5\delta = 1,5 \cdot 8,8 = 13,2 \text{ mm}$$

Дебљина ребра крутости кућишта:

$$m_2 = (0,85 \div 1)\delta$$

$$m_2 = 0,95 \cdot 8,8 = 8,3 \text{ mm}$$

Дебљина ребра крутости поклопца кућишта:

$$m_1 = (0,85 \div 1)\delta_1$$

$$m_1 = 0,95 \cdot 7,2 = 7,0 \text{ mm}$$

Пречник фундаментних завртања:

$$df = 0,036a + 12$$

$$df = 0,036 \cdot 311,109 + 12 = 23,1999 \rightarrow df = 24 \text{ mm}, \text{ усваја се стандардни завртањ M24,}$$

Пречник завртања

за лежишно гнездо:

$$dl = (0,7 \div 0,75)df, \rightarrow dl = 0,73 \cdot 23,1999 = 16,9359 \rightarrow dl = 17 \text{ mm}, \text{ усваја се стандардни завртањ M18,}$$

за везивање поклопца са кућиштем:

$$d = (0,5 \div 0,6)df, \rightarrow d = 0,53 \cdot 24 = 12,72 \rightarrow d = 13 \text{ mm}, \text{ усваја се стандардни завртањ M14,}$$

за причвршћење поклопца лежишта:

$$dp = (0,4 \div 0,5)df, \rightarrow dp = 0,43 \cdot 24 = 10,32 \rightarrow dp = 11 \text{ mm}, \text{ усваја се стандардни завртањ M12,}$$

$$dz = (0,3 \div 0,4)df, \rightarrow dp = 0,33 \cdot 24 = 7,92 \rightarrow dz = 8 \text{ mm}, \text{ усваја се стандардни завртањ M10.}$$

Пречник завртња са прстенастом главом **dt** усваја се на основу стандарда SRPS M.B1.210 у зависности од тежине редуктора.

$$\text{Број фундаментних завртања: } n = \frac{240+260}{200} = 2,5 \rightarrow n = 4$$

Пречници D , D_1 и D_2 :

Узимају се у зависности од пречника лежишта.

Растојање E од спољне површине зида кућишта до оса завртања dr, dl, d

$$E = 1,2d + (5 \div 8)$$

$$E = 1,2 \cdot 12 + 7 = 21,4 \text{ mm}$$

Ширина горњег и доњег обода кућишта, са наглавком и без наглавка

$$\text{Одређује се конструктивно} \rightarrow K = E + C$$

$$E = 25 \text{ mm}$$

$$C = 25 \text{ mm}$$

$$K = E + C = 50 \text{ mm}$$

Димензија елемента надливка:

$$RO = C = 25 \text{ mm}$$

$$r1 \approx 0,2C \approx 0,2 \cdot 25 \approx 5 \text{ mm}$$

Димензије надливка испод главе завртња:

$$R = C = 25 \text{ mm}, h = 10 \text{ mm} \text{ (усваја се конструктивно).}$$

Растојање од ивице отвора до осе завртња:

$$e \approx (1 \div 1,2)dl$$

$$e \approx 1,1 \cdot 17 = 18,7 \text{ mm}$$

Ширина лежишног гнезда:

$$l1 = E + RO + (2 \div 3) \text{ mm}$$

$$l1 = 25 + 25 + 2 = 55 \text{ mm}$$

$$l1 > K \text{ за } (2 \div 3) \text{ mm}$$

Минимални зазор између зупчаника и зида кућишта:

$$a = 1,2\delta$$

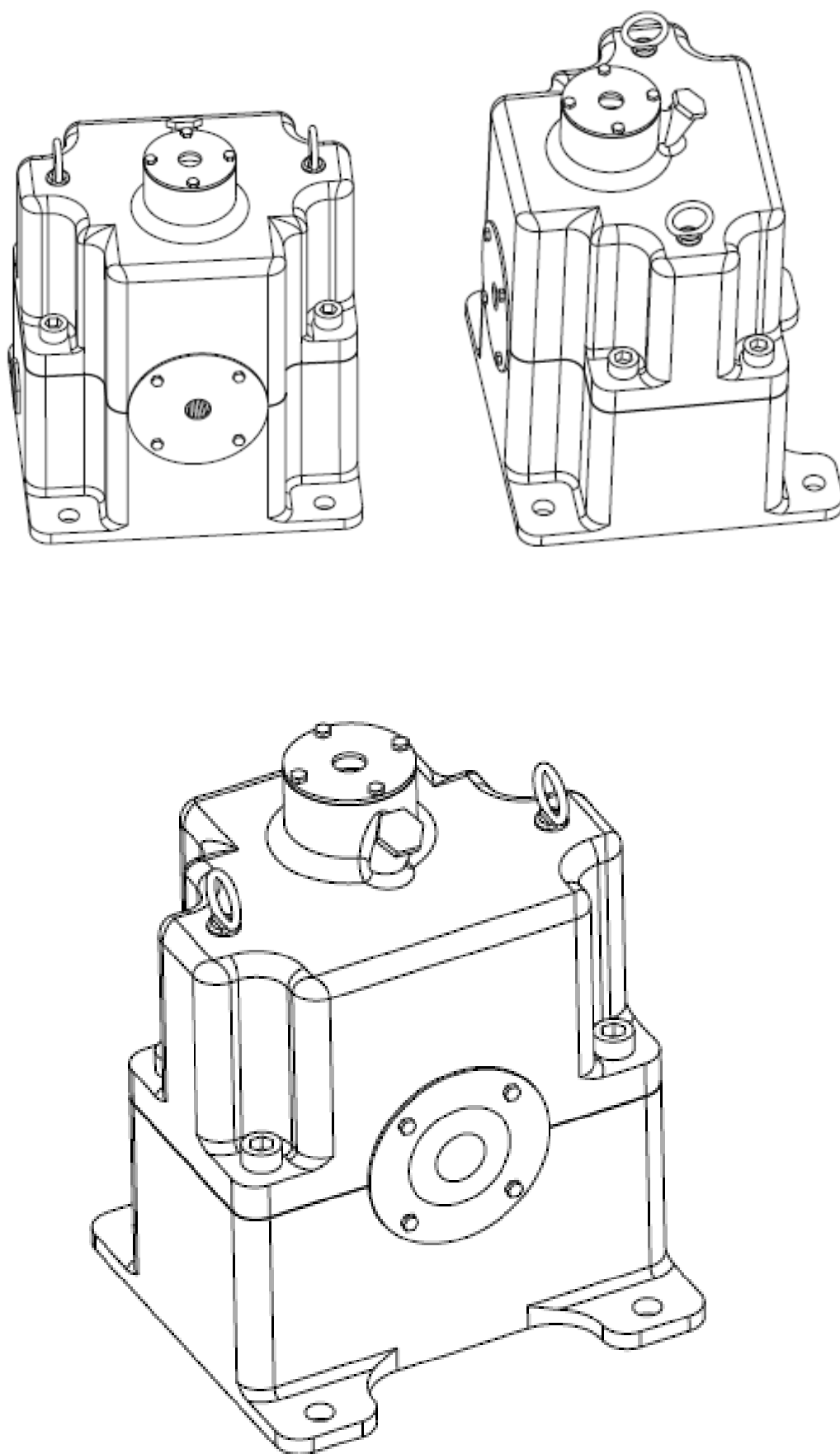
$$a = 1,2 \cdot 8,8 = 10,56 \text{ mm}$$

Растојање између завртања који везују поклопац са кућиштем редуктора:

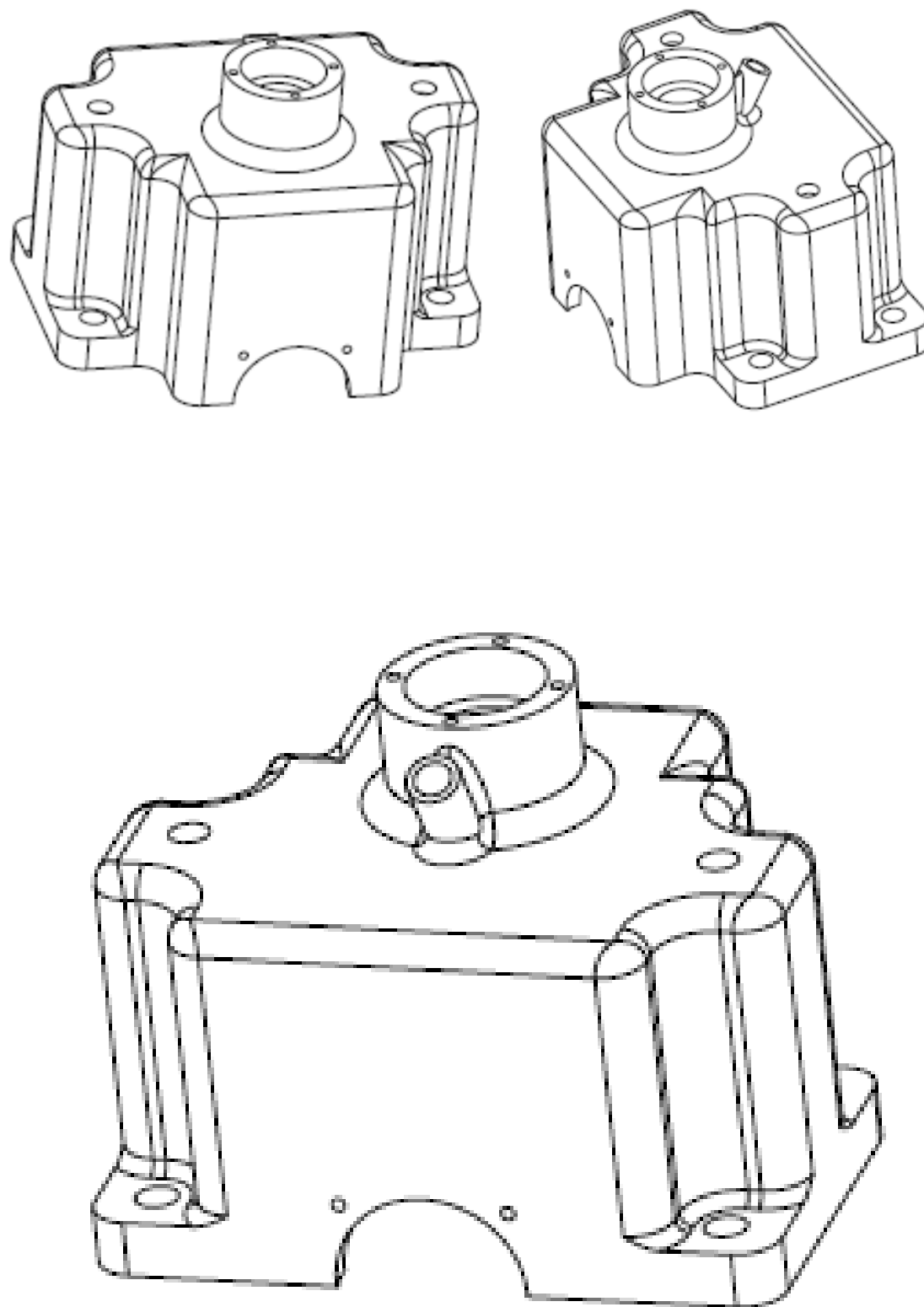
$$t = 120 \div 150 \text{ односно } t = 12 \div 15d$$

$$t = 12 \cdot 12 = 144 \text{ mm}$$

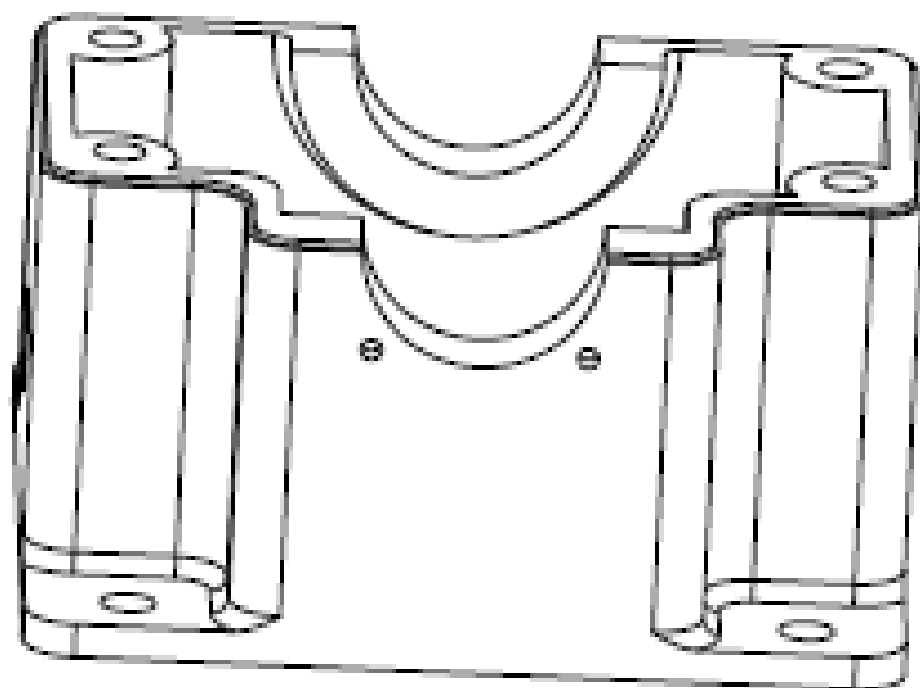
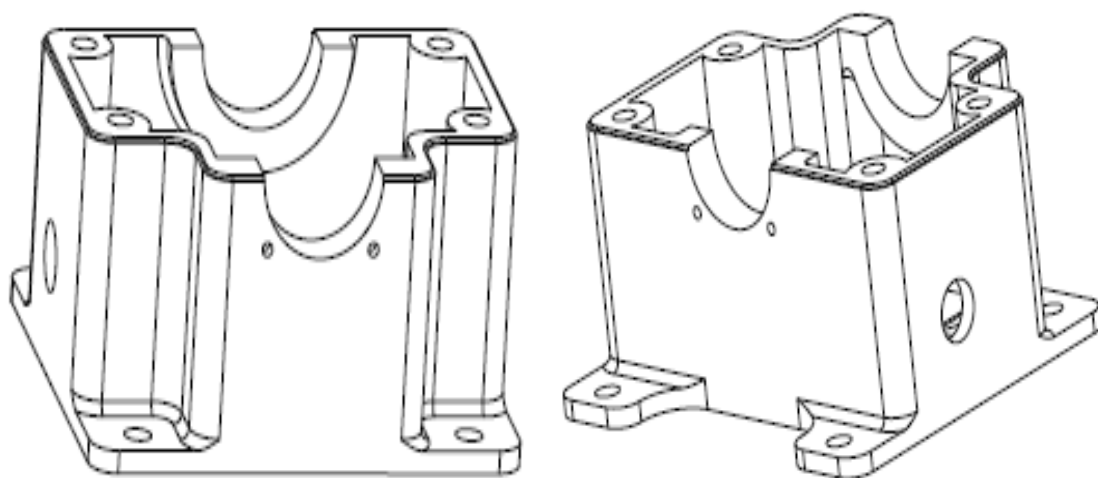
На основу прорачунатих елеманата редуктора (зупчаника, вратила, лежаја) као и димензија кућишта урађен је склоп редуктора и модели доњег и горњег дела кућишта.



Слика 5.1. Модели склопа



Слика 5.2. Модели горњег дела кућишта



Слика 5.3. Модели доњег дела кућишта

6 Закључак

Кућишта редуктора имају веома широку примену и у многим гранама индустрије су и даље незаменљива и непревазиђена због својих добрих особина. Од свог настанка развијала су се у многим правцима не би ли се прилагодили потребама тржишта.

Улога кућишта је вишеструка:

- Да обезбеди беспрекорно улежиштење,
- Да пренесе сва оптерећења на постоље,
- Да штити виталне елементе преносника од утицаја околине (влаге, прашине,...),
- Да омогући подмазивање елемената преносника (зупчаника, лежаја),
- Да пригуши буку и вибрације,
- Да обезбеди термичку стабилност при раду преносника (загревање, хлађење).

Да би се све ово остварило кућиште мора да има довољну чврстоћу и крутост. Када се ради о масовној производњи кућишта су углавном ливена, док се код појединачне производње примењују заварена кућишта, која су лакша и имају мању крутост. Најчешће се изводе као дводелна, али могу бити и вишеделна.

Кућиште се пројектује на основу многобројних захтева у погледу функције, као и лакше израде и економичности. Полазна основа за конструисање је оптерећење које кућиште прима преко лежишта редуктора, као и димензије па и сам облик преносника. За сада не постоји прецизан инжењерски прорачун који би послужио за избор појединих величина кућишта. Димензије кућишта се најчешће бирају у зависности од вредности осног растојања или се користе искуствени подаци, при чему се искуства из појединих области разликују. У раду су наведене само опште препоруке које треба користити као полазну основу за прорачун. Од наведених препорука се може одступати, према конкретним околностима.

Од једностепених до вишестепених развијали су се конструкциони облици редуктора, а самим тим и кућишта, све са циљем да се ова врста конструкције усаврши до максимума.

7 Литература

- [1] Трбојевић М., Јанковић М., Редуктори, Научна књига – Београд, 1988.
- [2] Николић В., Машински елементи-теорија, прорачун примери, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [3] Јовичић С., Марјановић Н., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, САД Лабораторија, Крагујевац, 2011.
- [4] <http://www.vogel-antriebe.de/de/unternehmen/>
- [5] <http://rws-production.rs/srpski/zupcanici-i-reduktori.html>
- [6] <http://www.reduktori.rs/>
- [7] <http://www.reduktori.rs/katalog%20reduktora.php>
- [8] http://www.gosafom.com/2proizvodni/3pr_sr/proizvodni_srp/07_reduktori/tekst_red_sr.htm
- [9] <http://www.strojna.si/Portals/0/Content/2011/Katalogi/Katalog-standardni-program-gonil.pdf>
- [10] http://www.beotehnika.rs/index_files/Page666.htm
- [11] https://www.google.rs/search?q=jednostepeni+reduktor&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=284BVMS1I4O_ywOd14HoBw&ved=0CCEQsAQ&biw=1360&bih=624#facrc=&imgdii=&imgsrc=vbFx4CQpqDk1QM%253A%3BdFuskNKBv_C0uM%3Bhttp%253A%252F%252Fphotos-c.ak.fbcdn.net%252Fhphotos-ak-prn1%252F38524_1371166442838_1564102_n.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fforum.mojskuter.com%252Findex.php%253Ftopic%253D84774.0%3B489%3B506
- [12] <http://www.njuskalo.hr/strucna-literatura/elementi-strojeva-reduktor-jednostepeni-zupcanici-cilindricni--6746056>