

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Индустијски дизајн

Број индекса: 392/2012

Данијела Ж. Ђурђевић

**Моделирање и визуелизација кућишта
редуктора
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Лозица Ивановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да моделира кућиште редуктора. Полазећи од анализе постојећих решења потребно је утврдити ограничења и потенцијалне недостатке. Кућиште моделирати према функционалним, конструкционим и технолошким захтевима. После израде различитих модела кућишта потребно је извршити њихово међусобно поређење и извести закључке о постигнутим конструкционим побољшањима.

Препоручена литература:

- [1] Лозица Ивановић, Синиша Кузмановић, Мирослав Вереш, Милан Рацков, Биљана Марковић, Индустријски дизајн, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ISBN 978-86-6335-017-5, Крагујевац, 2015.
- [2] Слободан Танасијевић, Александар Вулић: Механички преносници, Планетарни преносници, варијатори, Крагујевац, 2006. година
- [3] Светислав Р. Јовичић: Основи конструисања, Крагујевац, 2002. година

Крагујевац, 2017

ментор:

Резиме

У оквиру рада моделирано је кућиште планетарног редуктора са циљем унапређивања већ постојећег решења, уз примену CAD програма. Кућиште планетарног редуктора је моделирано према функционалним, технолошким и конструкционим захтевима, а при томе водећи рачуна и о задовољавању визуелног аспекта. Као резултат је добијен модел кућишта редуктора са унапређеним карактеристикама. Моделирање је извршено у складу са прописаним стандардима користећи програмски пакет *Autodesk Inventor 2013*.

Кључне речи: Кућиште, моделирање, планетарни преносник

Abstract

In this work are modeling housing of planetary gearbox with target of improving existing solutions using CAD programs. Housing of planetary gearbox is modeled according to the functional, technological and constructional requirements, and taking into account the visual aspect. As a result are obtained model housing of planetary gearbox with improved characteristics. Modeling are performed in accordance with the prescribed standards by using a software package Autodesk Inventor 2013.

Key words: Housing, modeling, planetary gearbox.

Садржај:

Резиме.....	3
Abstract.....	3
Списак слика.....	6
Списак табела.....	9
1. Увод	10
1.1 Моделирање	11
1.2 Визуелизација.....	13
1.3 Дизајн производа.....	14
2. Редуктор - основна улога и намена.....	16
3. Врсте и подела редуктора.....	17
3.1. Подела редуктора према међусобном положају оса вратила	17
3.2. Подела редуктора према положају улазног и излазног вратила	17
3.3. Подела редуктора према броју степени преноса	18
3.4. Посебне врсте редуктора	18
4. Конструкциони облици редуктора.....	20
4.1. Редуктори са паралелним вратилима	20
4.2. Редуктори са вратилима чије се осе секу под углом од 90°.....	21
4.3. Редуктори са вратилима чије се осе укрштају	22
5. Планетарни редуктори	24
5.1. Примена	24
5.2. Основни појмови и подела.....	24
5.3. Карактеристике планетарних преносника	26
5.4. Конципирање планетарних преносника.....	27
6. Кућиште редуктора	28
6.1. Општа разматрања	28
6.2. Основи конструисања ливених делова	30
7. Основне концепције конструкције кућишта	35
8. Конструисање кућишта	38
8.1. Горњи и доњи део кућишта	39

8.2.	Отвор за посматрање	40
8.3.	Елементи за транспорт	42
8.4.	Елементи за показивање нивоа уља	42
8.5.	Отвори за испуштање уља	43
8.7.	Заптивање.....	44
8.8.	Одушак	45
8.9.	Конструкција гнезда за лежишта	46
8.10.	Мере за повећање крутости кућишта	46
8.11.	Стопала.....	47
8.12.	Завртњи на кућишту.....	48
9.	Преглед карактеристика кућишта редуктора различитих произвођача	49
9.1.	Занимљиви и необични типови планетарних редуктора.....	50
10.	Постојеће решење кућишта планетарног редуктора	54
11.	Примена олакшаних конструкција	61
11.1.	Валовито кућиште - прво решење	63
11.2.	Петоугаоно кућиште - друго решење.....	67
11.3.	Шестоугаоно кућиште - треће решење.....	72
11.4.	Измењено шестоугаоно кућиште - четврто решење	76
12.	Закључак	85
	Литература.....	86

Списак слика:

Слика 1.1 Положај планетарног редуктора у: а) броду; б) бушилици; в) ветрењачи; г) грађевинској дизалици.....	11
Слика 1.2 Релација моделирања и симулације	11
Слика 1.3 Процес моделирања и симулације	12
Слика 2.1 Оријентисани редуктор (улазно вратило (I), излазно вратило (II))	16
Слика 3.1: а) Редуктори са паралелним осама вратила, б) редуктори са вратилима чије се осе секу, в) редуктори са вратилима чије се осе мимоилазе	17
Слика 3.3 Подела редуктора према броју степени преноса: а) Једноstepени редуктор; б) двоstepени редуктор; в) вишестепени редуктор	18
Слика 3.4 Посебне врсте редуктора: а) моторредуктор; б) микрон планетарни серво редуктор; в) мењач; г) мултипликатор	19
Слика 4.1 а) Двоstepени редуктор развучене конструкције, б) двоstepени коаксијални редуктор	20
Слика 4.2 а) Двоstepени редуктор развучене конструкције са гранањем снаге, б) двоstepени коаксијални редуктор са гранањем снаге.....	20
Слика 4.3 Тростепени редуктор са паралелним вратилима развучене конструкције	21
Слика 4.4 Тростепени редуктор са гранањем снаге	21
Слика 4.5 Једноstepени редуктор са вратилима која се секу.....	21
Слика 4.6 а) Двоstepени редуктор са вратилима која се секу, б) тростепени редуктор са вратилима која се секу	22
Слика 4.7 Пужни редуктор са пужним завртњем испод пужног зупчаника.....	22
Слика 4.8 Пужни редуктор са пужним завртњем изнад пужног зупчаника.....	23
Слика 4.9 Пужни редуктор са пужним завртњем са стране пужног зупчаника	23
Слика 4.10 Комбиновани двоstepени редуктор	23
Слика 5.1 Елементарни планетарни механизам.....	24
Слика 5.2 Планетарни механизам са три члана	25
Слика 5.3 Планетарни редуктор.....	26
Слика 6.1 Кућиште редуктора са основним деловима	29
Слика 6.2 Примери рационализације облика одливка	32
Слика 6.3 а) Оштар прелаз; б) сувише мали полупречник заобљења r доводе до прскотине; в) сувише велико заобљење доводи до унутрашње шупљине	32
Слика 6.4 Препоручено прелазно заобљење.....	33
Слика 6.5 Спајање зидова једнаке дебљине, када накнадна обрада није потребна	33
Слика 6.6 Ливачки нагиби	34
Слика 6.7 Испуст на ливеном делу: а) непогодно решење; б) погодно решење	34

Слика 7.1 Шема двостепеног редуктора са осама вратила у хоризонталној равни	35
Слика 7.2 Шеме двостепених редуктора са осама вратила у нагнутој равни.....	36
Слика 7.3 Шема двостепеног редуктора са осама вратила у две равни.....	36
Слика 7.4 Пример кућишта без склопне равни	37
Слика 8.1 Кућиште једностепеног редуктора	39
Слика 8.2 Центрирање горњег и доњег дела кућишта	40
Слика 8.3 Отвор за посматрање	40
Слика 8.4 Отвор за посматрање са поклопцем.....	41
Слика 8.5 Елементи за транспорт.....	42
Слика 8.6 а) Мерач са шипком, б) округли показивач нивоа уља, в) цевни показивач	43
Слика 8.7 а) Отвор за испуштање уља са чепом; б) отвор за испуштање уља на завареном кућишту.....	43
Слика 8.8 Ниво уља у кућишту	44
Слика 8.9 Манжетни заптивач	45
Слика 8.10 Одушак на поклопцу отвора за посматрање	45
Слика 8.11 Један од различитих типова одушака	46
Слика 8.12 Гнездо за котрљајно лежиште.....	46
Слика 8.13 Ребро за укрућење	47
Слика 8.14 Правилно постављање стопала редуктора.....	48
Слика 9.1 Планетарни редуктор произвођача <i>Раде Кончар</i>	49
Слика 9.2 Кућишта планетарних редуктора, различитих произвођача: а) <i>Dinamic oil</i> - Италија; б) <i>Siemens</i> - Немачка; в) <i>Goizper</i> - Шпанија; г) <i>Top gear transmission</i> - Индија	50
Слика 9.3 Планетарни редуктор произвођача <i>Voith</i>	50
Слика 9.4 Планетарни редуктор хеликоптера.....	51
Слика 9.5 Планетарни преносник за покретање пропелера авиона	52
Слика 9.6 Један од највећих планетарних преносника на свету	52
Слика 9.7 Тихи микро планетарни преносник	53
Слика 9.8 Поређење редуктора.....	53
Слика 9.9 Планетарни редуктор за бицикле произвођача <i>Shimano</i>	53
Слика 10.1 Шема преносника са двојним сателитом: (1) централни зупчаник, (2) и (3) сателит, (4) централни непокретни члан, (h) носач.....	54
Слика 10.2 а) Предња страна кућишта; б) задња страна кућишта	56
Слика 10.3 Изометријски приказ модела постојећег решења кућишта редуктора у погледу са леве и са десне стране	57
Слика 10.4 Унутрашњи изглед постојећег кућишта	57

Слика 10.5 а) Пречник за постављање зупчаника са унутрашњим озубљењем; б) пречник граничника; в) приказ монтираног зупчаника са унутрашњим озубљењем	58
Слика 10.6 Приказ а) пречника улежиштења; б) носача сателита и вратила	58
Слика 10.7 Висина кућишта редуктора	59
Слика 10.8 Висина улазног и излазног вратила	59
Слика 10.9 Маса кућишта редуктора	60
Слика 11.1 Конструкциона олакшања	62
Слика 11.2 Спајање зидова	63
Слика 11.3 Изглед валовитог кућишта: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта	64
Слика 11.4 Изометријски приказ модела валовитог кућишта редуктора: а) са леве и б) са десне стране	64
Слика 11.5 Унутрашњи изглед валовитог кућишта	65
Слика 11.6 Поређење пречника спољашњег обода постојећег и валовитог решења	65
Слика 11.7 Подаци о висини: а) постојећег кућишта; б) валовитог кућишта	66
Слика 11.8 Подаци о маси валовитог кућишта	66
Слика 11.9 Упоредни приказ резултата: а) маса и висина постојећег кућишта; б) маса и висина валовитог кућишта	67
Слика 11.10 Изглед кућишта петоугаоног облика: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта	68
Слика 11.11 Изометријски приказ модела петоугаоног кућишта редуктора: а) са леве и б) десне стране	68
Слика 11.12 Унутрашњи изглед петоугаоног кућишта	69
Слика 11.13 Облик обода: а) постојећег кућишта; б) петоугаоног кућишта	69
Слика 11.14 Приказ висине кућишта редуктора петоугаоног облика	70
Слика 11.15 Подаци о висини вратила: а) постојећег кућишта; б) петоугаоног	70
Слика 11.16 Отвор на ободу: а) постојећег кућишта и б) петоугаоног кућишта	71
Слика 11.17 Подаци о маси новог решења кућишта редуктора петоугаоног облика	71
Слика 11.18 Подаци о висини и маси кућишта: а) постојећег решења; б) новог решења петоугаоног облика	72
Слика 11.19 Изглед кућишта шестоугаоног облика: а) предња страна кућишта; б) задња	73
Слика 11.20 Изометријски приказ модела шестоугаоног облика кућишта редуктора: а) са леве	73
Слика 11.21 Унутрашњи изглед шестоугаоног кућишта	74
Слика 11.22 Подаци о висини: а) петоугаоног кућишта; б) шестоугаоног кућишта	74
Слика 11.23 Подаци о маси шестоугаоног облика кућишта	75

Слика 11.24 Приказ резултата: а) постојећег решења; б) шестоугаоног облика кућишта	75
Слика 11.25 Изглед измењеног кућишта шестоугаоног облика: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта	76
Слика 11.26 Изометријски приказ модела измењеног шестоугаоног кућишта редуктора: а) поглед са леве и б) поглед са десне стране	77
Слика 11.27 Бочна страна измењеног шестоугаоног кућишта	77
Слика 11.28 Унутрашњи изглед измењеног шестоугаоног кућишта	78
Слика 11.29 Положај стопала: а) шестоугаоног кућишта; б) измењеног шестоугаоног кућишта	79
Слика 11.30 Приказ положаја чепа: а) на шестоугаоном кућишту; б) на измењеном шестоугаоном кућишту	79
Слика 11.31 Подаци о висини измењеног шестоугаоног кућишта	79
Слика 11.32 Подаци о висини вратила: а) постојећег кућишта; б) измењеног шестоугаоног кућишта	80
Слика 11.33 Приказ прорачунате вредности масе измењеног шестоугаоног кућишта	80
Слика 11.34 Подаци о висини и маси: а) постојећег решење; б) измењеног шестоугаоног облика кућишта	81
Слика 11.35 Визуелни приказ кућишта редуктора	84

Списак табела:

Табела 11.1 Упоредне вредности висина и маса варијантних решења кућишта редуктора	82
---	----

1. Увод

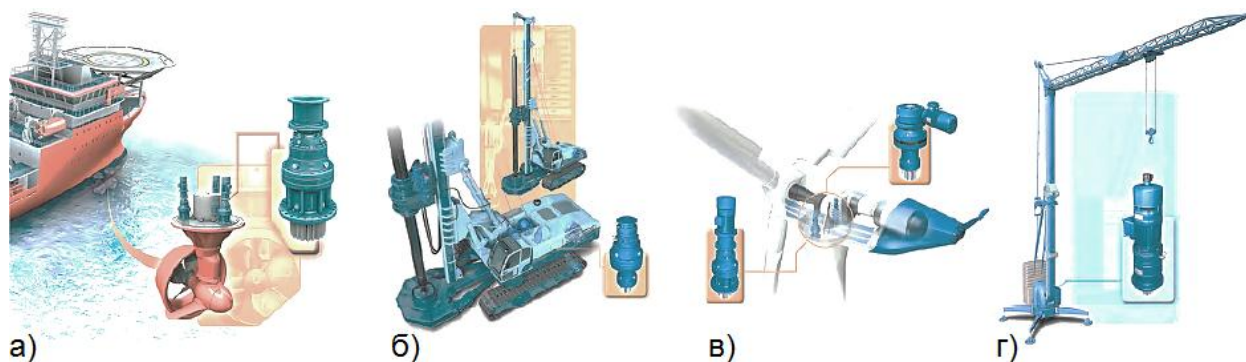
Било да се ради о аутомобилској, грађевинској, прехранбеној или металопрерађивачкој индустрији, присутна је велика потреба за редукцијом броја обртаја и обртног момента погонске машине. Та потреба се може веома лако испунити уз помоћ редуктора.

Редуктор је механички преносник снаге који служи да пренесе снагу са погонске на радну машину и да при томе број обртаја и обртни момент на вратилу погонске машине прилагоди потребном броју обртаја и обртном моменту на вратилу радне машине [1].

Појам редуктора подразумева један или више пари зупчастих или пужних преносника, смештених у посебна кућишта са основним задатком да број обртаја брзоходних погонских машина, смањи на мањи број обртаја на који ради прикључена радна машина. Најједноставнији од ових уређаја јесу међусобно спрегнути парови зупчаника улежиштени у неком носачу. Они нису самосталне јединице, већ су најчешће делови неке машине у коју се њихови зупчаници уграђују.

Редуктори су постали неизоставан елемент већине машина у данашње време, било да је потребно смањити број обртаја или повећати обртни момент. Зависно од типа или намене машине, потребно је добро познавати намену, јер одабир оптималног редуктора зависи од више фактора. Основни фактор је врста или тип редуктора, затим преносни однос, обртни момент, величина, сервисирање, оптерећење, број радних сати на дан, број укључења на сат, услови у којима систем ради и тако даље. Исто тако, планетарни редуктори, као посебна категорија редуктора, имају широку примену и постали су незаменљив део многих савремених машина. Њихова улога је веома значајна за правилно и поуздано функционисање комплексних система у још комплекснијим уређајима, слика 1.1.

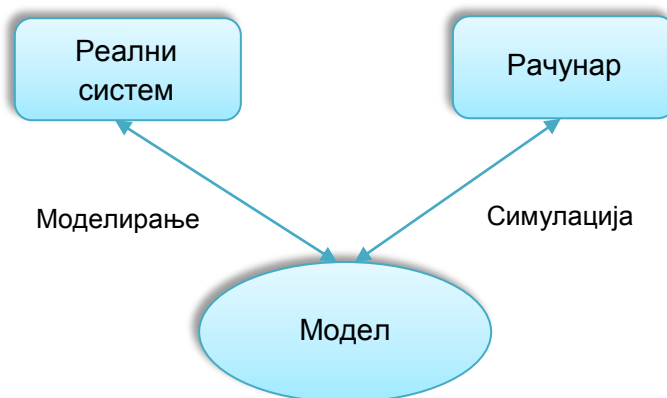
На слици 1.1 приказани су различити типови планетарних редуктора као и њихов физички положај у комплетном систему, што додатно потврђује значај и улогу ових машинских система. Осим тога, важно је поменути и да је дијапазон система заиста широк, што значи да се редуктори оваквог типа могу пронаћи у најсавременијим бродовима, ветрењачама, тешким грађевинским и индустријским машинама, возилима, па чак и дечјим играчкама.



Слика 1.1 Положај планетарног редуктора у: а) броду; б) бушилици; в) ветрењачи; г) грађевинској дизалици [2]

1.1 Моделирање

Моделирање представља један од основних процеса људског ума. Оно се најчешће посматра као најзначајније концептуално средство које човеку стоји на располагању. У најширем смислу, моделирање представља исплативо (у смислу трошкова) коришћење нечега (модел) уместо нечега другог (реални систем) са циљем да се дође до одређеног сазнања. Резултат моделирања је модел. Модел је апстракција реалности у смислу да он не може да обухвати све њене аспекте. Модел је упрошћена и идеализована слика реалности. Он нам омогућава да се суочимо са реалним светом (системом) на поједностављен начин, избегавајући његову комплексност и иреверзибилност, као и све опасности (у најширем смислу те речи) које могу проистећи из експеримента над самим реалним системом (слика 1.2). Другим речима, модел је опис реалног система са свим оним карактеристикама које су релевантне из нашег угла посматрања. Стога се каже да модел представља упрошћену слику реалног система, те као такав не садржи само објекте и атрибуте реалног система, већ и одређене претпоставке о условима његове валидности [3].



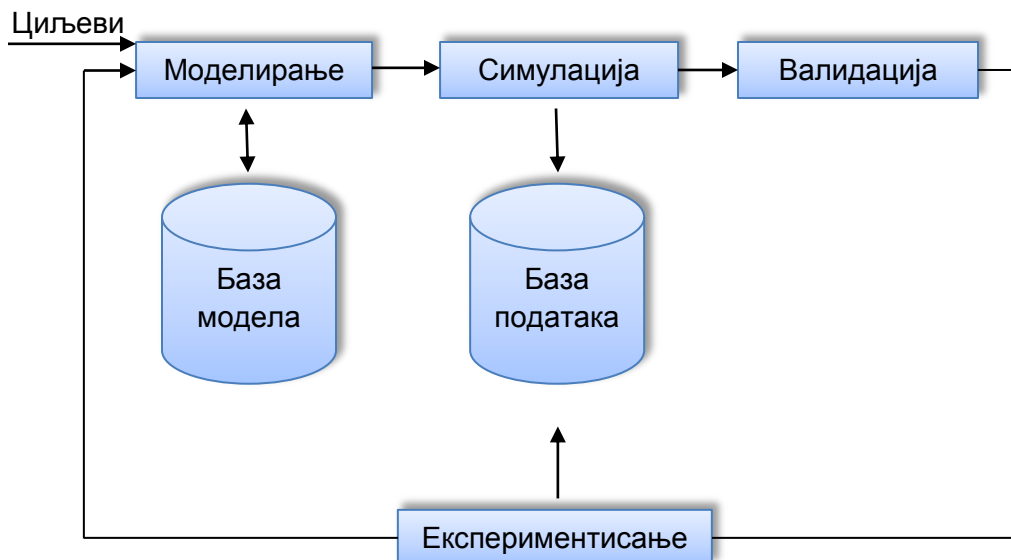
Слика 1.2 Релација моделирања и симулације

Моделирање је процес којим се успоставља веза између реалног система и модела, док је симулација процес који успоставља релацију између модела и рачунара (слика 1.2).

Релација моделирања односи се на валидност модела. Валидност или ваљаност модела описује колико верно један модел представља симулирани систем. Процес утврђивања степена слагања података о реалном систему са подацима модела назива се валидација модела. Процес валидације је веома значајан, јер се на основу њега доносе одлуке о употребљивости резултата симулације, измени модела, измени података (улазних променљивих, параметара), даљем наставку симулације, понављању симулације, и друго.

Релација симулације односи се на проверу да ли симулациони програм верно преноси модел на рачунар као и на тачност којом рачунар извршава инструкције модела. Пре поређења стварних података са подацима које генерише рачунар (симулатор), мора се утврдити тачност, односно коректност симулатора. Процес процене коректности симулатора назива се верификација.

Процесом моделирања се управља на основу циљева који се генеришу ван граница система. Сваки нови циљ иницира активност синтезе модела. При синтези модела се користи расположиво знање из базе модела и базе података. Ове базе чувају и организују прикупљене податке о реалном систему. Фазе симулације (експериментисање са моделом) и валидације следе фазу изградње модела (слика 1.3) [3].



Слика 1.3 Процес моделирања и симулације

Моделирање и симулацију чине низ активности за прављење модела реалног система и његову симулацију на рачунару. Процес успоставља везе између реалног система и модела.

Циљ моделирања

- Употребити модел уместо реалног система ради одређеног сазнања
- Избегава се опасност експеримента над реалним системом
- Анализа добијених резултата треба да обезбеди ефикасније управљање реалним системом
- Не треба да репродукује стварност у потпуности (треба да искаже (формално опише) део структуре или понашања реалног система) [3].

1.2 Визуелизација

Савремени трендови који владају у машинској индустрији захтевају производњу у што краћем времену и на најјефикаснији начин. Сложеност геометријског облика делова се повећава, расту захтеви за димензионалну, геометријску тачност и квалитет обрађених површина. Са друге стране производне серије су све мање, а време припреме производње је све краће. Како би се задовољили постављени захтеви конструкција машина од конвенционалних, односно класичних постаје модуларна и/или реконфигурабилна, а нпр. машине алатке све више постају мулти-функционалне са могућношћу интеграције више различитих процеса обраде. Паралелно са тим долази до све веће примене савремених информационих технологија у свим фазама процеса пројектовања, укључујући и фазу пројектовања концепције. Примена информационих технологија може бити различита. Као пример наводи се коришћење савремених CAD програмских пакета у циљу добијања геометријских модела, затим појединих модула CAD-а, или пак посебних програма, за извођење математичких, кинематских, структуралних и других анализа. Технологије виртуалне реалности примењују се за визуелизацију, анимацију рада и извођење симулација. Постоје и посебно развијена програмска решења која пружају подршку конструктору у процесу одлучивања. Коначни циљ примене информационих технологија у процесу пројектовања концепције је изналажење оптималног решења машине, односно структуре вишег нивоа сложености за конкретне услове, самим тим и смањење времена и трошкова пројектовања.

1.3 Дизајн производа

Дизајн производа зависи од великог броја фактора, на пример, у машинству од:

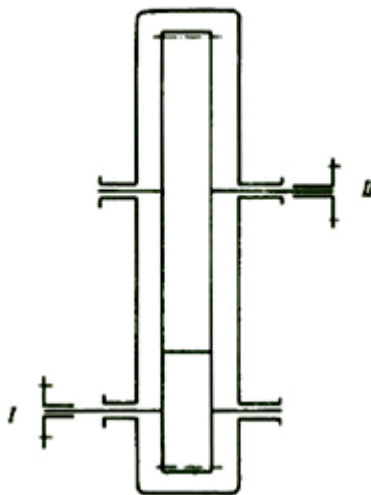
- функције,
- намене,
- структуре,
- величине,
- врсте материјала,
- масе,
- ергономских захтева,
- безбедности,
- сигурности функционисања,
- естетских захтева, преко облика (композиције, композиционе равнотеже, симетрије, пропорције, хармоније, ритма, акцента, орнамента, пластичности, сенки, итд.), боје и графичких средстава информисања,
- величине серије (унификација),
- рока испоруке,
- уговореног квалитета,
- века трајања (трајности),
- степена искоришћења,
- степена аутоматизације,
- потрошње енергије,
- уговорене цене,
- начина израде и технологичности (одливци, отпресци, отковци, заварени, лемљени, лепљени, пресовани, стезни, заковани и завртањски спојеви, везе са чивијом, клином, ожлебљеним и профилисаним вратилом, делови израђени стругањем, глодањем, бушењем, рендисањем, електроерозијом, брушењем, просецањем, савијањем, дубоким извлачењем, натискивањем, истискивањем, извлачењем, провлачењем, ваљањем, синтеровањем, бризгањем, делови предвиђени за термичку обраду, галванизацију, бојење и слично), начин стежања, мерења, итд.
- монтаже,
- означавања,
- испитивања,
- конзервације,
- паковања,
- амбалаже,
- складиштења,

- транспорта,
- одпакивања,
- деконзервације,
- уградње,
- руковања,
- експлоатације,
- сервиса,
- одржавања,
- ремонта,
- биолошких фактора,
- рециклаже,
- заштите животне средине,
- специјалних захтева (законски прописи, стандарди, уговори, лиценце, могућност финансирања, повишена температура, ниска температура, повишене вибрације, херметичност, центричност, еластичност, крутост, једноставно растављање, против експлозивна заштита, заштита од вандализма, крађе, несрећа - пожар, поплаве, земљотрес, рад у хаваријским условима, хигијенски захтеви, могућност надоградње, итд.).
- личних захтева (укус, навике, обичаји, престиж, мода, комфор, пол, старосно доба, занимање, брачно стање, националност, раса, вера, хендикепираност, итд.). [7]

Као битни фактори за развој и унапређење карактеристика кућишта планетарног редуктора, у разматрање се могу узети само неки од ових фактора. Као најбитнији фактори за постизање овог циља могу се издвојити функција, намена, технологичност и маса.

2. Редуктор - основна улога и намена

Вратило редуктора којим се снага доводи у редуктор зове се улазним, а оно којим се одводи из редуктора излазним вратилом. При одређивању положаја улаза снаге у редуктор и излаза снаге из редуктора, редуктор се посматра у положају у коме је улазно вратило испред посматрача. Тада улаз снаге може бити с леве или с десне стране, или, понекад, и са леве и са десне стране. Ово важи и за излаз снаге који такође може бити само с леве стране, само с десне стране или са обе стране (слика 2.1) [4].



Слика 2.1 Оријентисани редуктор (улазно вратило (I), излазно вратило (II)) [4]

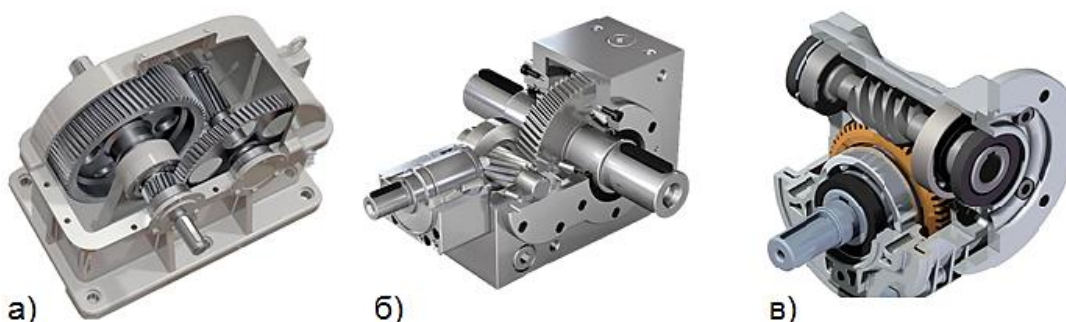
Редуктори су у већини случајева у индустријској производњи обавезни посредници између погонских и радних машина, па им се зато јако поклања пажња. Морају бити: мањих димензија, јефтини за израду, да су издржљиви на преоптерећење, да је омогућено добро и ефикасно подмазивање преносника, да су добро заптивени и лаки за транапорт.

Кућиште редуктора мора да има довољну крутост да обезбеди несметан рад зупчастих парова. Оно штити преноснике од спољних утицаја: влаге, прашине, повишене или снижене температуре и разних других агресивних материја. Кућиште редуктора такође има заштитну улогу, односно директно штити радно особље и од евентуалних повреда [5].

3. Врсте и подела редуктора

3.1. Подела редуктора према међусобном положају оса вратила

- Редуктори са паралелним осама вратила, (слика 3.1 а))
- Редуктори са вратилима чије се осе секу, (слика 3.1 б))
- Редуктори чије се осе вратила мимоилазе (пужни редуктори), (слика 3.1 в)) [1].



Слика 3.1: а) Редуктори са паралелним осама вратила, б) редуктори са вратилима чије се осе секу, в) редуктори са вратилима чије се осе мимоилазе

3.2. Подела редуктора према положају улазног и излазног вратила

Према положају улазног и излазног вратила редуктори са паралелним вратилима деле се на:

- редукторе са вратилима у хоризонталној равни,
- редукторе са вратилима у вертикалној равни и
- редукторе у некој косој равни.

Код редуктора са вратилима која се секу, улазно вратило налази се обично у хоризонталној равни, док излазно вратило може бити у хоризонталној или вертикалној равни.

Код редуктора са вратилима која се укрштају улазно вратило пужног завртња може бити испод, изнад или са стране пужног зупчаника. У прва два случаја вратило пужног зупчаника лежи у хоризонталној равни, а у трећем у вертикалној равни.

Редуктори са паралелним вратилима могу имати улазно и излазно вратило с једним или два улаза, односно излаза. Улазно вратило редуктора са вратилима која се секу или укрштају има само један улаз, а излазно вратило један или два излаза [4].

3.3. Подела редуктора према броју степени преноса

- Једноступени (имају само један пар зупчаника), (слика 3.3 а))
- Двоступени (имају два пара зупчаника), (слика 3.3 б))
- Вишеступени (имају више парова зупчаника), (слика 3.3 в)) [1].



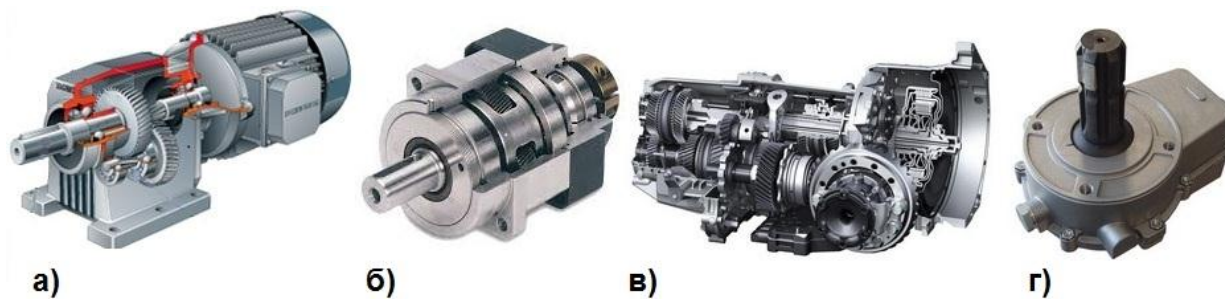
Слика 3.3 Подела редуктора према броју степени преноса: а) Једноступени редуктор; б) двоступени редуктор; в) вишеступени редуктор

Једноступени редуктори са паралелним вратилима имају један пар цилиндричних зупчаника, а вишеступени више пари. Једноступени редуктор са вратилима која се секу има један пар коничних зупчаника, а вишеступени још и један или више пари цилиндричних зупчаника. Редуктори са вратилима која се укрштају имају један пужни пар, ако су једноступени, а два пужна пара ако су двоступени. Комбиновани двоступени редуктор има у свом склопу пужни и цилиндрични пар зупчаника [4].

3.4. Посебне врсте редуктора

- Моторредуктори – Мотор и редуктор су у истом кућишту, (слика 3.4 а)).
- Планетарни редуктори – Посебне конструкције редуктора са унутрашњим озубљењем које омогућавају веома велике преносне односе као и задовољавајући степен искоришћења, (слика 3.4 б)).
- Мењачи – Редуктори са променљивим преносним односом, (слика 3.4 в)).

- Мултипликатори – Повећавају број обртаја вратила погонске машине, (слика 3.4 г)). Доста се ређе користе од редуктора [1].

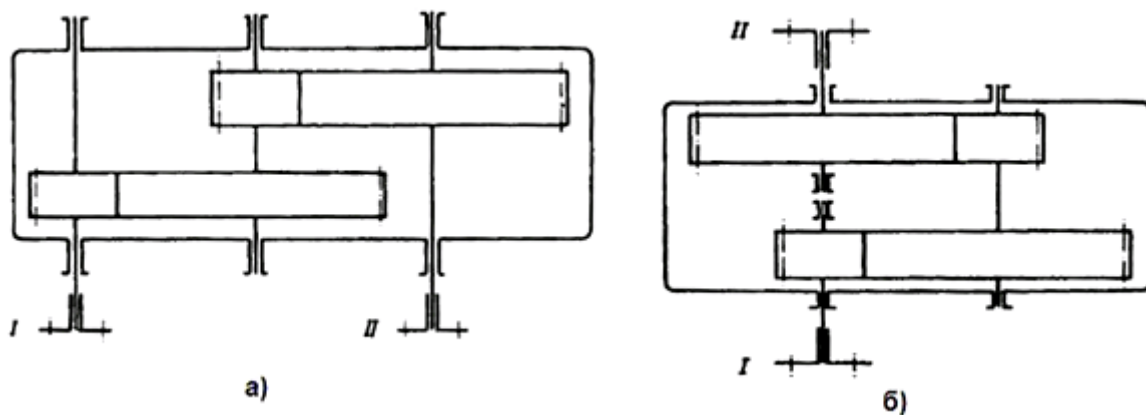


Слика 3.4 Посебне врсте редуктора: а) моторредуктор; б) микрон планетарни серво редуктор; в) мењач; г) мултипликатор

4. Конструкциони облици редуктора

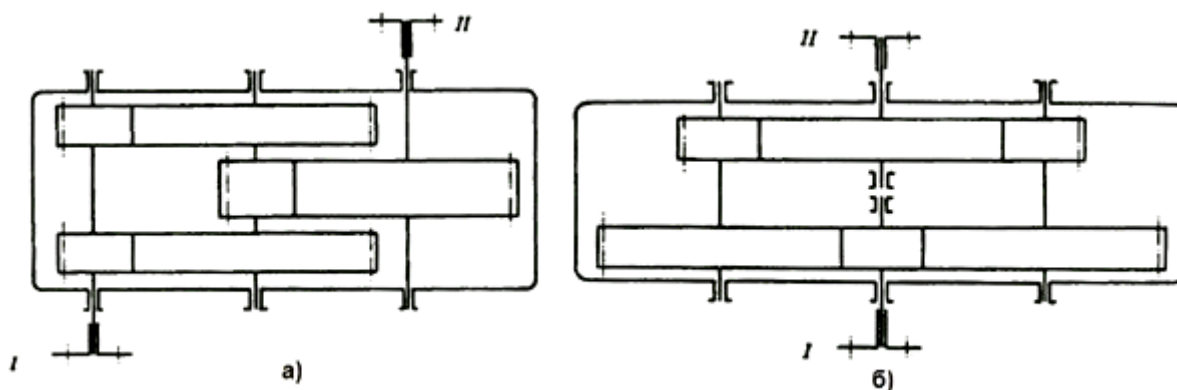
4.1. Редуктори са паралелним вратилима

Погонски елементи редуктора са паралелним вратилима су цилиндрични зупчаници с хеликоидним или са стреластим зупцима, ређе са правим зупцима. Двостепени редуктори са паралелним вратилима изводе се у развученој конструкцији (слика 4.1 а)) или као коаксијални (слика 4.1 б)).



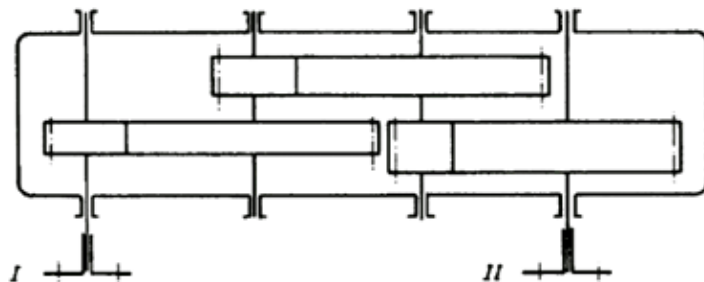
Слика 4.1 а) Двостепени редуктор развучене конструкције, б) двостепени коаксијални редуктор [4]

Обе наведене конструкције двостепених редуктора могу бити без „гранања” снаге и са гранањем снаге (слике 4.2 а) и б)).

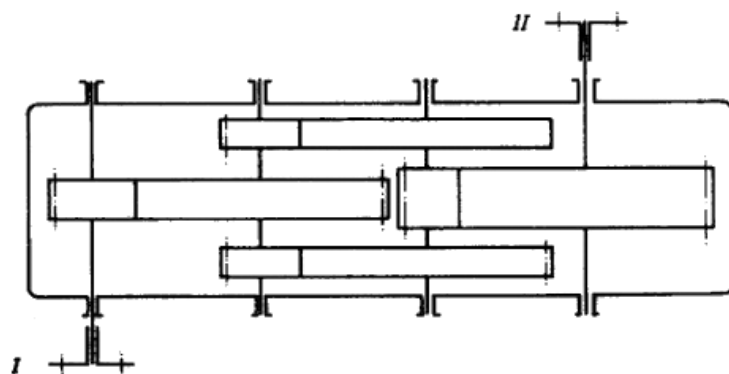


Слика 4.2 а) Двостепени редуктор развучене конструкције са гранањем снаге, б) двостепени коаксијални редуктор са гранањем снаге [4]

Тростепени редуктори са паралелним вратилима обично су развучене конструкције и то без гранања (слика 4.3) и са гранањем снаге (слика 4.4).



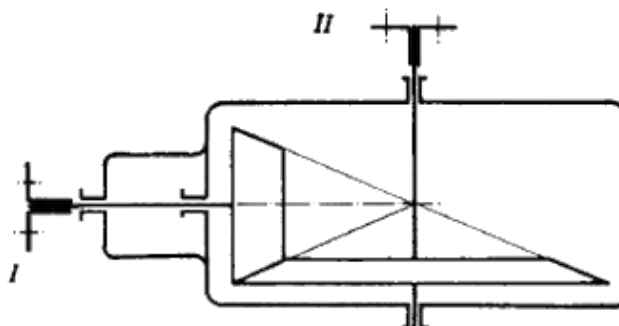
Слика 4.3 Тростепени редуктор са паралелним вратилима развучене конструкције [4]



Слика 4.4 Тростепени редуктор са гранањем снаге [4]

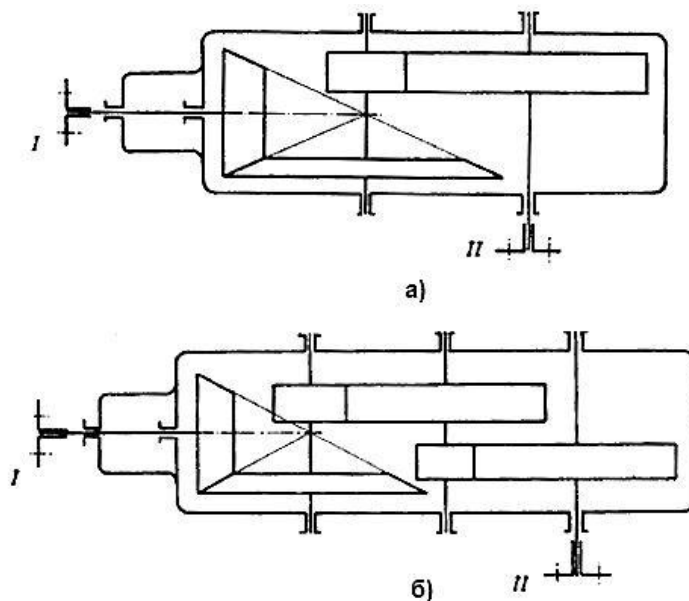
4.2. Редуктори са вратилима чије се осе секу под углом од 90°

Једностепени редуктор са вратилима чије се осе секу приказан је на слици 4.5, док су на слици 4.6 а), б) приказани редуктори са два, односно три степена. Код свих ових редуктора оса улазног вратила уједно је и подужна оса кућишта редуктора. Ова оса дели кућиште на два симетрична дела.



Слика 4.5 Једностепени редуктор са вратилима која се секу [4]

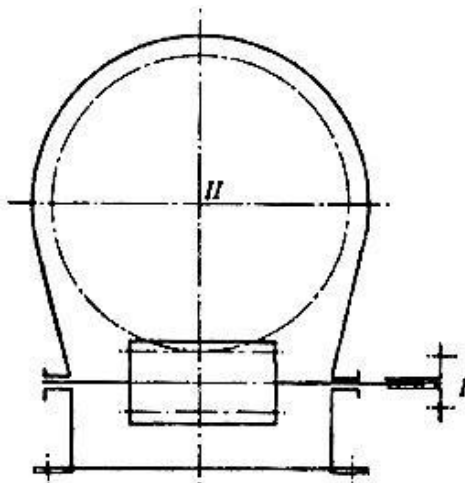
Овакво решење омогућује произвољан смештај гоњеног коничног зупчаника на његовом вратилу, с леве или са десне стране погонског зупчаника (слика 4.5).



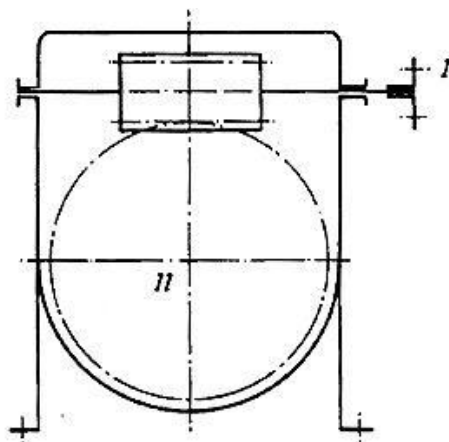
Слика 4.6 а) Двостепени редуктор са вратилима која се секу, б) тростепени редуктор са вратилима која се секу [4]

4.3. Редуктори са вратилима чије се осе укрштају

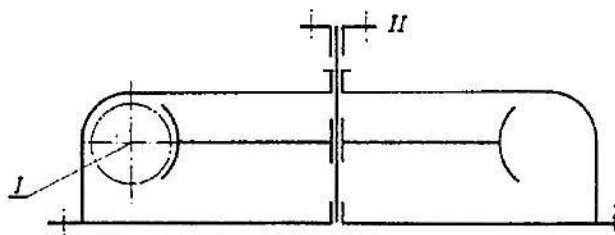
Једностепени пужни редуктор са пужним завртњем испод пужног зупчаника приказан је на слици 4.7. Варијанта оваквог преносника са пужним завртњем изнад пужног зупчаника приказан је на слици 4.8, а са пужним зупчаником са стране пужног завртња на слици 4.9.



Слика 4.7 Пужни редуктор са пужним завртњем испод пужног зупчаника [4]



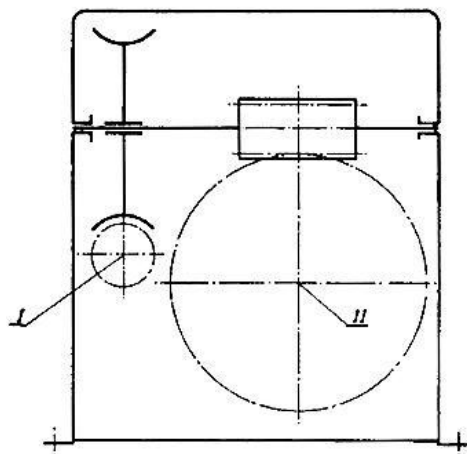
Слика 4.8 Пужни редуктор са пужним завртњем изнад пужног зупчаника [4]



Слика 4.9 Пужни редуктор са пужним завртњем са стране пужног зупчаника [4]

Двостепени пужни редуктор код кога је у првом степену преноса пужни завртањ испод пужног зупчаника, а у другом изнад пужног зупчаника приказан је на слици 4.10.

Пужни редуктори израђују се и у комбинацији са цилиндричним паром зупчаника. Тада је обично први степен преноса израђен са пужним паром, а други са цилиндричним паром зупчаника. Овакав редуктор назива се комбинованим [4].



Слика 4.10 Комбиновани двостепени редуктор [4]

5. Планетарни редуктори

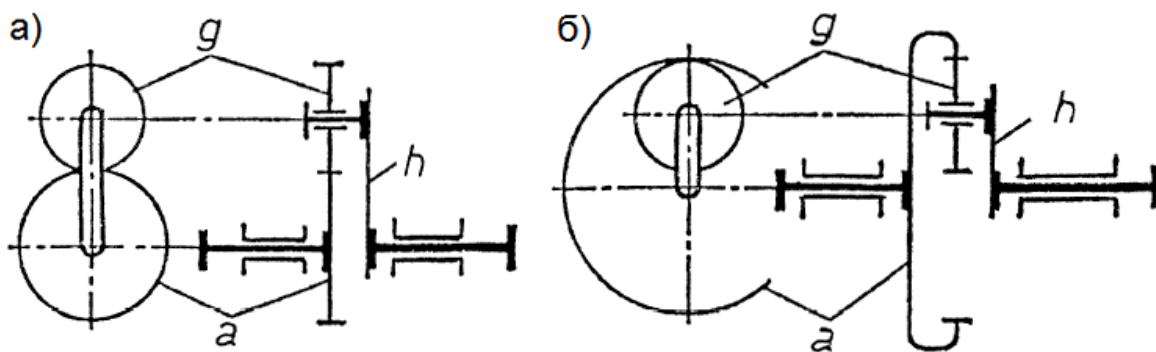
5.1. Примена

Планетарни преносници припадају групи механичких преносника чија је примена најпре ексклузивно базирана у неким решењима транспортних и ратних средстава. Касније се њихова примена преноси на алатне машине и инструменте, да би се данас они интензивно примењивали у широком спектру индустријских производа. Разлози интензивније примене планетарних преносника леже пре свега у предностима које ова врста преносника уноси у машинске системе у које се уграђује.

Принципијална особеност планетарних преносника је постојање члана који се обрће око своје осе, а истовремено и заједно са другим члановима око централног члана и централне осе. Кретање је по својим карактеристикама слично кретању планета, па отуд и назив преносника.

5.2. Основни појмови и подела

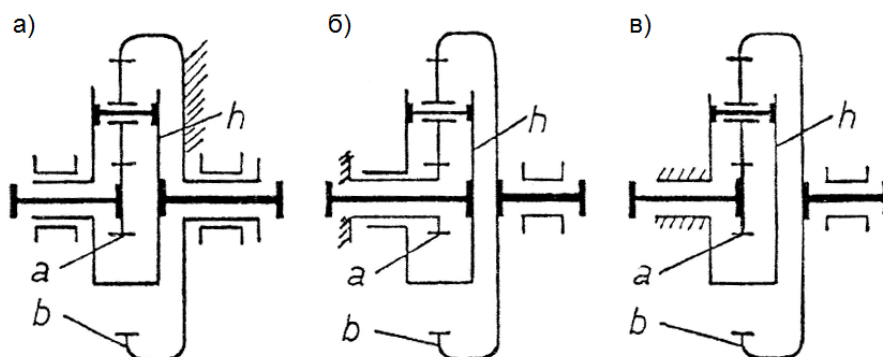
Механизми састављени од зупчаника или фрикционих точкова, а у којима је геометријска оса макар једног зупчаника или точка покретна, називају се планетарним механизмима. Највише су распрострањени зупчасти планетарни механизми.



Слика 5.1 Елементарни планетарни механизам [6]

Елементарни планетарни механизми са спољашњим и унутрашњим спрезањем зупчаника се могу представити сликом 5.1. Зупчаник (а) чија се оса поклапа са основном осом механизма и који се обрће сам око своје осе, назива се централним зупчаником. Зупчаник (г) је у спрези са зупчаником (а) и обрће се око

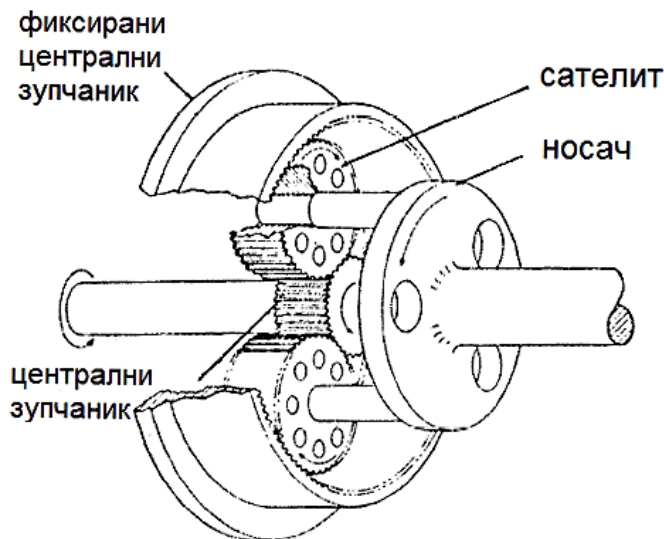
своје осе, а истовремено и заједно са чланом (h) око осе централног зупчаника (a). На тај начин зупчаник (g) који се назива сателит, учествује у два кретања: релативном кретању око своје осе и заједно с њом око основне осе механизма. Члан планетарног механизма у коме су постављене осовине зупчаника са покретним осама (сателитима) назива се носачем (h). Оса око које се обрће носач назива се основна или централна оса. Укупно кретање елемената планетарног механизма слично је кретању планета, па отуд потиче и назив механизма. Чланови планетарног механизма чије се осе поклапају са основном осом и примају оптерећење од спољашњег момента, називају се основним члановима. Планетарни механизам може имати један или неколико сателита једнаких димензија, које могу бити једнострано или двострано озубљени.



Слика 5.2 Планетарни механизам са три члана [6]

Механизми приказани на слици 5.1 састављени су од два члана (a и h) чије се осе обртања поклапају са основном осом, не могу се користити за пренос енергије. Додавањем централног зупчаника (b) са унутрашњим озубљењем, добија се планетарни преносник са три члана (a, b, h) чије се осе обртања поклапају са основном осом (слика 5.2). Фиксирањем, на пример: члана (b), добија се широко распрострањенији планетарни преносник са непокретним зупчаником (b), у коме су погонски и гоњени чланови (a) и (h) или (h) и (a), слика 5.2 а). Заустављањем зупчаника (a), добија се преносник са погонским и гоњеним члановима (b) и (h) или (h) и (b), слика 5.2 б). Заустављањем члана (h) добија се непланетарни преносник у коме су осе свих зупчаника непокретне.

Планетарни механизам у коме су два основна члана везана са погонским и гоњеним вратилима, а трећи основни члан се не обрће (чврсто је везан за кућиште), назива се планетарним преносником. При томе се подразумева да преносник, за разлику од механизма, поред кретања може да преноси и енергију. Типичан и широко распрострањени планетарни преносник приказан је на слици 5.3 [6].



Слика 5.3 Планетарни редуктор [6]

5.3. Карактеристике планетарних преносника

Планетарни преносници спадају у групу специфичних преносника чија се све већа употреба заснива на великом броју карактеристичних особина. Карактеристике и предности планетарних преносника су:

- велики преносни односи,
- могућност постизања различитих преносних односа,
- могућност поделе снаге на погонском вратилу на више гоњених вратила и обратно,
- могућност диференцирања и суперпозиције бројева обртаја,
- могућност примене зупчаника мањих модула,
- велики степен корисног дејства,
- добро искоришћење унутрашњег простора конструкције,
- могућност реверзивних преноса и друго.

Поред наведених предности, планетарни преносници имају и одређене недостатке:

- компликованији су од класичних преносника;
- сложеније су кинематике и монтаже;
- осетљиви су на промену међуосног растојања;
- могућа је појава допуских сила услед недовољне тачности расподеле оптерећења између сателита;
- скупљи су од стандардних преносника.

5.4. Конципирање планетарних преносника

Конструисање планетарних преносника заснива се на општим принципима конструисања и изводи се у фазама: разрада задатка, конципирање, формирање конструкције и детаљно конструисање. Специфичност планетарних преносника захтева да се у фазама концепирања и формирања конструкције посебна пажња посвети проблемима размештања ослонаца, улежиштењима и нарочито расподеле оптерећења међу сателитима.

Неопходан услов за рационално коришћење могућности планетарних преносника у односу на масе и габаритне димензије је обезбеђење задовољавајуће расподеле оптерећења међу сателитима. Ваљаност ове расподеле се оцењује коефицијентом равномерности расподеле оптерећења међу сателитима (K_γ) и за добро изведене конструкције $K_\gamma \leq 1.1 - 1.3$.

Очигледно да је смањење коефицијента (K_γ) и изравњавање оптерећења међу сателитима један од битних задатака конструктора [6].

6. Кућиште редуктора

6.1. Општа разматрања

Кућиште има вишеструку улогу: обезбеђује потребан узајамни положај делова редуктора, прима оптерећења са лежишта и преноси их на постоље, одваја простор у коме су смештени погонски елементи, вратила и лежишта од спољне средине, итд.

Кућишта су у принципу дводелна, састоје се од горњег и доњег дела (слика 6.1), али могу бити и вишеделна, на пример: код вишестепених вертикалних редуктора или код врло великих редуктора.

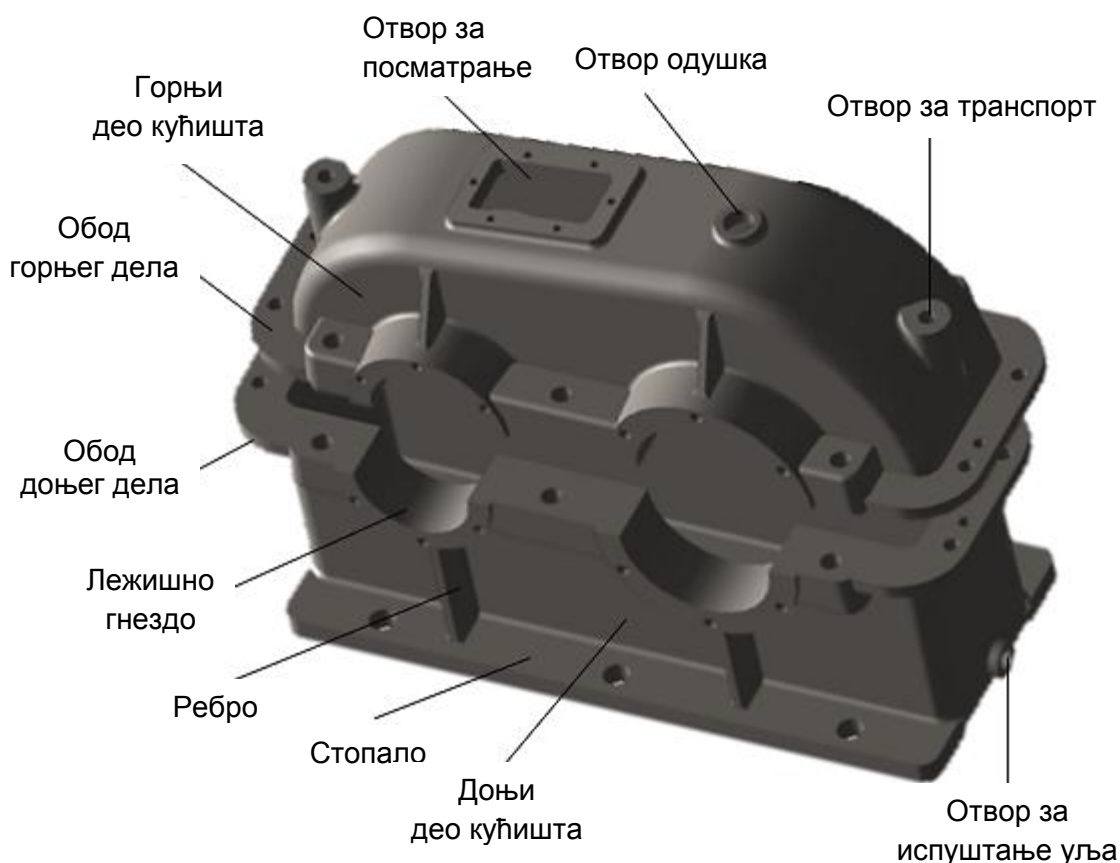
Да би остварила своју функцију кућишта морају да имају довољну чврстоћу и крутост. Делови кућишта треба да буду спојени тако да онемогуће продор прашине и страних тела и истицање мазива. Конструкција кућишта треба да је таква да склапање и регулисање механизма буде лако, а одржавање редуктора током експлоатације једноставно. Уз све ово мора се водити рачуна о једноставности израде како би цена била нижа.

Кућишта су најчешће ливена, од сивог лива, а за јача оптерећења од челичног лива. Када је важна што мања тежина редуктора, кућишта могу бити изливена од алуминијумских легура. Заварена кућишта лакша су од ливених и израђују се обично за мање серије или у случају врло великих димензија. Израђују се кућишта и од пластичних маса за слабо оптерећене мале редукторе кућних апарата и слично. Понекад се кућишта израђују комбинованим поступком, ливењем и заваривањем. Ово се обично реализује тако што се дебљи делови кућишта (гнезда за лежишта) одливају од челичног лива и заваривањем повезују са лименим елементима. Ређе се срећу решења код којих је доњи, носећи део кућишта ливен, а горњи заварен од челичних лимова. Код великих серија за зидове се могу користити тањи лимови који су ради повећања крутости профилисани пресовањем.

На избор решења да ли ће се кућишта израдити ливењем или заваривањем највише утиче величина серије; код ливеног кућишта већи су такозвани константни трошкови (модел, калупи за језгра), али су зато мањи варијабилни трошкови, то јест трошкови сразмерни броју израђених комада. Корисно је да се у сваком конкретном случају изврши одговарајућа анализа, то јест упореде оба решења. Понекад се фабрика - произвођач, посебно ако није специјализована за израду редуктора, одлучује за ливену или заварену конструкцију према

ангажованости својих постојећих капацитета; има случајева када се конструишу обе варијанте, а производња се лансира у свакој прилици посебно, зависно од тога да ли су слободнији ливачки или заваривачки погони.

При конструисању кућишта треба тежити компактности, али је најчешће потребно да се обезбеди довољна пространост кућишта, како би се један те исти одливак кућишта могао користити за смештање различитих парова зупчаника, чиме се обезбеђују различити преносни односи. У овом погледу обично постоје два приступа: код редуктора опште намене (индустријских), који се производе серијски у специјализованим фабрикама, једно кућиште треба да омогући да се у њега сместе разне комбинације зупчаника за неколико преносних односа при истом међуосном растојању; 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, кућиште се уобличава за само један одређени преносни однос, то јест за одређене погонске елементе, вратила и лежишта, те тако може бити врло компактна.



Слика 6.1 Кућиште редуктора са основним деловима

Ради повећања крутости кућишта обично се предвиђају ребра и то на местима лежишних гнезда (слика 6.1), где је оптерећење највеће. Ребра потпомажу и боље хлађење редуктора. У случајевима када је загревање редуктора нарочито велико (често код пужних редуктора), конструишу се нарочита ребра за хлађење. Оваквим ребрима је повећање крутости секундарна улога.

Кућиште има на себи још и читав низ конструкционих облика (слика 6.1) и посебних елемената који се на њега причвршћују и имају одређену намену, као, на пример: отвор за посматрање зупчаника, са поклопцем, испусте за преношење редуктора, отвор за испуштање уља при замени, уређај за контролу нивоа уља у редуктору, и тако даље. Све ово условљава релативно сложен облик кућишта [4].

6.2. Основи конструисања ливених делова

При конструисању ливених делови треба тежити облику који не погодују стварању ливачких грешака (витоперење, пукотине, шупљине), а истовремено је технологичан с обзиром на израду модела и калупа, као и обраду одливка скидањем струготине [4].

Као материјал за ливење најчешће се користи сиви лив и челични лив. Поред тога користи се и нодуларни и модифицирани лив као и ливене легуре лаких и обојених метала бакра, алуминијума, цинка, титана и магнезијума.

За ливене делове карактеристично је да су механичке особине различите у разним деловима истог одливка као и да постоји склоност ка настајању дефеката и заосталих напона у материјалу. Квалитет одливака поред осталог зависи и од врсте материјала, технологије ливења и саме конструкције ливеног објекта.

Важна карактеристика материјала за одливке је скупљање материјала услед хлађења у течном стању, стању стврдњавања и чврстом стању. Да би мере охлађеног одливка одговарале конструисаном облику одговарајуће мере модела за калуп морају да буду увећане сразмерно вредности скупљања метала. Услед неједнаке брзине очвршћавања и хлађења уливене масе долази до ометаног скупљања појединих делова одливка и појаве грешке при ливењу. Услед скупљања при хлађењу у металу настају шупљине чија величина, облик и распоред зависи од већег броја фактора: величине скупљања метала у течном стању и при стврдњавању, величине температурног интервала стврдњавања, густине метала, могућности образовања различитих структура метала при стврдњавању, гасова који се ослобађају из метала, геометријских облика и мера одливка и услова хлађења одливка. Унутрашњи напони у одливку могу бити температурни услед неравномерног хлађења и скупљања метала, механички у

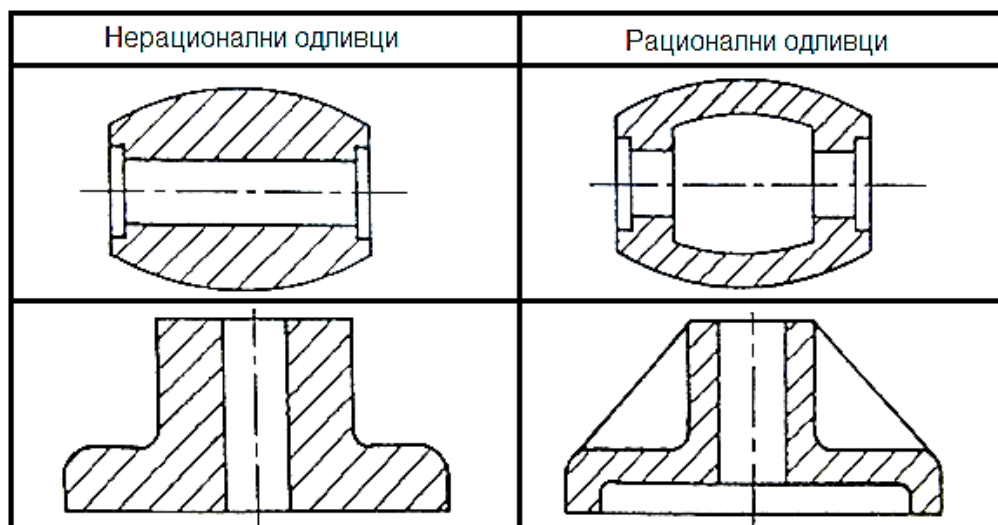
случају кад се калуп или језгро супротставља скупљању одливка и фазни услед структурних и фазних преображаја у легури при хлађењу [1].

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

Зидови који раније очврсну ометају скупљање зидова који касније очвршћавају; последица су унутрашњи напони у одливку који могу довести до прскотина и већих деформација. Челични лив има јаче скупљање па је више склон овим појавама него сиви лив; осим тога слабије попуњава калуп због лошије ливкости. Изнесена предност сивог лива, поред осталих предности (добра обрадивост, нижа цена, боље пригушивање вибрација, итд.), утиче да се овај материјал најчешће користи за одливање кућишта.

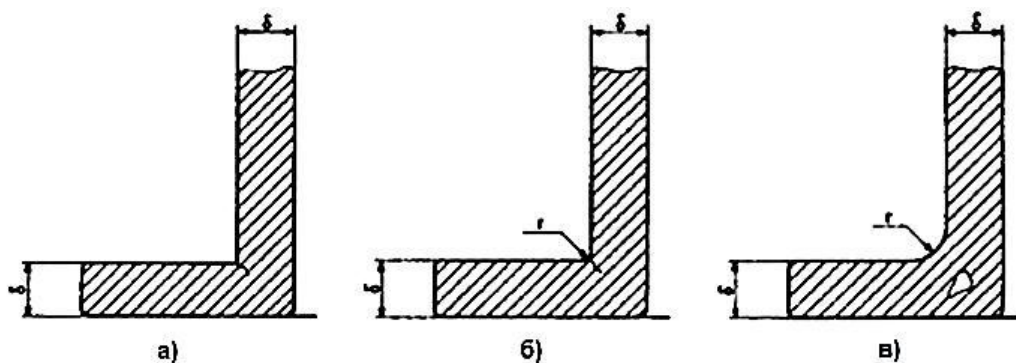
Облик одливка треба да буде такав да омогући што мању разлику у брзини хлађења његових делова, чиме се утиче на смањење грешака при ливењу. Зидови одливака имају неједнаку чврстоћу по попречном пресеку. Чврстоћа је највећа у површинском слоју где метал најпре очвршћава при хлађењу одливка. Што је масивнији зид то је већа разлика у чврстоћи површине (коре) и унутрашњости (срца). Зато са повећањем дебљине зида опада његова чврстоћа. Због тога а и због умањења укупне масе одливка целисходно је усвојити најмање дебљине зидова одливка који су допуштени условима ливења. Уједначеност брзине хлађења постиже се уједначеношћу дебљина спољних зидова (по могућности, разлика у дебљини суседних зидова не треба да пређе 50%); промена дебљине треба да буде постепена, а прелаз са једне равни на другу мора имати заобљење. Унутрашњи зидови, који се због свог положаја спорије хладе, треба да буду тањи од спољних за 20 до 40% [4].

Неопходну крутост и чврстоћу одливака смањених дебљина зидова треба обезбедити оребрењима, применом рационалних профилних пресека, образовањем испупчених, коничних и сличних облика делова. На слици 6.2 дати су примери нерационалних масивних одливака и њима одговарајући рационални облици смањених дебљина зидова [1].

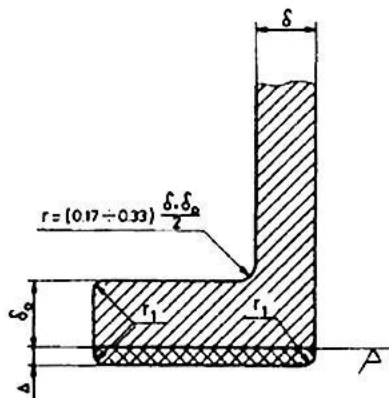


Слика 6.2 Примери рационализације облика одливка [1]

Оштра ивица на прелазу између два зида или сувише мали полупречник прелазног заобљења доводе до јаких унутрашњих напона и до прскотине (слика 6.3, а) и б)); ово место не сме имати ни сувише велико заобљење (слика 6.3 в)), јер се у том случају материјал нагомилава, те се у средишту таквог прелазу растопљени материјал још увек скупља услед очвршћавања и хлађења, док су суседни зидови већ очврсли, чиме је прекинута могућност протицања новог материјала на ово место, па се због тога јавља унутрашња шупљина.

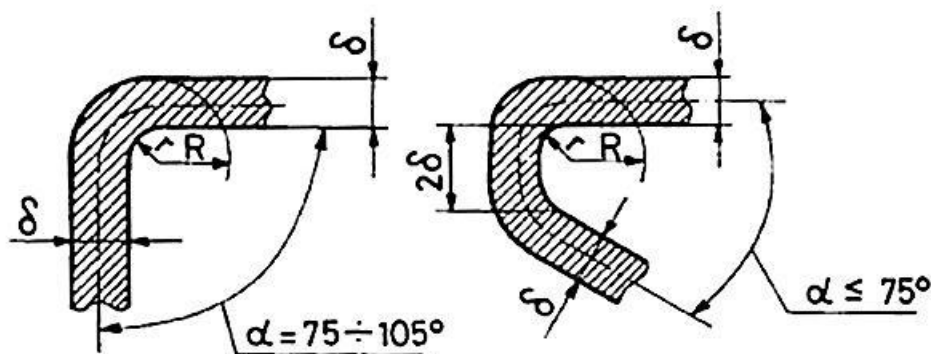

 Слика 6.3 а) Оштар прелаз; б) сувише мали полупречник заобљења r доводе до прскотине; в) сувише велико заобљење доводи до унутрашње шупљине [4]

Спајање два зида изводи се са полупречником заобљења r , слика 6.4. На слици је приказан случај спајања када је после одливања потребна обрада површине (означена знаком за обраду). Додатак за обраду приказан је двоструком шрафуром.



Слика 6.4 Препоручено прелазно заобљење [4]

Ако после одливања није потребна механичка обрада, два зида једнаке дебљине се могу спојити према слици 6.5. У овом случају нема веће опасности од нагомилавања материјала и стварања унутрашњих шупљина, па се спајање по потреби може извршити и са већим полупречником r него што је на слици препоручено. Примери (слика 6.4 и 6.5) карактеристични су за кућишта редуктора.



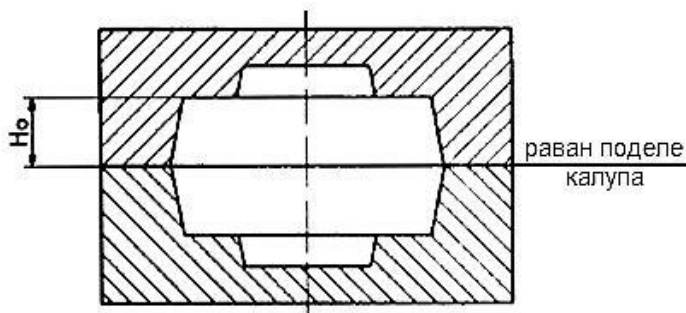
Слика 6.5 Спајање зидова једнаке дебљине, када накнадна обрада није потребна [4]

Осим прелазних заобљења на ливеним деловима се заобљавају и све друге ивице. Треба тежити да на једном одливку буде што мањи број различитих полупречника заобљења.

Најмања дебљина зидова која се успешно одлива је ограничена, јер сувише танак зид може довести до отврдњавања материјала у целом свом пресеку док читав калуп још није напуњен ливом, тако да неки делови калупа остају непопуњени. Код сивог лива по правилу се не иде на зидове испод 6 mm (за мале одливке могу се одливати и тањи зидови). Поступак ливења зидова тањих од уобичајене границе је скупљи, јер захтева посебне мере за успешно одливање.

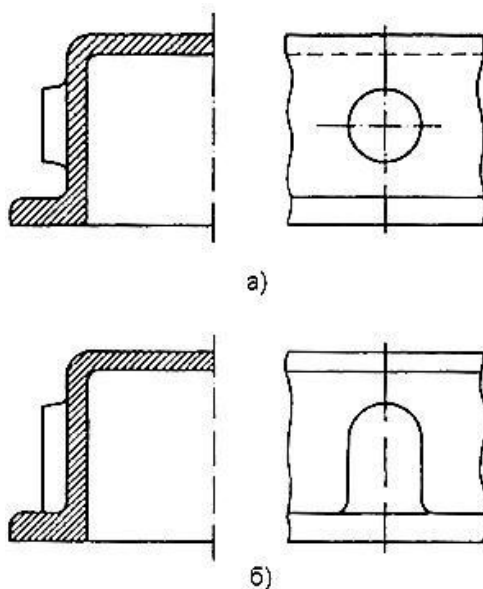
При усвајању дебљине зида треба имати у виду да механичке особине одливног дела не зависе само од хемијског састава, већ и од брзине хлађења. Тањи зидови се хладе брже, те имају релативно боље механичке особине. Зато не треба усвајати већу дебљину зидова него што је неопходно.

Када су предвиђени нагиби ради лакшег вађења модела из песка (слика 6.6), калуп се лакше израђује. Величина ливачких нагиба зависи од висине нагнуте површине (H_0 , слика 6.6).



Слика 6.6 Ливачки нагиби [4]

Део према слици 6.7 б) се може слободно извлачити из песка; није погодна варијанта тога дела према слици 6.7 а), јер испуст смета вађењу модела, па зато модел мора имати више делова, што је скупље [4].

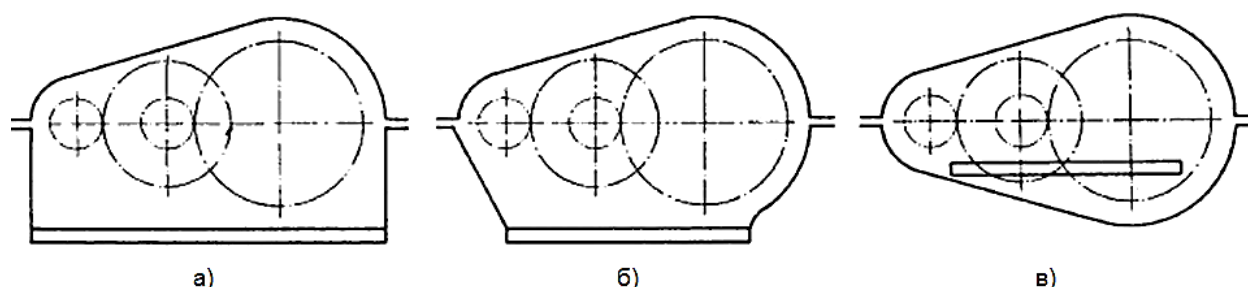


Слика 6.7 Испуст на ливеном делу: а) непогодно решење; б) погодно решење [4]

7. Основне концепције конструкције кућишта

Општи облик и величина кућишта одређени су обликом, величином и узајамним положајем редукторског механизма, то јест погонских елемената (зупчаника), вратила и лежишта; контура кућишта у основи прати наведени облик (слика 7.1). Пошто је кућиште обично дводелно (ређе вишеделно), мора се обезбедити спајање делова и то непропустивим спојем. Спајање се врши завртњима, а тачан узајамни положај делова кућишта обезбеђује се клиновима, чивијама за центрисање.

Редуктори се најчешће граде са осама вратила у истој хоризонталној равни, која је истовремено и склопна раван кућишта и која је паралелна равни основе редуктора. Примери овакве градње су дати на слици 7.1 у виду шема двостепених редуктора.

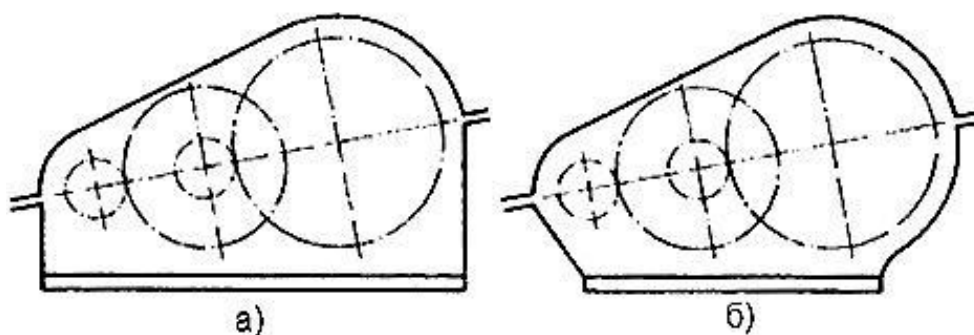


Слика 7.1 Шема двостепеног редуктора са осама вратила у хоризонталној равни [4]

Кућиште редуктора према шеми а) (слика 7.1) има једноставан правоугаони облик доњег дела. Кућиште према шеми б) ближе прати контуру зупчастог механизма, па јој је основа краћа, чиме се добија очигледна уштеда у тежини у односу на шему а). Најзад, варијанта в) (слика 7.1) је у том погледу најбоља, али је облик кућишта сложенији за израду. Основа редуктора код шеме в) није најнижи део редуктора. Уградња редуктора грађених по шеми в) захтева да на подлози постоји простор за смештај оног дела редуктора који је нижи од основе (редуктори за дизалице) [4].

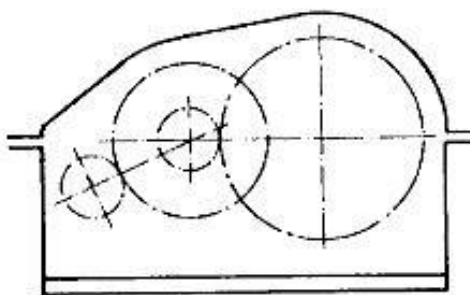
Осе вратила могу лежати у нагнутој равни, која се у том случају узима као склопна раван редуктора (слика 7.2). Овакав начин градње омогућује да се погодним избором угла нагиба склопне равни, оба велика зупчаника уроне у уље, што није увек могуће код редуктора чије су осе вратила у хоризонталној равни, и да се изабере растојање улазног вратила од основе редуктора тако да основа редуктора и основа електромотора леже у истој равни. Уз то, градња према шеми приказаној на слици 7.2 а) даје мању тежину кућишта у поређењу са шемом на

слици 7.1 а); градња према шеми на слици 7.2 б) даје мању тежину кућишта у поређењу са градњом према шеми на слици 7.1 б), а поготово од шеме на слици 7.1 а). И поред наведених предности, кућишта се ретко граде са нагнутом равни оса вратила, јер су таква кућишта компликованија за израду, па су према томе и скупља. Најчешће се примењују кућишта према шеми приказаној на слици 7.1 а) и б), пошто су најједноставније за израду. У новије време има тврђења да су кућишта правих зидова (слика 7.1 а)) и са ребрима неповољна са гледишта вибрација и шума; у овом погледу кућишта овалних облика (слика 7.1 в)) имају предност, као и кућишта без ребара, код којих се крутост постиже обликом зида.



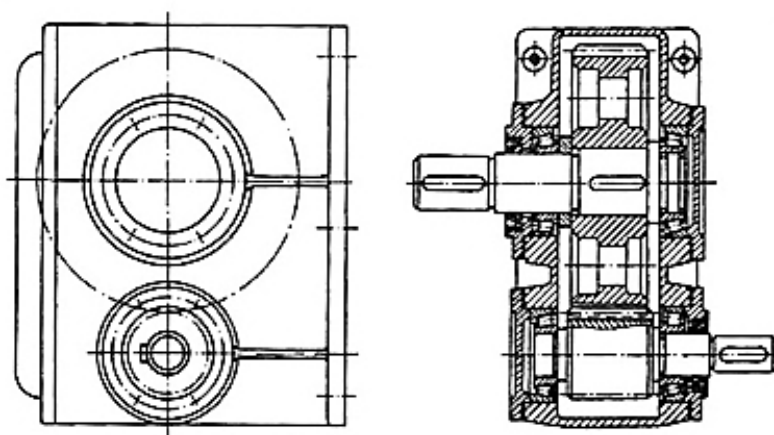
Слика 7.2 Шеме двостепених редуктора са осам вратила у нагнутој равни [4]

Осим шема (слике 7.1 и 7.2) наведених за двостепени редуктор који је узет као пример, могућ је још читав низ варијанти израде кућишта, која се понекад користе, нарочито код редуктора специјалне намене. Примера ради, наводи се шема кућишта (слика 7.3) чије је улазно вратило прилагођено висини мотора и зато не лежи у склопној равни. Склапање улазног вратила са зупчаником изводи се кроз отвор за лежиште, што значи да овај отвор мора бити довољно велики, тако да је пречник теменог круга зупчаника мањи од спољног пречника лежишта. Ако то није случај, онда се лежишта улазног вратила постављају у одговарајућу чауру довољно великог спољног пречника.



Слика 7.3 Шема двостепеног редуктора са осам вратила у две равни [4]

Дводелна кућишта (слике 7.1 и 7.2) знатно олакшавају склапање редуктора и подешавање појединих елемената, јер се читав подсклоп вратила, зупчаника и лежишта претходно склапа и као целина поставља у кућиште редуктора. Међутим, постоје и једноделна кућишта, а пример таквог кућишта приказан је на слици 7.4. Монтажа се врши тако што се велики зупчаник ставља у кућиште, затим се улазно вратило увлачи кроз отвор за лежиште и провлачи кроз главчину зупчаника. У оваквим условима не може се применити чврст склоп за везу зупчаника и вратила, већ прилазни. Ако је мањи зупчаник израђен изједна са вратилом пречник његовог теменог круга мора бити мањи од пречника отвора за лежиште. Због много тежег склапања, подешавања и расклапања оваквог редуктора, једноделна кућишта се користе врло ретко [4].



Слика 7.4 Пример кућишта без склопне равни [4]

8. Конструисање кућишта

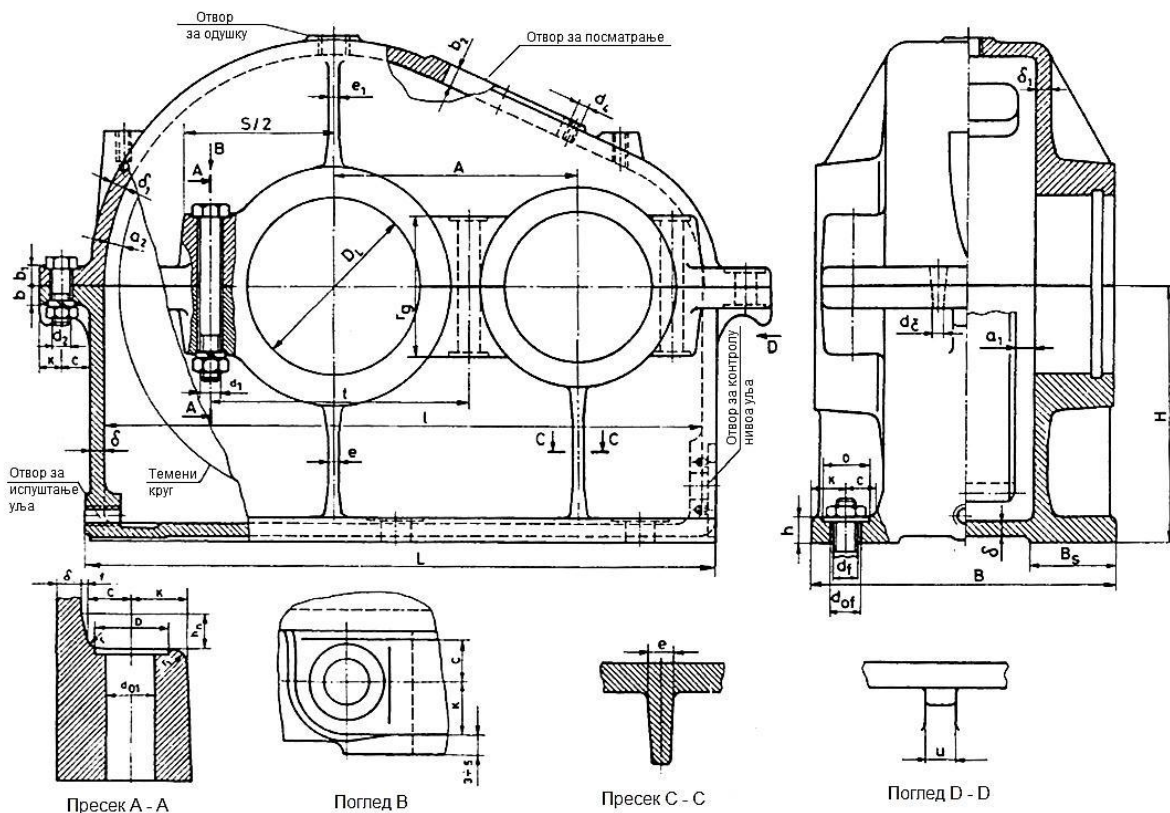
Кућиште се пројектује на основу многобројних захтева у погледу функције, лакше израде и економичности. Полазна основа за пројектовање је оптерећење које кућиште прима преко лежишта редуктора, као и димензије и облик механизма. Прорачун чврстоће и крутости кућишта веома је отежан, највише због његовог сложеног облика.

Не постоји погодан инжењерски прорачун који би послужио за избор појединих величина кућишта; примењују се само извесне, доста упрошћене провере појединих величина. Отуда се за избор димензија кућишта као основа користе искуствени подаци, при чему се искуства из појединих области машинства доста разликују.

На слици 8.1 су дате поменуте оријентационе препоруке за израчунавање основних величина кућишта редуктора.

Дебљина зида доњег дела кућишта (δ) је једна од најважнијих величина; низ других величина даје се у зависности од δ . Препоручије се да се ова величина прорачуна у зависности од међуосног растезања. Код вишестепених редуктора то је међуосно растојање најспоријег пара зупчаника. Код једностепених редуктора са осама вратила које се секу, уместо међуосног растојања узима се конично растојање R_t .

Основне дужинске мере редуктора опште намене треба да се изразе стандардним бројевима. Овај принцип треба да буде што више заступљен и код редуктора специјалне намене, што се посебно односи на међуосно растојање (А) и растојање основне равни до осе вратила (Н). То значи да се препоруке за поједине дужинске мере користе као полазна основа, водећи рачуна о изнесеном захтеву [4].



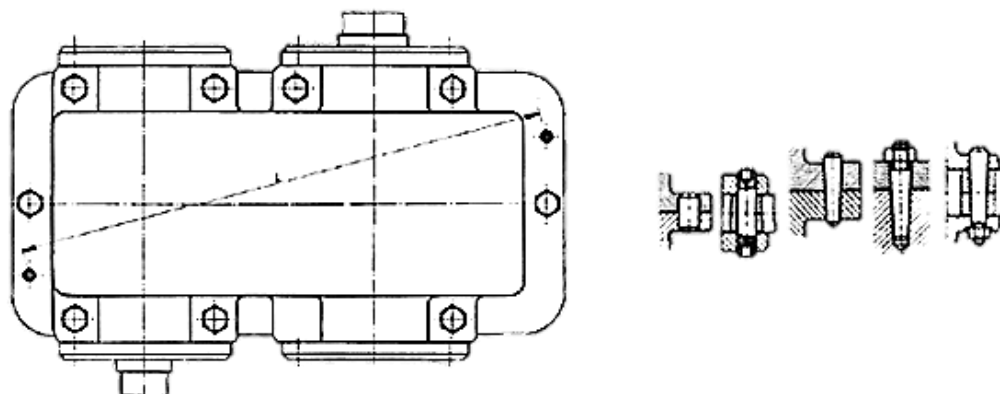
Слика 8.1 Кућиште једноступеног редуктора [4]

8.1. Горњи и доњи део кућишта

Горњи и доњи део кућишта се везују завртњима. При пројектовању везе завртњима треба водити рачуна о следећим стварима:

- Горњи и доњи део кућишта се везују са две врсте завртања: завртњима на лежишним гнездима и завртњима на ободу кућишта. Пречници завртања и положаји отвора за њих одређују се прорачуном или према препорукама.
- Треба користити неподешене вијке са навртком и треба водити рачуна о могућности постављања завртања у отворе и притезања навртки кључем.
- Вијке треба осигурати од одвртања подлошкама.
- Површине по којима налажу главе завртања, навртки 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 (слика 8.2). Бар једну

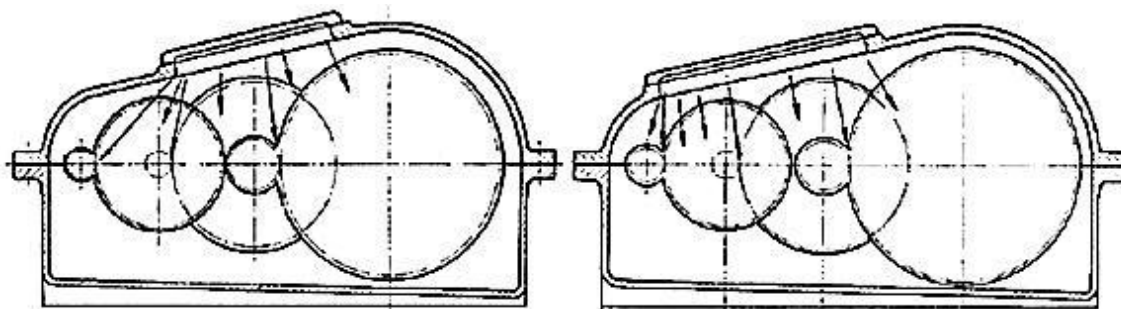
чивију треба померити са симетрале да спречи могућност погрешног постављања горњег на доњи део кућишта [1].



Слика 8.2 Центрирање горњег и доњег дела кућишта [1]

8.2. Отвор за посматрање

Сваки редуктор мора да има отвор за посматрање, слика 8.3. Положај и величина овог отвора морају бити такви да омогуће неометано посматрање унутрашњости редуктора (зупчаника и спрега) како би се у случају извесне хаварије извршила дефектажа квара на лицу места или контрола рада редуктора [1].



Слика 8.3 Отвор за посматрање [1]

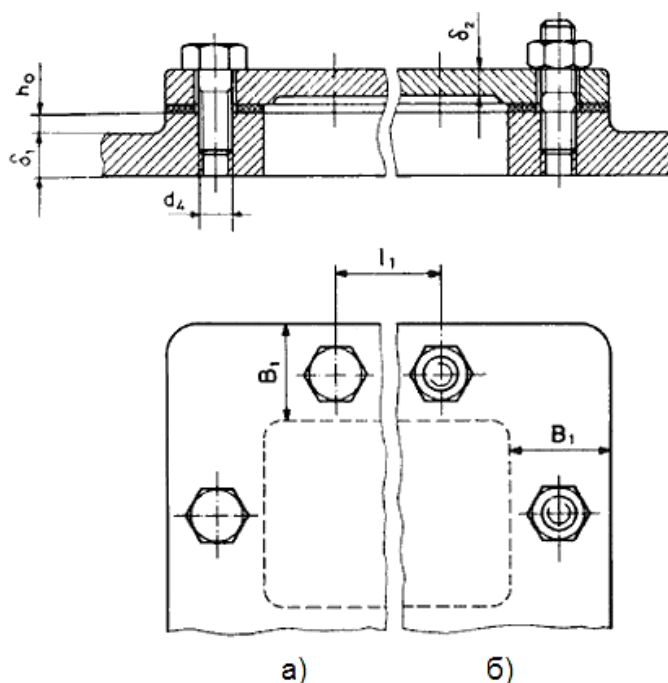
Отвори служе за контролу спрезања зупчаника, за преглед стања зупчаника у току експлоатације и за сипање уља у редуктор. Поклопац ређе има на себи елемент од провидног материјала (плексиглас, слика 8.3); у том случају се посматрање врши без скидања поклопца. Овакав поклопац је међутим подложен оштећењу, те се поклопци много чешће израђују од лима или су ливени.

Отвор и одговарајући поклопац могу бити кружног или правоугаоног облика.

Отвор за посматрање треба да буде довољно велики и постављен тако да се кроз њега могу видети сви зупчаници у редуктору; понекад се овај захтев остварује са два отвора за посматрање.

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 зуба пужног зупчаника и траг спрезања на њима добро виде, на основу чега се положај пужног зупчаника коригује, све док се не добије задовољавајући траг спрезања. 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 кућишта (као код цилиндричних редуктора чије су осе вратила у хоризонталној равни); ако је пуж изнад пужног зупчаника, отвор треба поставити на бочном зиду.

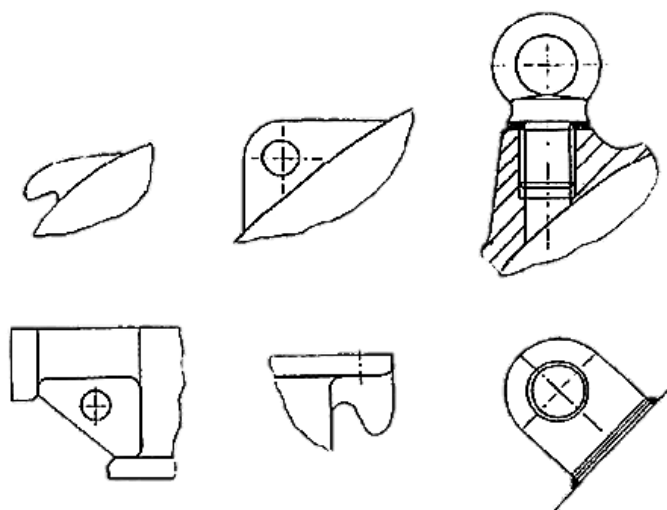
На слици 8.4 је приказан отвор за посматрање са поклопцем, на ливеном кућишту; на левој страни је дата варијанта а) са завртњем без навртке, а на десној варијанта са голим завртњем б). Варијанта б) има предност у бољем очувању завојнице на кућишту, пошто се поклопац релативно често скида те се ова завојница може временом оштетити. Та варијанта је међутим скупља за израду те се ређе примењује од варијанте а) [4].



Слика 8.4 Отвор за посматрање са поклопцем [4]

8.3. Елементи за транспорт

Да би се омогућио 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, вијци са прстенастом главом, отвори на ребрима итд, слика 8.5.



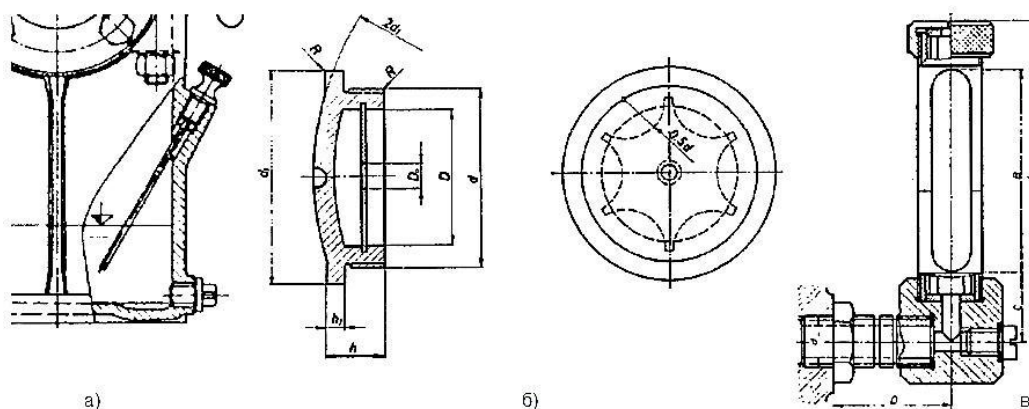
Слика 8.5 Елементи за транспорт [1]

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. Мере завртња се усвајају на основу масе коју треба транспортовати [1].

8.4. 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 8.6 а). Треба водити рачуна о могућности постављања и вађења мерача.
- Округли показивач нивоа уља, слика 8.6 б). Израђује се од провидне пластике и монтира тако да му се оса поклапа са нивоом уља.
- Цевни показивач, слика 8.6 в).

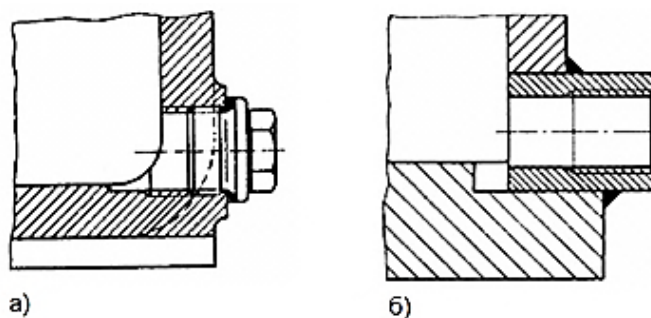


Слика 8.6 а) Мерач са шипком, б) округли показивач нивоа уља, в) цевни показивач [1]

8.5. 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 посуде за прикупљање старог уља [1].

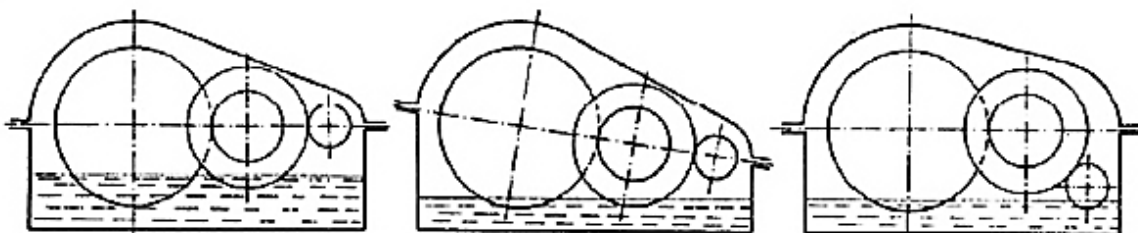
Отвор за испуштање уља из редуктора поставља се при дну кућишта, тако да његовим отварањем уље исцури без остатка. Обично се дно кућишта израђује под нагибом усмереним према отвору за испуштање. Отвор за испуштање уља затвара се завртњем - запушачем (чепом). Отвор за испуштање (слика 8.7) обично се поставља на једном од оних места кућишта на коме се не налази стопало за причвршћивање 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 [4].



Слика 8.7 а) Отвор за испуштање уља са чепом; б) отвор за испуштање уља на завареном кућишту [4]

8.6. Подмазивање

За правилан рад редуктора потребно је обезбедити подмазивање елемената за пренос снаге (слика 8.8). Подмазивање се врши уљем чији је избор извршен приликом прорачуна зупчаника. Подмазивање се врши на тај начин што зупци зупчаника захватају уље и доводе га у спрегу. Количина уља у кућишту треба да буде толика да гоњени (већи) зупчаник зупчастог пара буде потопљен у уље на дубину $1 \div 5$ модула, за цилиндричне зупчанике, а за коничне до половине или целе дужине зупца. Код пужних преносника, за хоризонтални пуж испод пужног зупчаника ниво уља треба да буде до половине пужа, ако је пуж изнад пужног зупчаника до $1/3$ пужног зупчаника, а ако је пуж вертикалан, до средине пужног зупчаника [1].



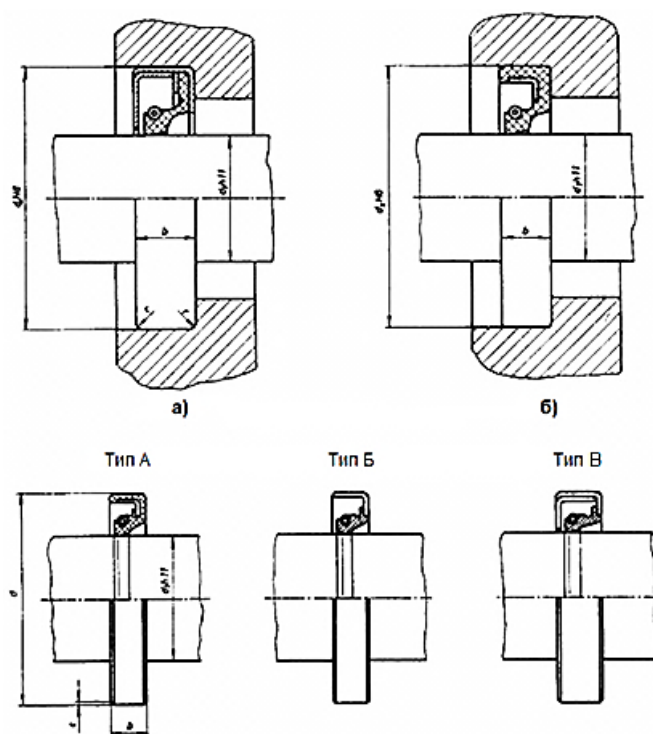
Слика 8.8 Ниво уља у кућишту [1]

8.7. Заптиваче

Заптиваче у редукторима има двојаку улогу: да спречи излажење уља из кућишта редуктора и да онемогући продирање прашине, воде, гасова, паре и других непожељних тела у унутрашњост редуктора.

Заптиваче на месту састава горњег и доњег дела кућишта и на местима склапања кућишта са поклопцима за лежишта остварује се добром обрадом површина и чврстим притезањем делова који се премазују танким слојем графитне уљне пасте или другим заптивним средством.

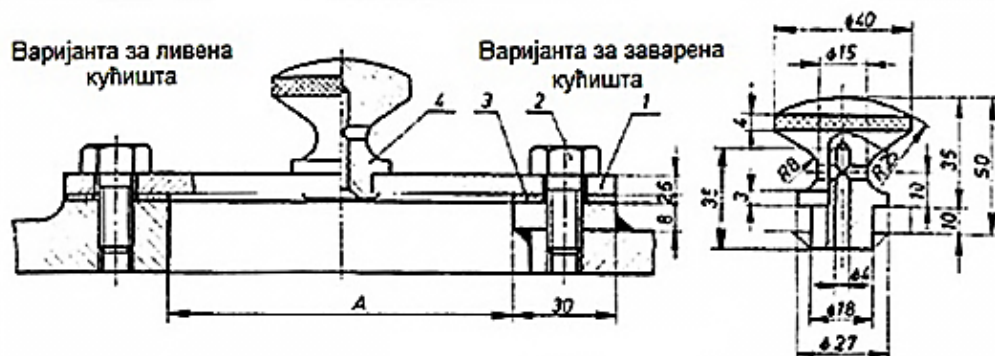
Заптиваче процепа на местима где пролазе вратила, односно на местима где улазно и излазно вратило излазе из кућишта врши се применом стандардних заптивача с прстеновима од филца, односно манжетних заптивача (слика 8.9) [4].



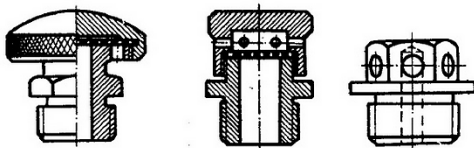
Слика 8.9 Манжетни заптивач [4]

8.8. Одушак

Сваки редуктор треба да има одушак или уређај за вентилацију. Улога одушка је да омогући излазак паре и гасова из кућишта који се стварају услед трења између зупчаника које ствара топлотну енергију. Топлота која се ствара услед трења може да оштети делове редуктора који су скупи за израду. Поставља се на горњи део кућишта или на поклопац отвора за посматрање, слика 8.10, и слика 8.11 [1].



Слика 8.10 Одушак на поклопцу отвора за посматрање [1]

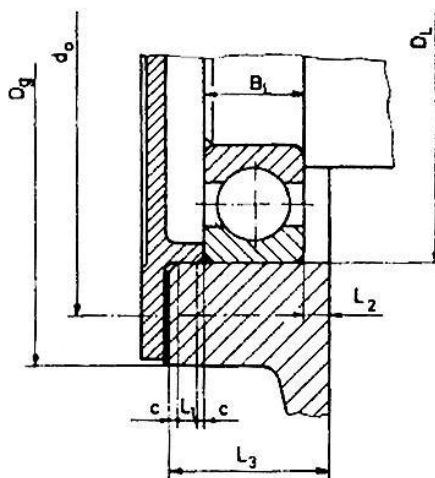


Слика 8.11 Један од различитих типова одушака [1]

8.9. Конструкција гнезда за лежишта

Појачани део кућишта на месту лежишта, са отвором за лежишта, назива се лежишним гнездом (слика 6.1). Уобичајено гнездо за котрљајно лежиште на ливеном кућишту приказано је на слици 8.12.

Димензије 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 оволику ширину, пошто је потребно да површине на које налажу поклопци лежишта буду у истој равни, ради лакше обраде [4].



Слика 8.12 Гнездо за котрљајно лежиште [4]

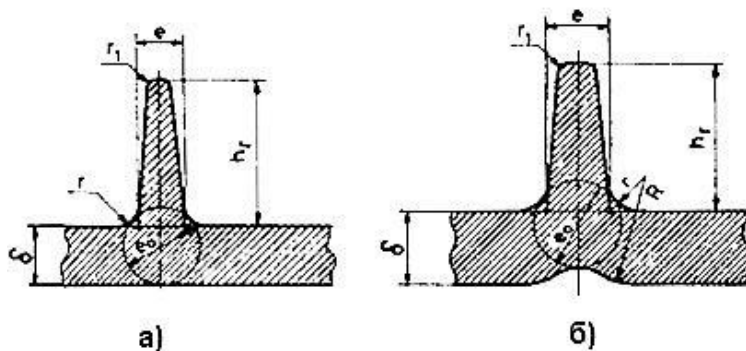
8.10. Мере за повећање крутости кућишта

У процесу конструисања тежи се повећању крутости при што мањој маси кућишта. За ову сврху се користе ребра за укрућење, као и посебан облик зида кућишта, или и једно и друго истовремено.

Често се за повећање крутости користе спољна ребра (слика 6.1). Неповољан распоред ребара или избор неповољних димензија може чак и смањити чврстоћу

кућишта или повећати буку при раду редуктора. Не постоје методе претходног прорачуна димензија и распореда ребара на кућишту, те се ова питања морају решавати на основу искуствених препорука.

На слици 8.13 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 кућишта.



Слика 8.13 Ребро за укрућење [4]

Код облика на слици 8.13 а) ствара се извесно нагомилавање материјала на месту где се састају ребро и зид кућишта. Код варијанте б) мање је нагомилавање материјала, што је погодно за ливење. Нагиби ребара треба да су 1:20 до 1:50.

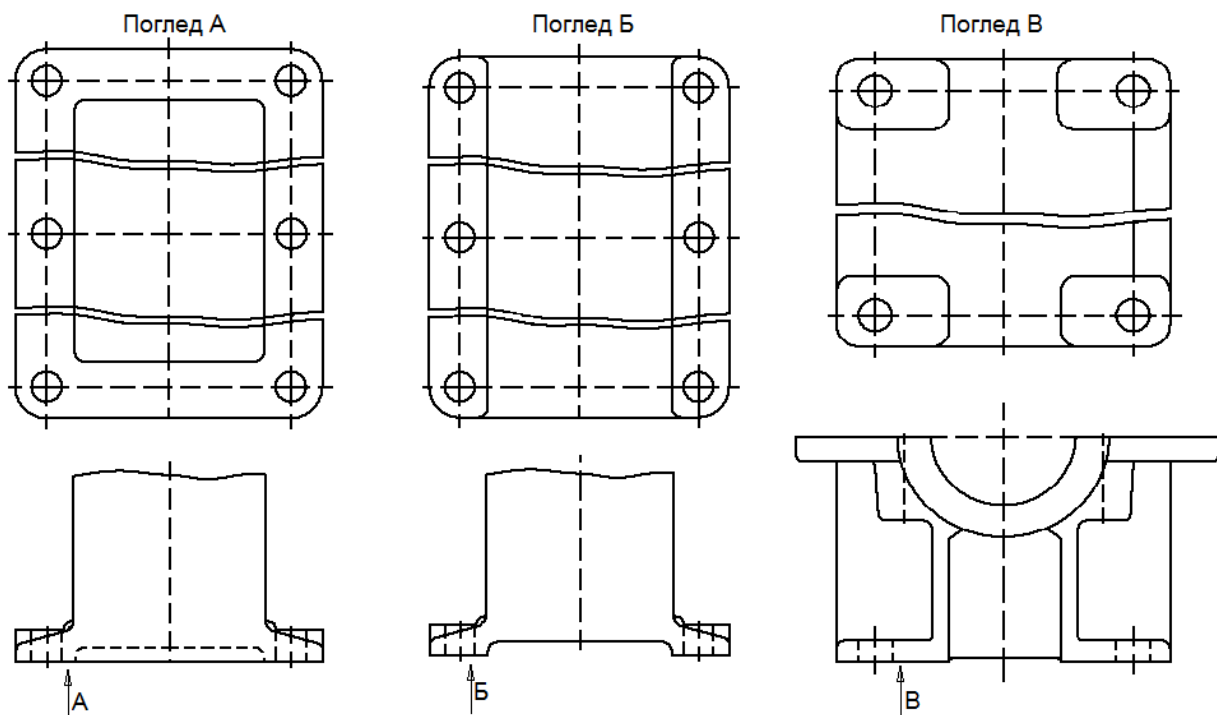
Примена унутрашњих ребара, иначе погоднијих са аспекта крутости, обично доводи до усложњавања конфигурације кућишта него кад се примене спољна ребра. Спољна ребра се смештају између зидова, стопала и лежишног гнезда у простору који мора да постоји ради смештања завртања на ободу и стопалу, а зид кућишта у овом случају је прав.

Кад се примене унутрашња ребра, простор за смештање завртања на стопалу остаје исти, а сама унутрашња ребра захтевала би нови простор уколико би се задржао прав зид, што би изискивало велико повећање габарита кућишта. Да се не би повећавао габарит при усвајању унутрашњих ребара зид је „искривљен” према споља да би се сместило ребро [4].

8.11. Стопала

Помоћу стопала редуктор се ослања на подлогу и за њу причвршћује завртњима. Подлога може бити посебно метално постоље, бетонски темељ са уграђеним металним ослонцима за стопала, метални рам (шасија) машине на којој се редуктор користи, челична конструкција, итд.

Стопала редуктора треба да буду што мања, а да обезбеде стабилно постављање (слика 8.14). Редуктор не належе на подлогу по целој својој доњој 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 кућишта [1], [4].



Слика 8.14 Правилно постављање стопала редуктора [1]

8.12. Завртњи на кућишту

На кућишту се налази већи број различитих завртања: за везивање редуктора за подлогу, везивање горњег и доњег дела кућишта, учвршћивање поклопаца за кућиште, итд.

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 [4].

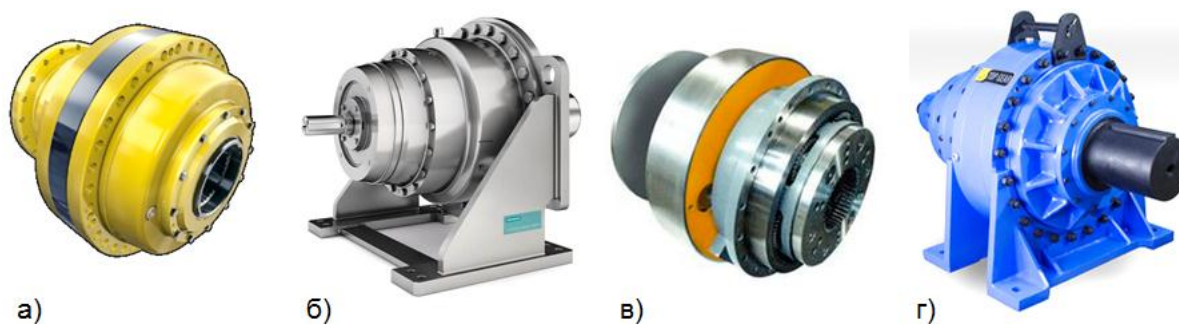
9. Преглед карактеристика кућишта редуктора различитих произвођача

Тржиште планетарних редуктора из дана у дан све је веће јер је потражња све већа, као и дијапазон потреба и могућности примене планетарних редуктора. Са развојем технике јавља се потреба за новим и савременијим производима. Из тог разлога највеће светске компаније се свакодневно труде да побољшају и усаврше постојеће производе, као и да тржишту пруже нешто ново како би били корак испред конкуренције. Неки од најпознатијих произвођача су *Nord*, *Rossi*, *Brevini*, *Thomson*, *Siemens*... Као лидер на огромном светском тржишту може се сматрати Европа за којом све мање и мање заостају азијске земље и Северна Америка. Водећи произвођачи са Европског континента стационарани су у Немачкој и Италији где њихове фирме послују већ дужи низ година. Многе од ових компанија су своје производне погоне прошириле по целом свету како би задовољиле потребе великог тржишта и биле што ближе крајњим корисницима. Осим ових светских гиганата и у мање развијеним земљама постоје произвођачи који допуњују тржишта и потребе таквих корисника. Један од таквих произвођача је и *Раде Кончар* који се успешно бави овом делатношћу на просторима Србије.



Слика 9.1 Планетарни редуктор произвођача *Раде Кончар*

Као што је већ речено ни азијски произвођачи не заостају много а неки од познатијих азијских произвођача су: *Top gear transmission* са средиштем у Сатари (Satara India); *Jaycon* - Ахмедабад (Ahmedabad, India); *iNi* са средиштем у Нингбу (Ningbo City, China). Осим њих познати су произвођачи *Nidex* са средиштем у Итаски (Itasca, Illinois, USA), који има широку мрежу фабрика распрострањену по Северној и Јужниј Америци, као и на просторима Азије; *CGI* са средиштем у Карсону (Carson City, USA).



Слика 9.2 Кућишта планетарних редуктора, различитих произвођача: а) *Dinamic oil* - Италија; б) *Siemens* - Немачка; в) *Goizper* - Шпанија; г) *Top gear transmission* - Индија .

На слици 9.2 приказана су нека од стандардних решења планетарних редуктора сличних конструкција као што је редуктор који је модификован у овом раду. Свако решење од приказаних има своје предности и мане али се јасно види да су сви задржали ваљкасти облик и да се по томе све верзије и типови измена решења приказаних у овом раду разликују од производа који се тренутно могу наћи на тржишту.

9.1. Занимљиви и необични типови планетарних редуктора

На слици 9.3 приказана је изведба једног по габаритима заиста великог планетарног редуктора, немачке компаније *Voith* (BHS Planetary Gear Units), који има опсег снаге од 400 kW до 45000 kW и преносни однос 1:1 до 80:1.

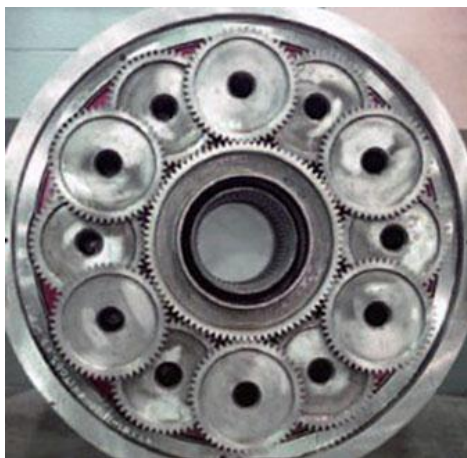


Слика 9.3 Планетарни редуктор произвођача *Voith* [8]

Иако је овај редуктор већ сам по себи довољно специјалан, произвођач оставља могућност кориснику, односно купцу, да га прилагоди или оптимизује његовим личним потребама, што се односи, како на погон, смер обртања, тип и облик зупчаника, тако и на материјале и облик кућишта. Произвођач гарантује радни век преко 250000 радних сати, а ефикасност може достићи ниво од 99,4 одсто, што значи да се може постићи веома висок ниво продуктивности.

Овај произвођач је од 1932. године испоручио више од 8000 оваквих и сличних редуктора од којих већина ради у веома тешким условима, што додатно потврђује њихов значај [8].

Још једно занимљиво решење планетарног редуктора веома добро се показало на такозваном HELIBUS-у, односно комерцијалном путничком хеликоптеру са товарним простором (слика 9.4).



Слика 9.4 Планетарни редуктор хеликоптера [9]

На слици 9.5 види се један изузетно комплексан планетарни преносник који служи за покретање пропелера на одређеним типовима (пропелерних) авиона. Још једна занимљивост код овог типа планетарног преносника је та што он практично нема своје кућиште јер је смештен директно испред или иза пропелера у зависности од типа авиона и користи заједничко кућиште са осталим елементима који су неопходни за покретање пропелера.



Слика 9.5 Планетарни преносник за покретање пропелера авиона

Године 2008 компанија TGM испоручила је до тада највећи планетарни редуктор на свету. Неколико година касније, тачније 2014 иста компаније је надмашила свој лични рекорд и испоручила још већи планетарни редуктор који има титулу највећег на свету и служи за покретање млинова и дифузора (слика 9.6). Овај планетарни преносник има номинални обртни момент од 5900 kNm што је највећи познати обртни момент у индустрији шећерне трске [10].



Слика 9.6 Један од највећих планетарних преносника на свету [10]

Тихи микро планетарни преносник је мали редуктор за аутомате. Један од занимљивих података јесте његов пречник од свега 6 mm (слика 9.7). Насупрот својим димензијама има доста дуг радни век од 500 сати, а иначе се производи у димензијама 4-40 mm. У зависности од типа и димензије може имати преносни однос од 4,8:1 до 110,6:1. Састављен је од пластичних и металних компонената. Користи се у малим кухињским уређајима, медицинским и мерним инструментима, дигиталним камерама, дечијим играчкама и многим другим уређајима.



Слика 9.7 Тихи микро планетарни преносник [11]

На слици 9.8 се види поређење редуктора и његових делова са SIM картицом, како би се дочарала реална величина овог типа редуктора. Произвођач овог типа редуктора је кинеска компанија *Zhaowei* [11].



Слика 9.8 Поређење редуктора [11]

Пример редуктора на слици 9.9 је занимљив из разлога што је као кућиште планетарног редуктора практично искоришћена глава задњег точка бицикла (централни део точка) који има улогу класичног мењача. На слици 9.9 је приказан пример оваквог решења познатог произвођача опреме за бицикле *Shimano* [12].



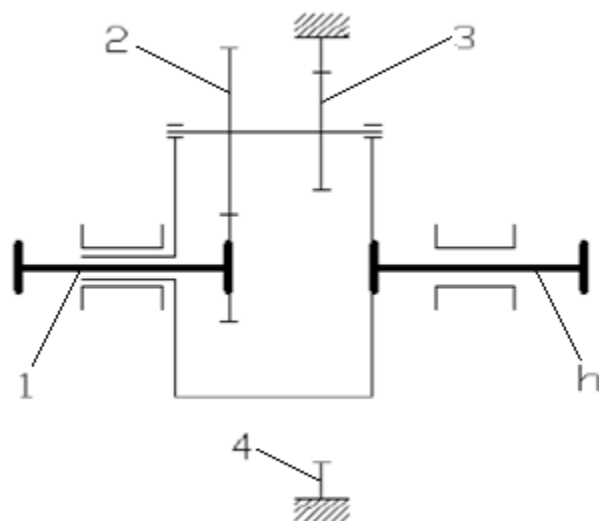
Слика 9.9 Планетарни редуктор за бицикле произвођача *Shimano* [12]

10. Постојеће решење кућишта планетарног редуктора

Као основа за унапређење визуелног и функционалног аспекта одабрано је постојеће решење планетарног редуктора, чија је шема приказана на слици 10.1, са карактеристикама које су у наставку наведене и чије је кућиште [13] искоришћено за модификације и побољшање карактеристика.

Техничке карактеристике планетарног редуктора [13]:

Ознака и тип редуктора	B_{1h}^4
Снага коју преноси редуктор	7,5 kW
Број обртаја улазног вратила	15500 min^{-1}
Број обртаја излазног вратила	176 min^{-1}
Преносни однос	7,3
Максимална дужина редуктора	331 mm
Максимална ширина редуктора	270 mm
Максимална висина редуктора	337 mm
Радна машина	Брусилица



Слика 10.1 Шема преносника са двојним сателитом: (1) централни зупчаник, (2) и (3) сателит, (4) централни непокретни члан, (h) носач

- **Основне карактеристике редуктора**

Редуктор је спакован у кућиште које је цилиндричног облика. Кућиште је израђено ливењем од материјала EN-GJL-200 (SL 200), а затворено је поклопцем са једне стране. Са доње стране налазе се стопала које служе за лакше монтирање редуктора. Такође се у доњем делу налази и један отвор са стакленим поклопцем који служи за мерење нивоа уља, док се са горње стране налази отвор који служи за периодично досипање уља за подмазивање.

На најнижем делу кућишта постављен је завртањ са заптивачем који служи за повремено испуштање и мењање израђеног уља. Ово уље истиче гравитацијом и није потребно никакво покретање редуктора. На највишој тачки постављен је отвор за вентилацију редуктора у облику одушка. Површине на ободима, где се завртњима спајају поклопац кућишта и кућиште, су фино брушене тако да је загарантована херметичност делова који се спајају.

- **Зупчаници**

Преносници снаге и обртног момента су два централна зупчаника (1) и (4) од којих је зупчаник (4) непокретан и чврсто везан за кућиште редуктора, а зупчаник (1) је везан за улазно вратило и двојни сателит који се састоји из зупчаника (2) и (3). Оба централна зупчаника као и сателити израђени су од истог материјала (18CrNiMo7-6 (Č 4520)). Сви зупчаници су са правим зубима.

- **Вратила**

Вратило 1 је улазно вратило и израђено је од E335 (Č 0645). Осовина на којој се налазе зупчаници 2 и 3 је такође израђена од E335 (Č 0645). Вратило на излазу је и носач сателита (h). Све површине на вратилима које служе за везу са обртним деловима преносника су брушене и цементиране, а радијуси прописани на прелазним заобљењима. Због концентрације напона брушени су жлебови за везу са клиновима.

- **Подмазивање**

Подмазивање редуктора се врши помоћу самих преносника. Централни зупчаник (4) и зупчаник (2) су уроњени до извесне дубине у слој уља које се обртањем зупчаника преноси до тренутне тачке додир подмазујући на тај начин бокове зубаца где се јавља највећи специфични притисак. Подмазивање лежаја се остварује прскањем уља преносника.

- **Замена мазива**

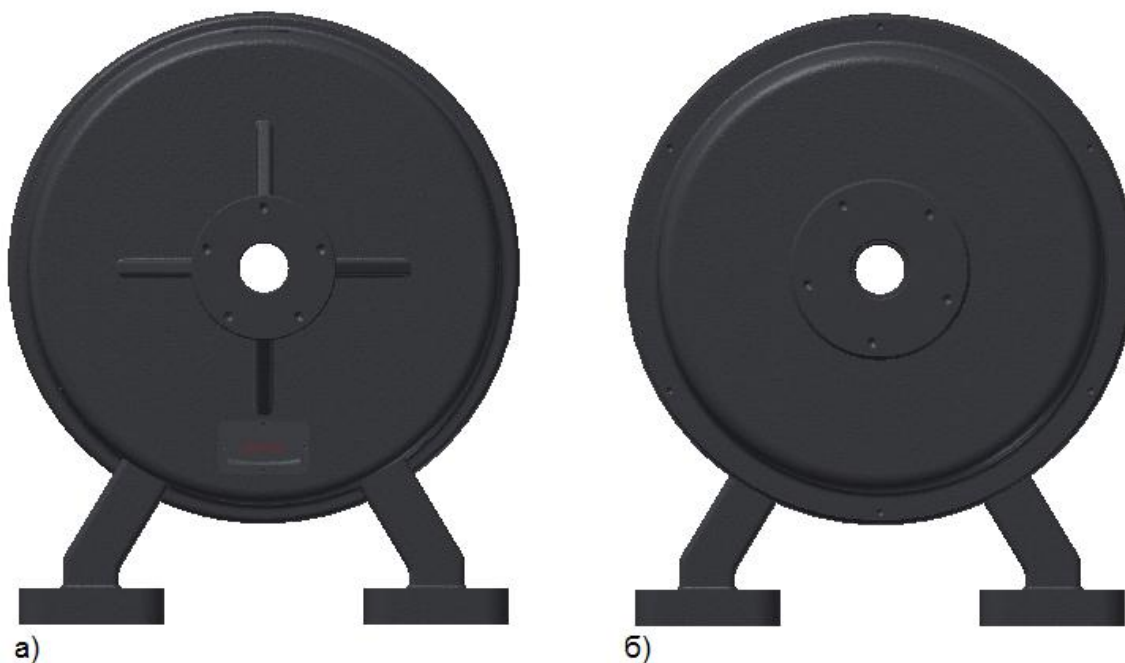
У настојању да редуктор што дуже поуздано функционише препоручује се да се мазиво (уље) у току периода разраде мења после две недеље рада, пошто се претходно кућиште темељно очисти лаким мазивом за испирање. Након тога мазиво треба мењати после сваких 2500 часова рада или свака 3 месеца.

- **Хлађење**

Хлађење редуктора се остварује природним путем. Загревање (топлота) која се при раду преносника развија преноси се преко мазива на кућиште, а затим се природним путем, хлађењем, одводи у околину.

Ако се узме у обзир само кућиште без делова, његове карактеристике које су значајне за анализу варијантних решења, су следеће: укупна висина, маса и висина улазног и излазног вратила.

На слици 10.2 приказано је кућиште постојећег решења, моделирано у *Autodesk Inventor*-у. На слици 10.2 а) приказана је предња страна кућишта, где си види отвор са стакленим поклопцем који служи за мерење уља, а на слици 10.2 б) дата је задња страна кућишта постојећег планетарног редуктора.



Слика 10.2 а) Предња страна кућишта; б) задња страна кућишта

На слици 10.3 дат је изометријски приказ кућишта са леве и десне стране где се могу видети отвори на стопалима за завртње ради причвршћивања кућишта за подлогу, отвор за досипање уља, као и отвори за фиксирање непокретног зупчаника (4).



Слика 10.3 Изометријски приказ модела постојећег решења кућишта редуктора у погледу са леве и са десне стране

На слици 10.4 приказана је унутрашњост постојећег кућишта, где се јасно могу видети дебљине зидова, а такође и отвори за причвршћивање и фиксирање зупчаника са унутрашњим озубљењем.



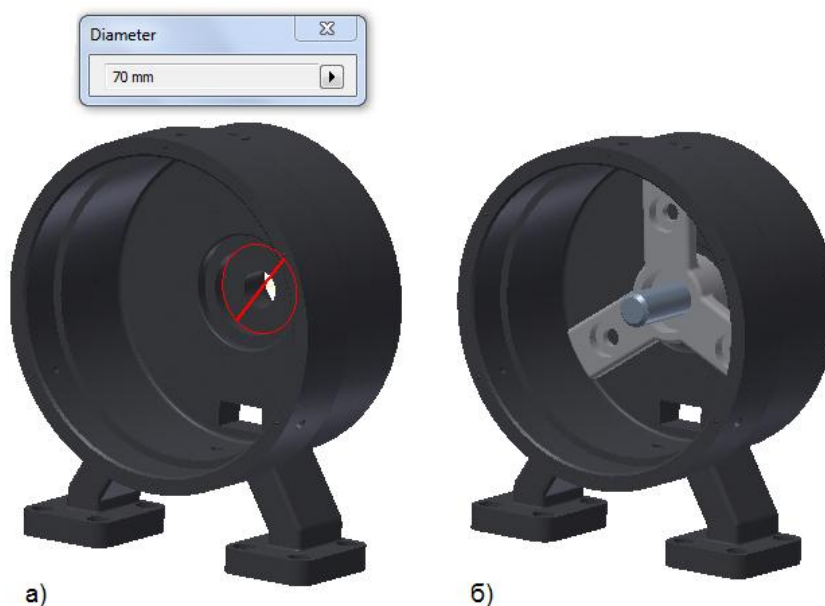
Слика 10.4 Унутрашњи изглед постојећег кућишта

У предњем делу кућишта се виде цилиндрични отвори различитих пречника (слика 10.5 а) и б)), где се у већи отвор поставља зупчаник са унутрашњим озубљењем (слика 10.5 в)), а цилиндар мањег унутрашњег пречника (слика 10.5 б)) је механички граничник који онемогућава да се зупчаник креће унутар кућишта.



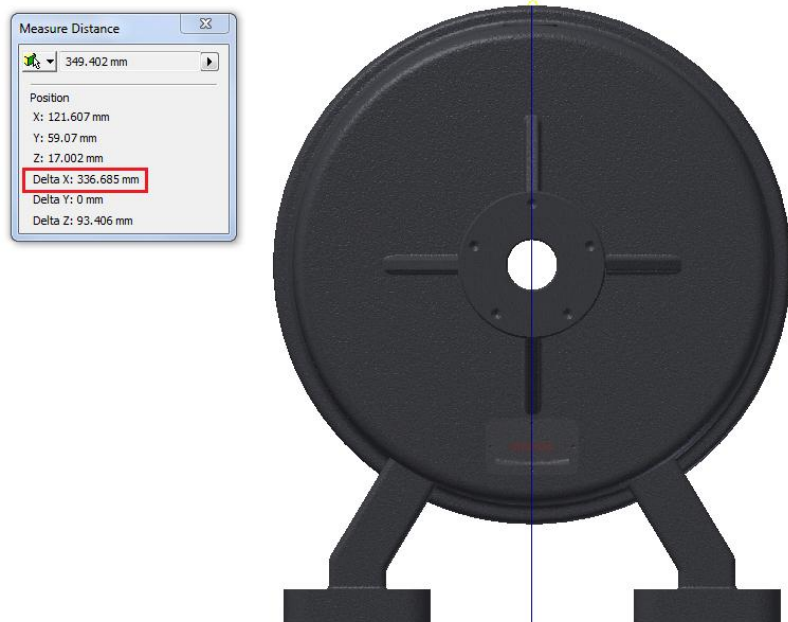
Слика 10.5 а) Пречник за постављање зупчаника са унутрашњим озубљењем; б) пречник граничника; в) приказ монтираног зупчаника са унутрашњим озубљењем

Такође, може се видети улежиштење за носач сателита (слика 10.6). На слици 10.6 а) приказан је пречник отвора за носач сателита и отвор за вратило, а на слици 10.6 б) дат је део кућишта са носачем сателита и вратилом.



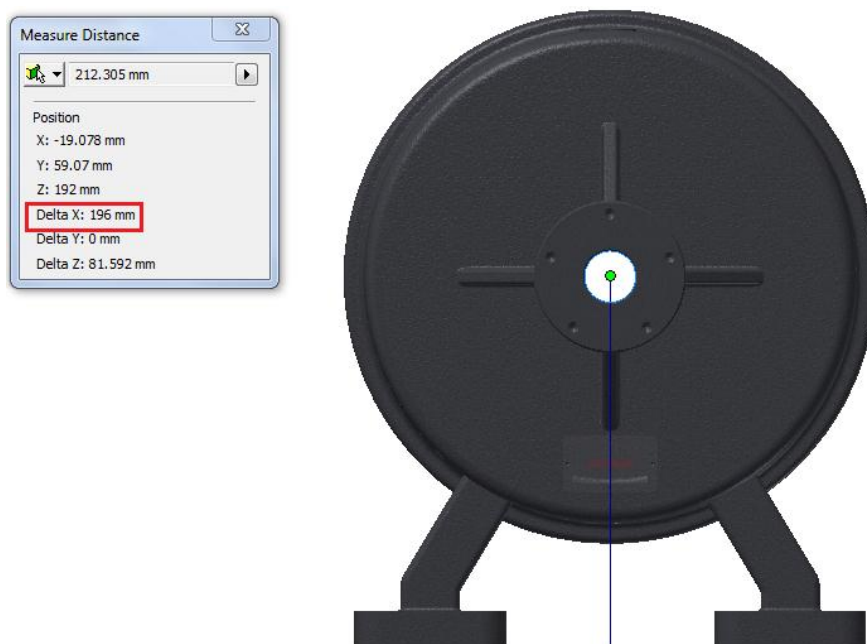
Слика 10.6 Приказ а) пречника улежиштења; б) носача сателита и вратила

Висина кућишта износи 336,685 mm, слика 10.7.



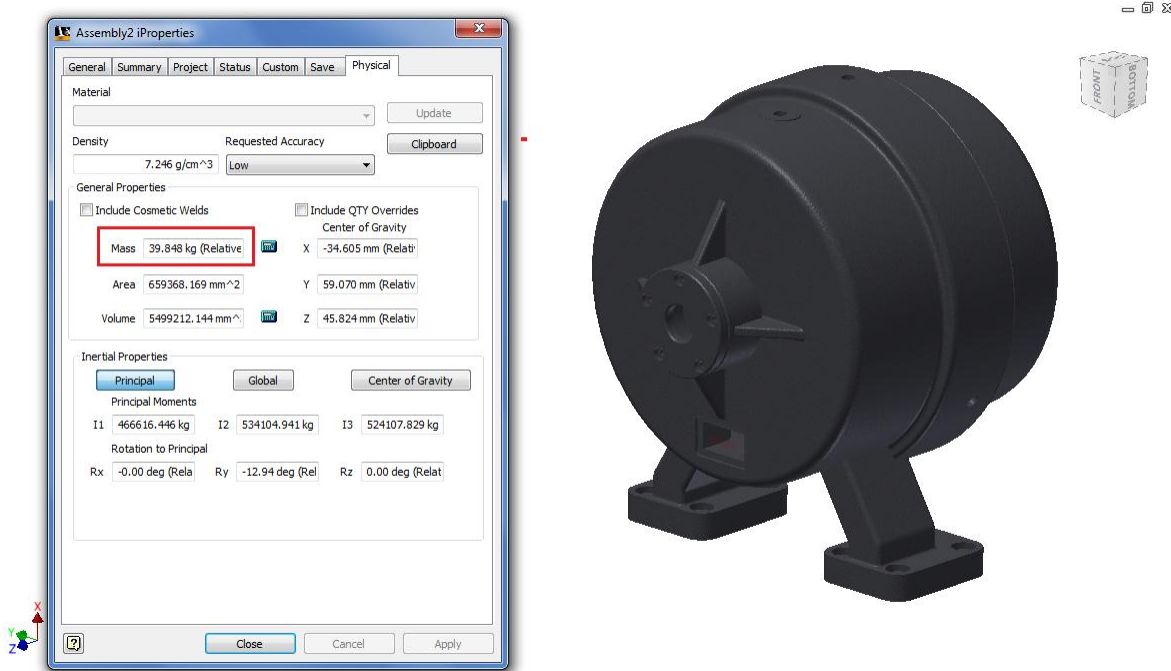
Слика 10.7 Висина кућишта редуктора

Висина улазног вратила (слика 10.8) је 196 mm, што је минимална висина на коју је могуће да се прикључи електромотор или нека погонска машина.



Слика 10.8 Висина улазног и излазног вратила

Маса кућишта је 39,848 kg, што је приказано на слици 10.9.



Слика 10.9 Маса кућишта редуктора

11. Примена олакшаних конструкција

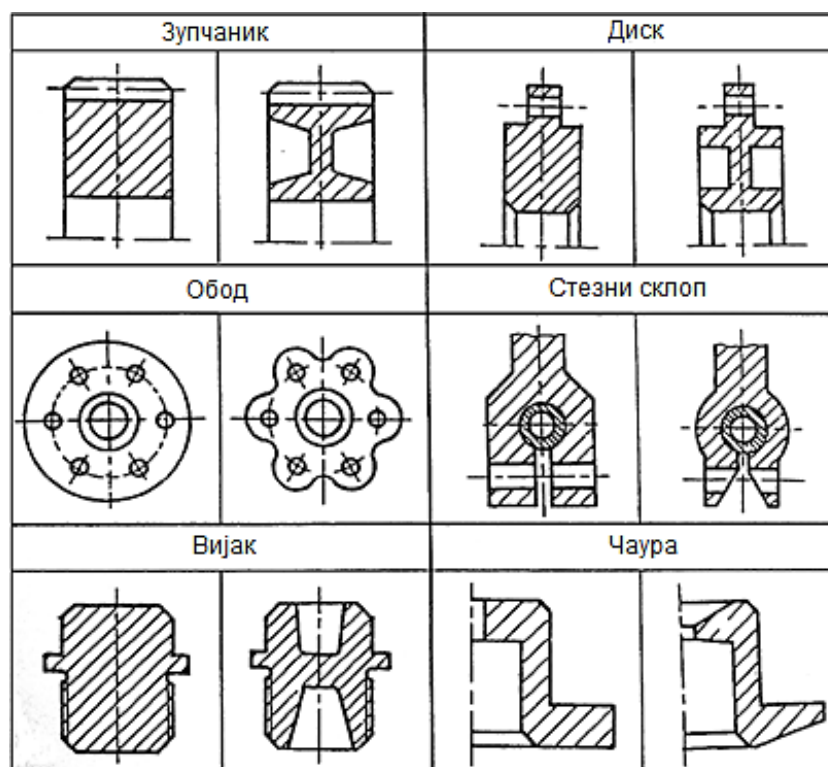
Смањење масе делова у општем машинству омогућује смањење потрошње материјала, олакшано руковање и транспорт и смањење инерцијалних сила, а самим тим лакше убрзање и кочење покретних делова машина. Посебно велики значај има примена лаких конструкција у градњи транспортних и саобраћајних машина, а нарочито у авијацији и ракетној техници, где се на рачун смањења масе може повећати користан терет, брзина и радијус кретања.

Међутим, поред значајних предности постоје и неки недостаци примене лаких конструкција. Наиме, да би се постигла захтевана чврстоћа тако олакшаних конструкција неопходна је примена скупљих материјала као што су висококвалитетни челици и легуре лаких метала, а такође и композитни материјали.

Код реалних конструкција на смањење масе може се утицати:

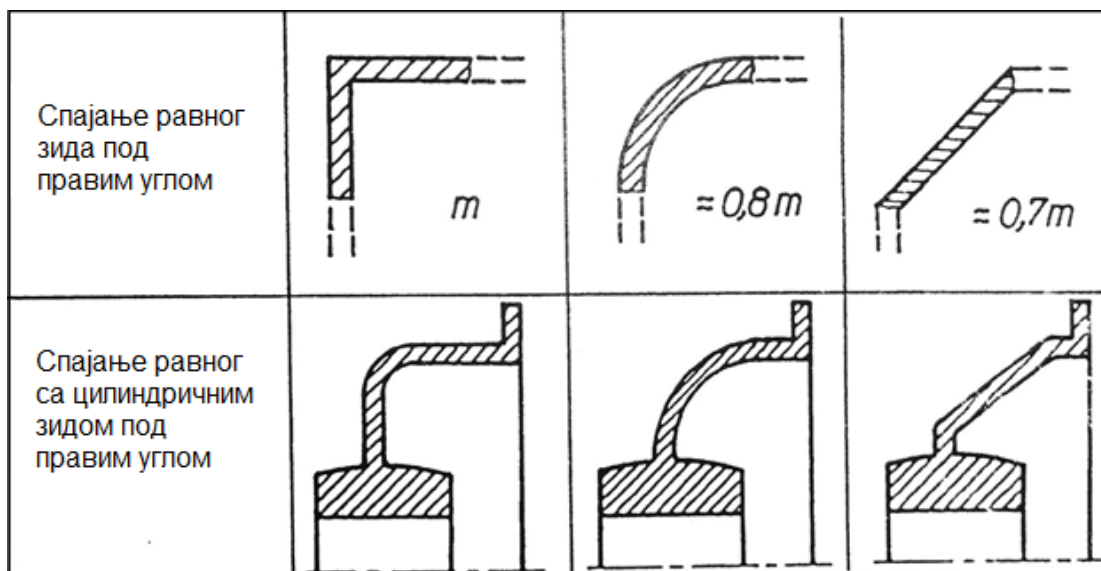
- обликовањем машинских делова тако да су сви пресеци равномерно напегнути,
- конструкционим олакшањима,
- увођењем кружних прелаза под нагибом при спајању зидова,
- рационалним оптерећењем делова у циљу бољег искоришћења материјала,
- усавршавањем конструкционе шеме и др.

Иделно је када су напони у сваком пресеку машинског дела и у свакој тачки пресека једнаки али је то могуће остварити веома ретко и само када цео пресек подједнако прима оптерећење и када нема извора концентрације напона. При напрезању на истезање или притисак све тачке пресека су подједнако напегнуте али при савијању, увијању и сложеним напонским стањима напони су по пресеку неравномерно распоређени. Зато се тежи да бар максималне вредности напона у појединим попречним пресецима буду једнаке или приближно једнаке. Због сложености облика машинских делова и сложене расподеле напона често је немогуће остварити једнакост максималних напона у различитим пресецима. Тада је корисно вршити конструкциона олакшања делова на местима где се очекују напони смањеног интензитета. На примерима са слике 11.1 приказан је начин олакшања неких машинских делова као што је зупчаник, диск, обод, стезни склоп, завртањ и чаура.



Слика 11.1 Конструкциона олакшања [1]

Увођење прелазних радијуса и прелаза под нагибом при спајању зидова конструкције омогућује смањење укупне масе. Такви начини спајања зидова приказани су на слици 11.2. Као што се види на слици 11.2 при спајању равног зида под правим углом смањење масе за случај прелаза у облику радијуса је око 20%, а у облику нагиба око 30%. Слични ефекти се постижу и при спајању цилиндричног и равног зида под правим углом. Пошто су критични попречни пресеци равномерно напрегнути у случају аксијалног напрезања на истезање или притисак треба тежити, кад год је то могуће, да се савијање замени аксијалним напрезањем. То се постиже применом решеткастих конструкција где су поједини штапови напрегнути на истезање или притисак. Потребно је такође водити рачуна о правцу, смеру и месту деловања оптерећења у односу на осе симетрије машинских делова [1].

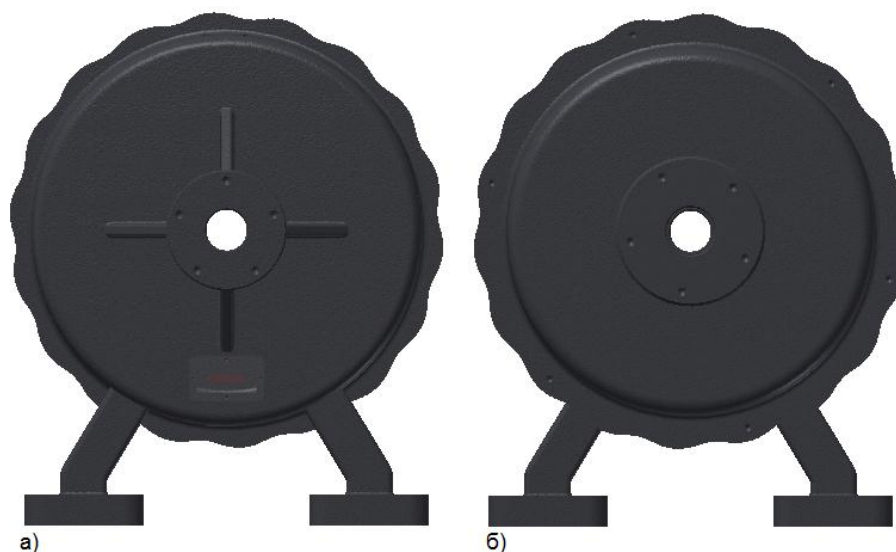


Слика 11.2 Спајање зидова [1]

11.1. Валовито кућиште - прво решење

Приликом креирања новог решења водило се упуштима за примену олакшања конструкција. На постојеће решење класичног цилиндричног облика додати су валови (слика 11.3). Зидови сами по себи код постојећег решења нису дебели, тако да није било простора за смањење дебљине зида на ободу. Због тога су валови практично додати на већ постојећу дебљину зида. Валови су додати из техничко – естетских разлога. Са техничког аспекта они су повољни како би се побољшало хлађење, односно одвођење топлоте у спољашњу средину. Са визуелног аспекта, то решење изгледа најлепше што у неким ситуацијама може представљати пресудни аспект приликом одабира.

На слици 11.3 приказан је поглед предње и задње стране валовитог кућишта где се види да је отвор са стакленим поклопцем за мерење уља задржао исте димензије као и исту позицију (слика 11.3 (a)) и да је број отвора за причвршћивање кућишта са поклопцем кућишта остао непромењен али су њихове позиције заротиране у односу на постојеће решење и сада су у зонама испупчења на валовима што додатно повећава робусност целог кућишта.



Слика 11.3 Изглед валовитог кућишта: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта

Изометријски приказ кућишта, слика 11.4, приказује модел валовитог кућишта са леве и десне стране где се може видети да је већи део кућишта задржао првобитни облик и да су отвори за фиксирање непокретног зупчаника (4) заротирани по ободу кућишта на прво следеће удубљење где је најмања дебљина зида, то јест где је дебљина зида истих димензија као код постојећег решења кућишта.



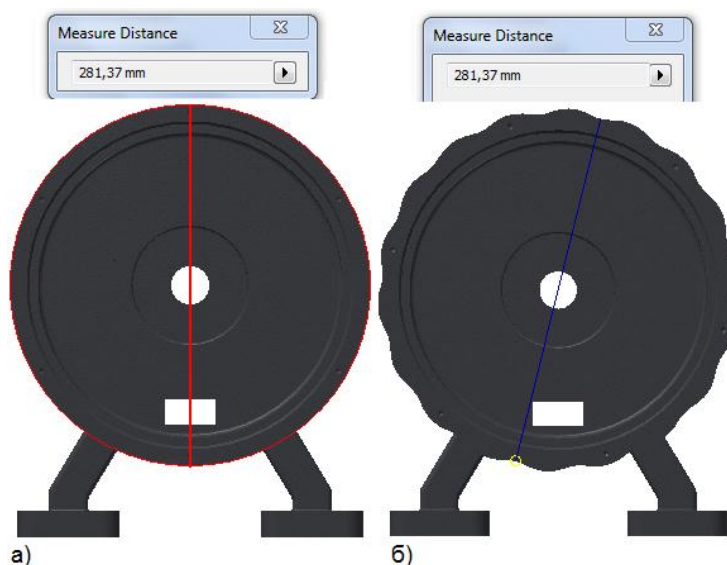
Слика 11.4 Изометријски приказ модела валовитог кућишта редуктора: а) са леве и б) са десне стране

Зидови кућишта су израђени према захтевима и стандардима конструисања, тако да је кућиште у свим варијантама задржало своје механичке и техничке карактеристике, а највеће измене извршене су у погледу естетике. С обзиром на то, није било потребе да се мењају дебљине унутрашњих зидова, то јест зидови су на местима где су најтањи задржали дебљину постојећег кућишта (слика 11.5).



Слика 11.5 Унутрашњи изглед валовитог кућишта

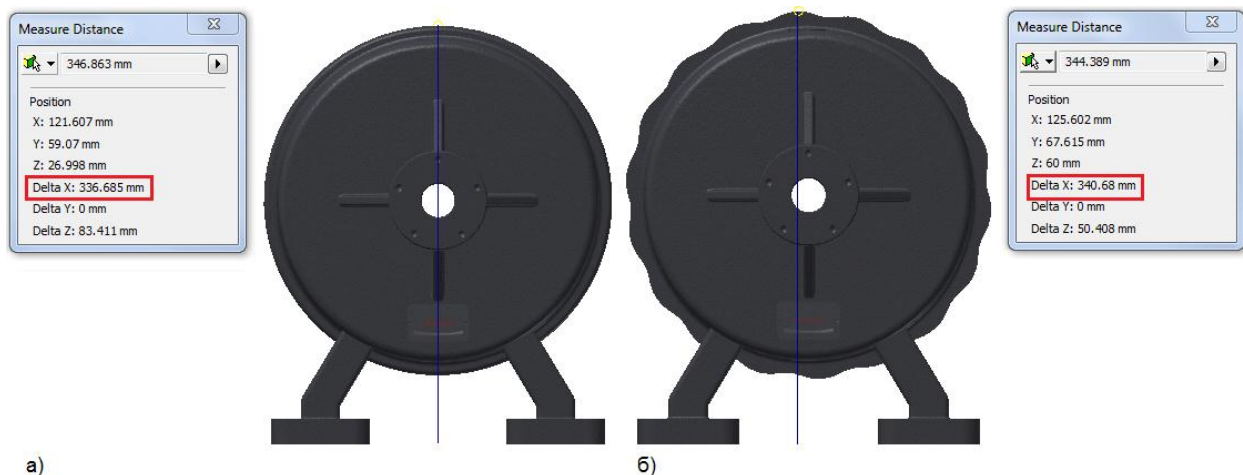
Промена спољашњег облика обода постојећег кућишта није се одразила и на унутрашњи део кућишта што је и приказано на слици 11.6. На слици се такође може видети и оно што је већ поменуто да је обод постојећег и валовитог решења, у подножју вала, остао непромењен.



Слика 11.6 Поређење пречника спољашњег обода постојећег и валовитог решења

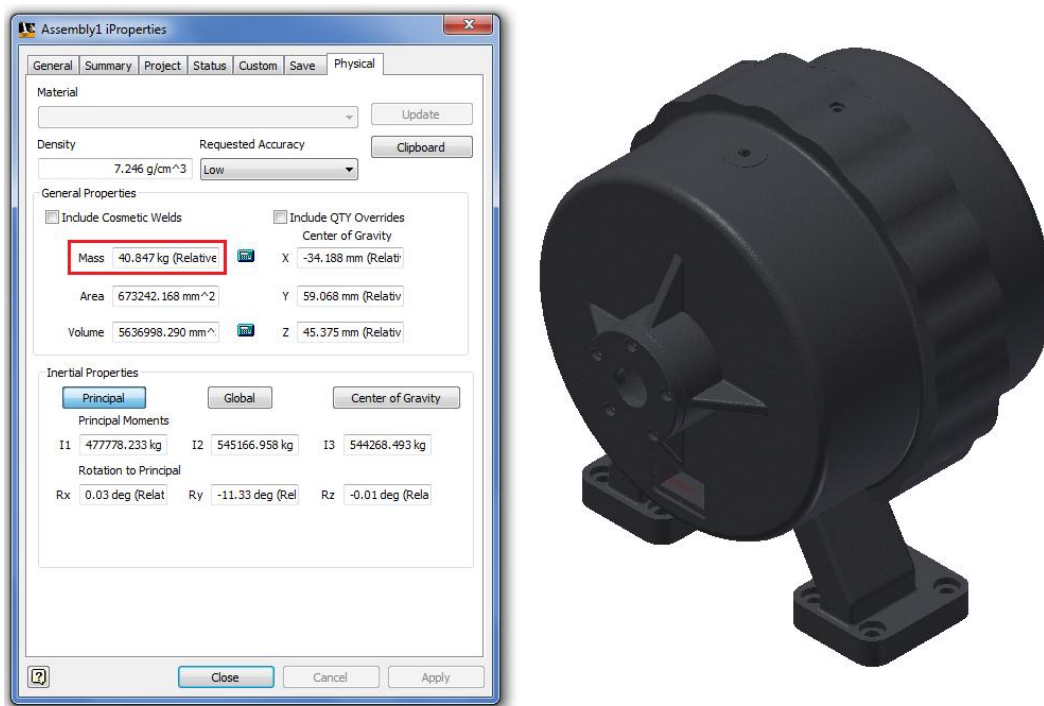
Висина валовитог (таласастог) кућишта је 340,68 mm (слика 11.7 б)).

На слици 11.7 дате су упоредне вредности висина постојећег и валовитог кућишта, где се види да и поред измена које су учињене валовито кућиште није знатно добило на висини у односу на постојеће решење, свега 3.995 mm.



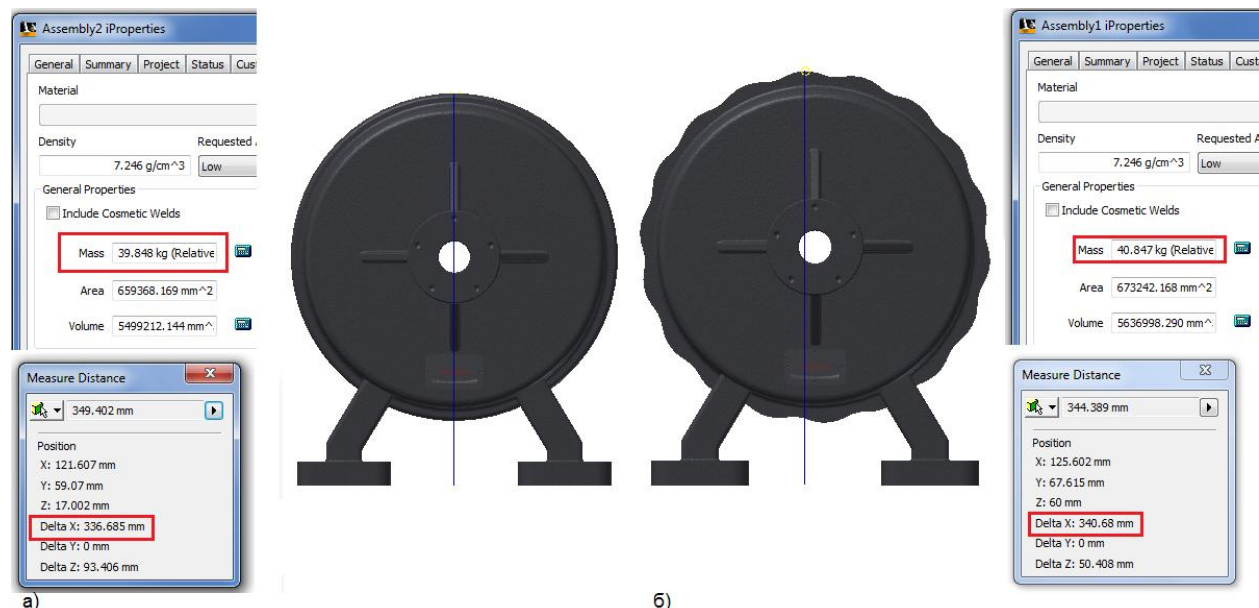
Слика 11.7 Подаци о висини: а) постојећег кућишта; б) валовитог кућишта

Маса валовитог кућишта износи 40,847 kg, слика 11.8.



Слика 11.8 Подаци о маси валовитог кућишта

Поређењем резултата дошло се до закључка да се модификација коју је претрпело постојеће решење највише одразила на масу кућишта што свакако није занемарљив аспект који је потребно задовољити приликом конструисања или редизајна постојећег решења. На основу овог поређења установљено је да је валовито решење за 1 kg масивније од постојећег решења, слика 11.9.

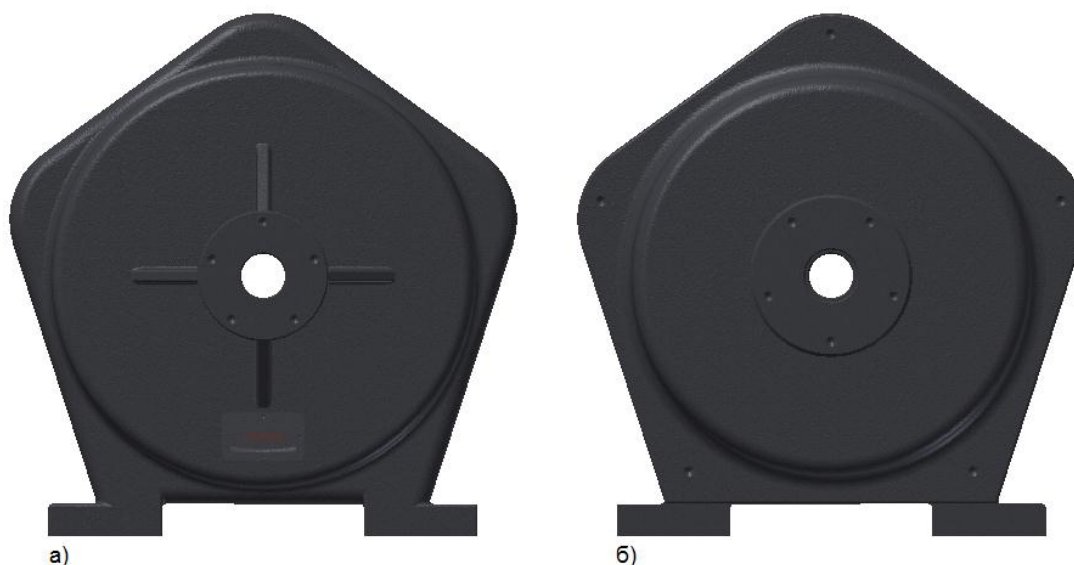


Слика 11.9 Упоредни приказ резултата: а) маса и висина постојећег кућишта; б) маса и висина валовитог кућишта

11.2. Петоугаоно кућиште - друго решење

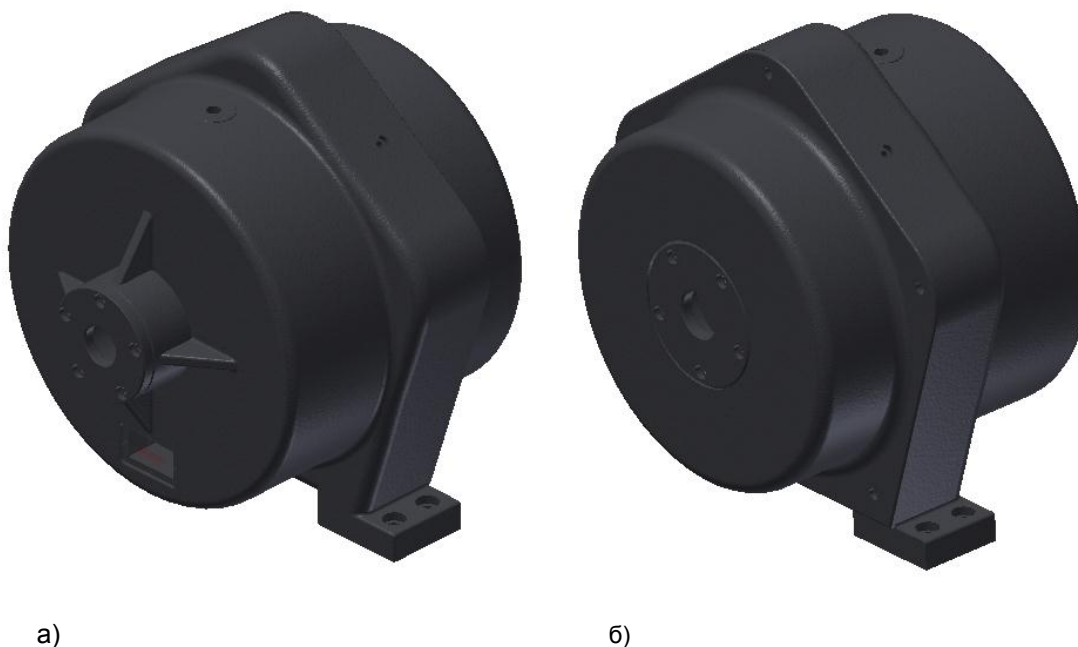
После детаљне анализе постојећег решења ишло се у смеру смањења масе и смањења висине кућишта, односно ка смањењу висине на којој се налази улазно и излазно вратило. Ако је кућиште ниже има могућност разноврсне примене, и самим тим може да се прикључи на мању (нижу) погонску машину и могуће је боље кориговање висине на коју треба да се постави редуктор. Кућиште је израђено ливењем, а материјал од кога је кућиште израђено је ливено гвожђе.

Нови изглед кућишта је петоугаоног облика, приказан на сликама 11.10 и 11.11. На слици 11.10 а) приказана је предња страна кућишта, а на 11.10 б) задња страна кућишта.



Слика 11.10 Изглед кућишта петоугаоног облика: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта

На слици 11.11 дат је изометријски приказ модела петоугаоног кућишта редуктора, у погледу са леве и десне стране, где се може видети да су стопала скраћена и да се причвршћују за подлогу са по два завртња са обе стране. Отвори за фиксирање непокретног зупчаника (4) нису на истим позицијама.



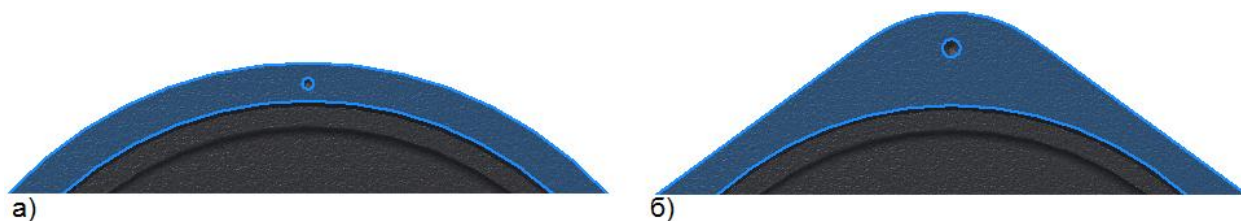
Слика 11.11 Изометријски приказ модела петоугаоног кућишта редуктора: а) са леве и б) десне стране

Као и код претходног и код овог решења се јасно види да није промењен унутрашњи изглед кућишта, тј остала је иста дебљина унутрашњих зидова, али се повећала маса на ободу јер је практично додат материјал у зонама на угловима петоугла, слика 11.12.



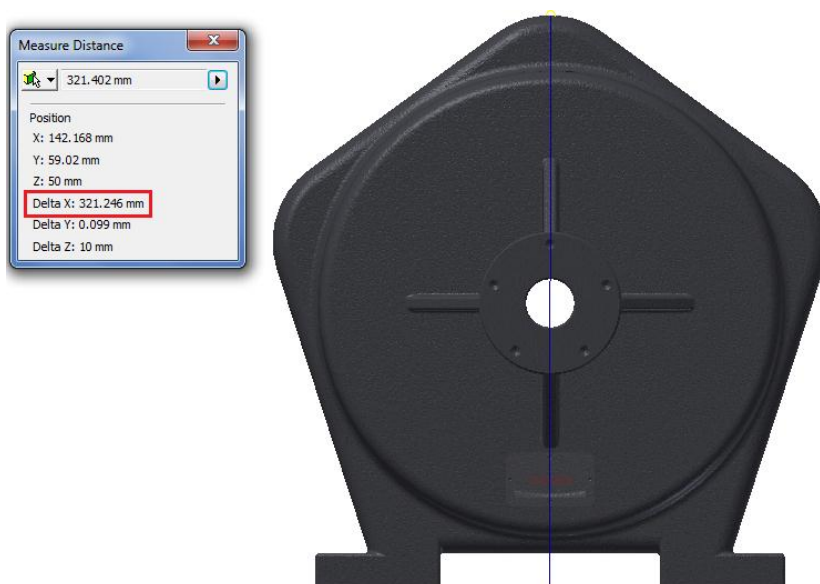
Слика 11.12 Унутрашњи изглед петоугаоног кућишта

На слици 10.13 а) је приказан обод постојећег кућишта, где се види дебљина зида која је упоређена са дебљином зида петоугаоног кућишта (слика 11.13 б)). Јасно се може уочити да дабљина зида петоугаоног кућишта није смањена, тако да конструкциони захтеви нису нарушени, већ је практично само додат материјал на ободу како би се добио петоугаони облик кућишта.



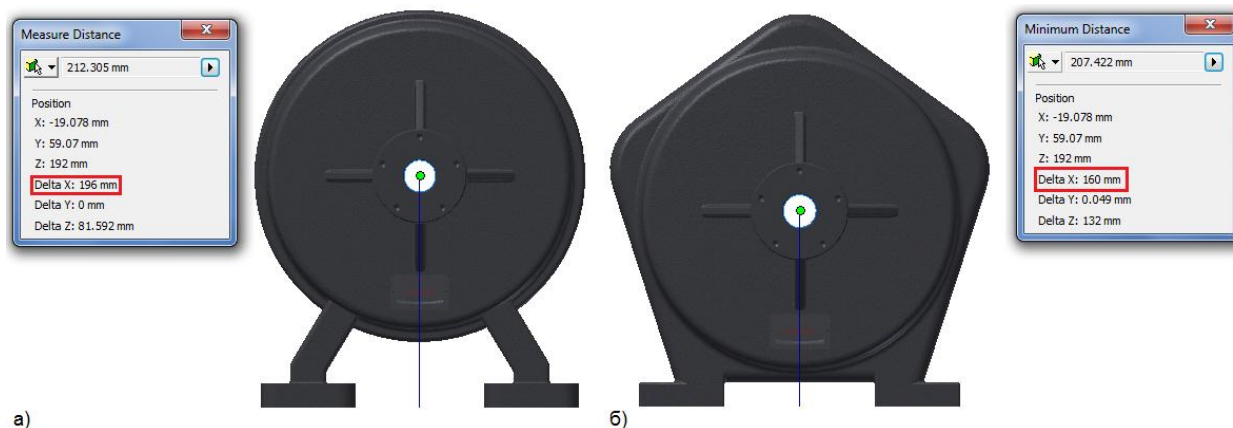
Слика 11.13 Облик обода: а) постојећег кућишта; б) петоугаоног кућишта

Прво је смањена висина кућишта. Висина постојећег решења је 336,685 mm, а висина петоугаоног кућишта је 321,246 mm што је приказано на слици 11.14. Висина новог решења је мања за 15,439 mm, што је остварено смањењем висине стопала и њиховим постављањем директно на доњи део кућишта.



Слика 11.14 Приказ висине кућишта редуктора петоугаоног облика

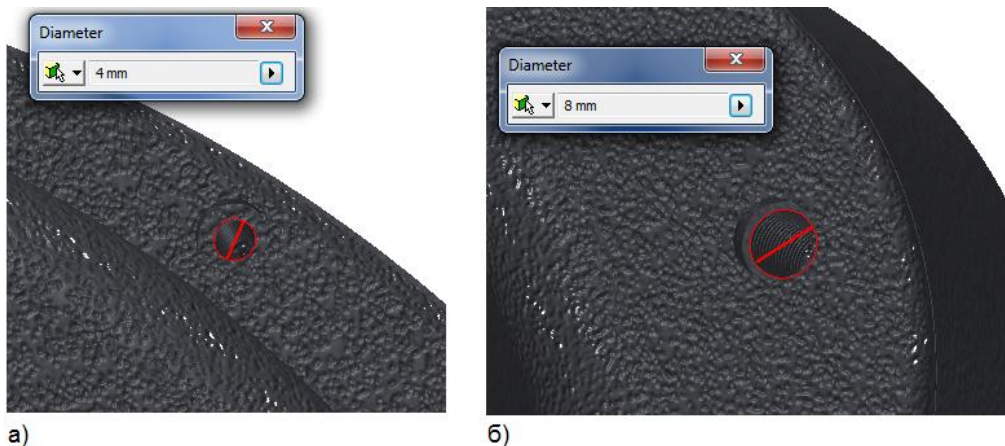
Такође су упоређене и висине на којима се налазе улазна и излазна вратила, како би се показала њихова минимална висина (слика 11.15). На слици 11.15 а) дата је висина вратила постојећег кућишта, при чему минимална висина износи 196 mm, а на слици 11.15 б) показано је да минимална висина улазног и излазног вратила петоугаоног кућишта износи 160 mm, што значи да је ова варијанта нижа за 36 mm од постојеће варијанте.



Слика 11.15 Подаци о висини вратила: а) постојећег кућишта; б) петоугаоног кућишта

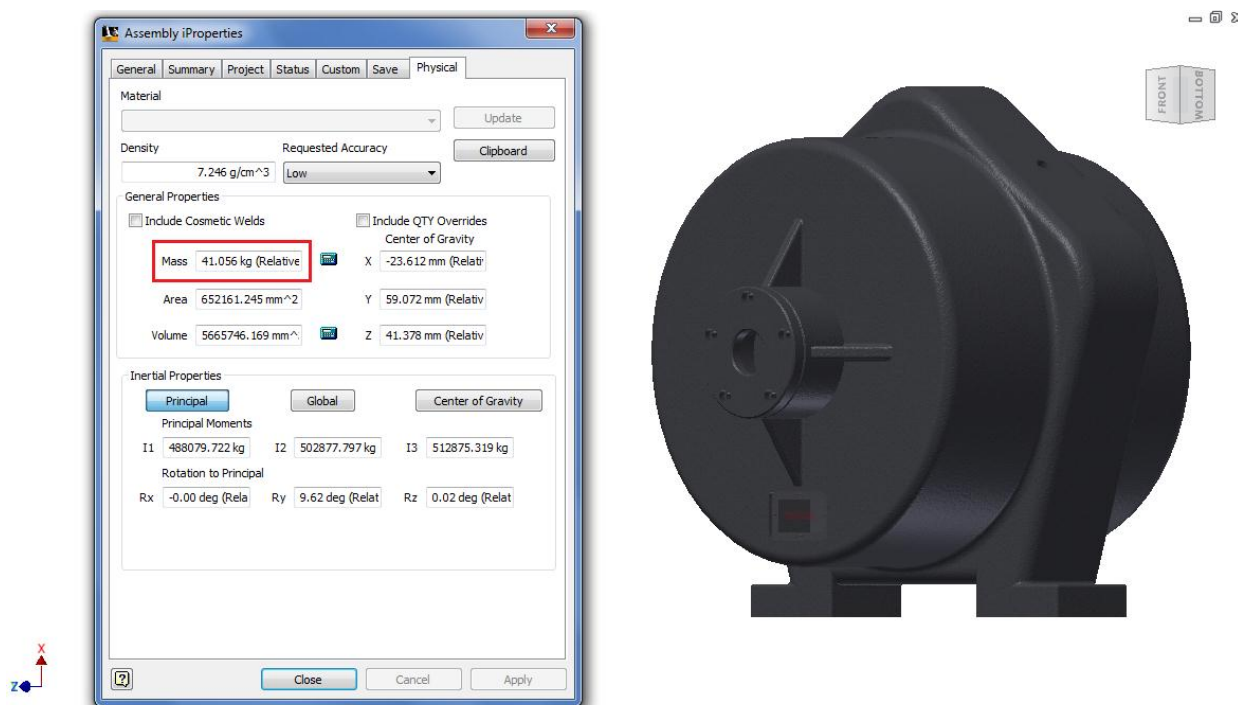
Петоугаони облик кућишта највише је имао утицаја на чврстоћу комплетног склопа. Због ове измене по ободу где се спајају поклопац кућишта и кућиште, веза се уместо са шест завртања у овој варијанти врши са пет. Из тог разлога може се

видети и разлика у пречнику отвора за вијке. На слици 11.16 а) приказан је отвор на ободу постојећег кућишта чији пречник износи 4 mm, док је б) отвор на петоугаоном кућишту дупло већег пречника и износи 8 mm, што даје чвршћу везу делова кућишта.



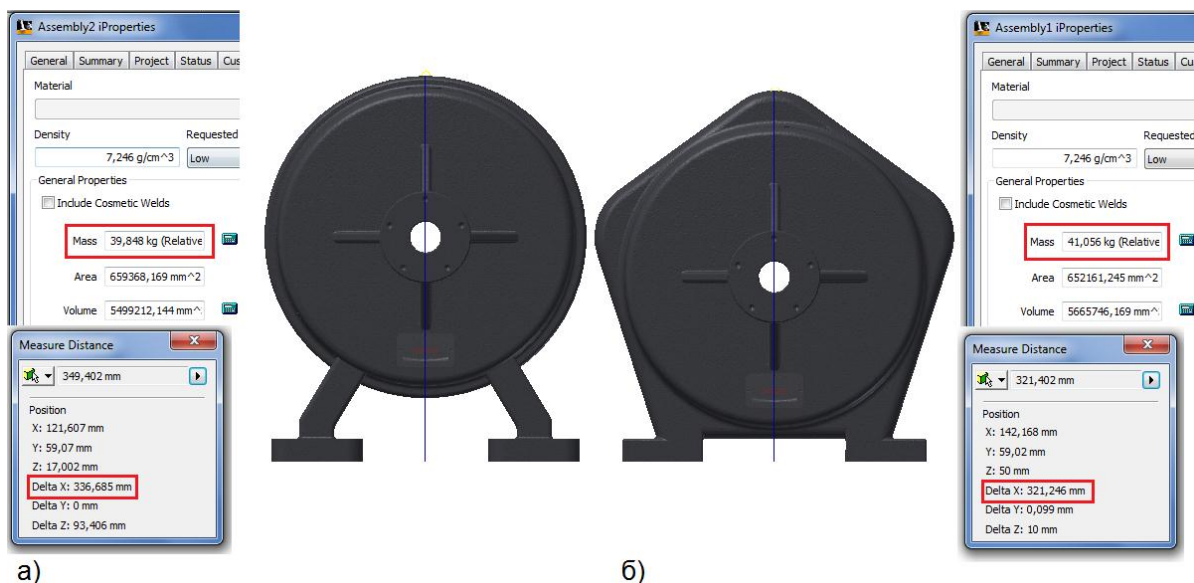
Слика 11.16 Отвор на ободу: а) постојећег кућишта и б) петоугаоног кућишта

Маса петоугаоног кућишта износи 41,056 kg, што је приказано на слици 11.17. То значи да је петоугаоно кућиште знатно добило на маси, која је већа за 1,208 kg од масе постојећег, и то је један од главних разлога због кога је моделирано друго решење.



Слика 11.17 Подаци о маси новог решења кућишта редуктора петоугаоног облика

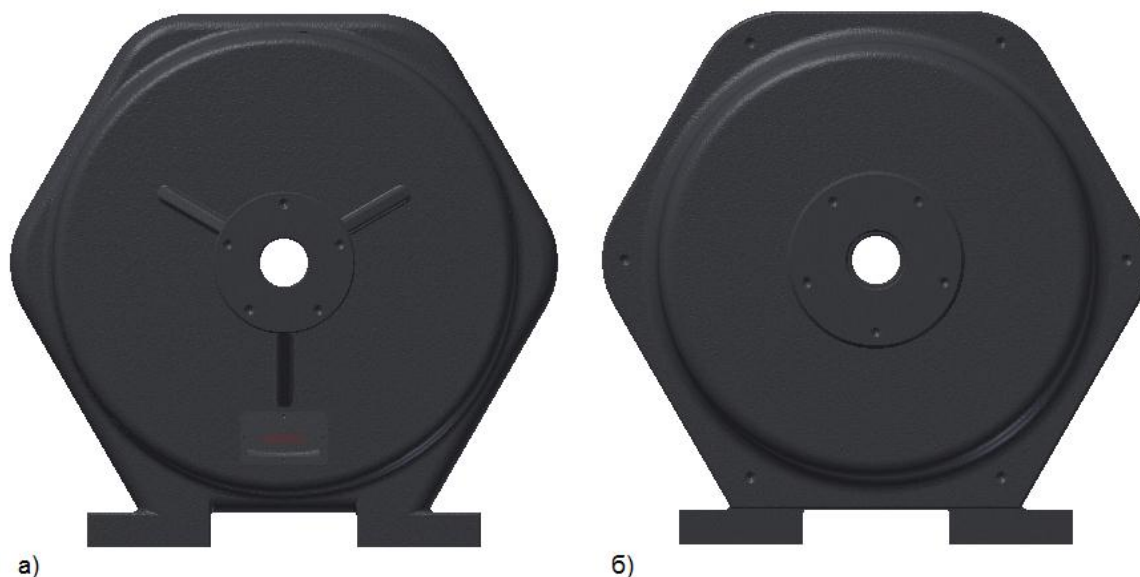
Упореджени су резултати постојећег и петоугаоног кућишта, слика 11.18. Висина и маса петоугаоног кућишта су се промениле у односу на постојеће решење. Тачније, разлика висине петоугаоног и постојећег решења је 15,439 mm у корист петоугаоног кућишта. За разлику од уштеде у висини, маса постојећег решења је мања од масе петоугаоног кућишта. Резултат показује да петоугаоно кућиште има већу масу у односу на масу постојећег решења и то за 1,208 kg, што показује да ово решење није најбоље јер се није постигло велико смањење висине, а добило се на маси.



Слика 11.18 Подаци о висини и маси кућишта: а) постојећег решења; б) новог решења петоугаоног облика

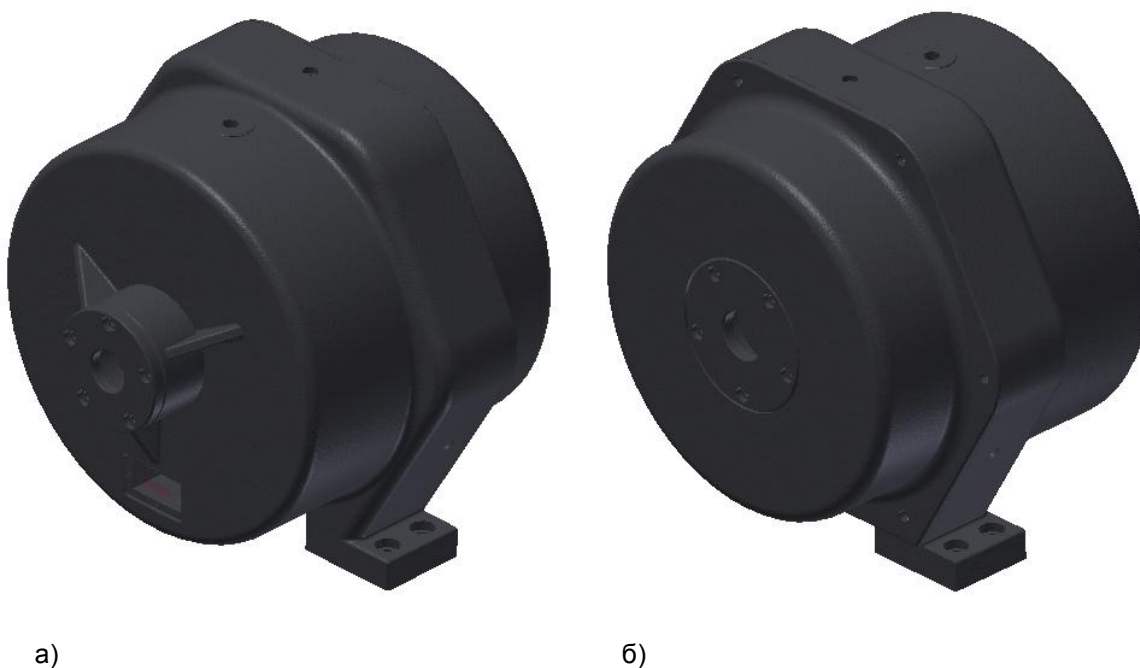
11.3. Шестоугаоно кућиште - треће решење

У трећем решењу промењен је облик обода кућишта у шестоугао, слика 11.19. Промена је извршена из естетских и ергономских разлога. Ова верзија кућишта није била најбоља зато што су бочни углови чинили да кућиште изгледа доста габаритније. Поред те измене са предње стране је смањен број ребара, са 4 ребра на 3 ребра (слика 11.19 а)).



Слика 11.19 Изглед кућишта шестоугаоног облика: а) предња страна кућишта; б) задња страна кућишта

На слици 11.20 је дат изометријски приказ модела шестоугаоног кућишта редуктора, у погледу са леве и са десне стране. Положаји отвора за фиксирање непокретног зупчаника (4) нису на истим позицијама што је последица измене облика обода.



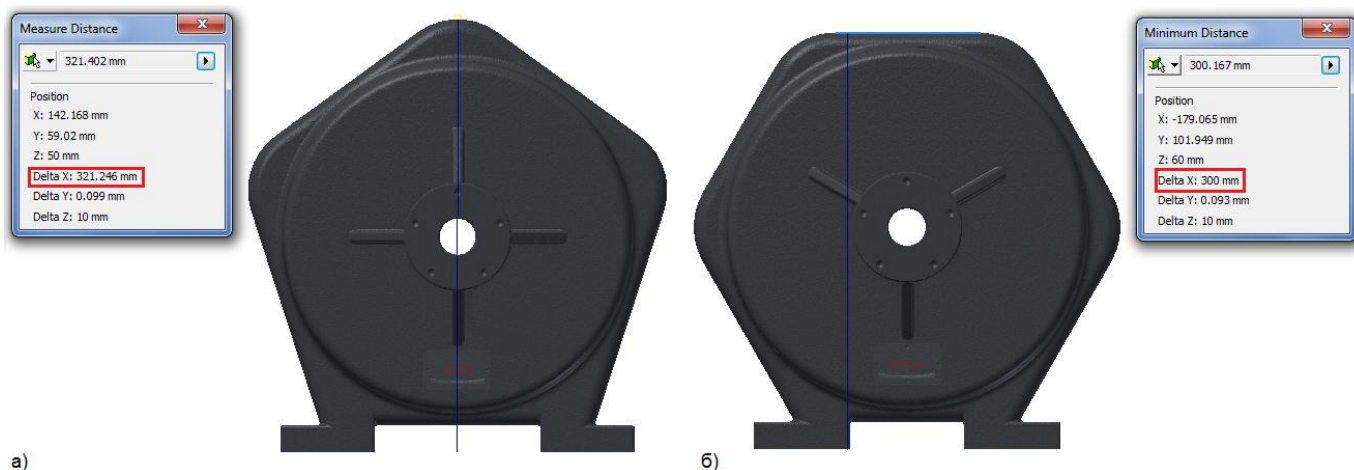
Слика 11.20 Изометријски приказ модела шестоугаоног облика кућишта редуктора: а) са леве и б) са десне стране

Као и код осталих решења, и код шестоугаоног кућишта је исти унутрашњи изглед, само је промењен облик обода, слика 11.21. Због повећања масе код петоугаоног кућишта, повећан је број углова да би се олакшала конструкција.



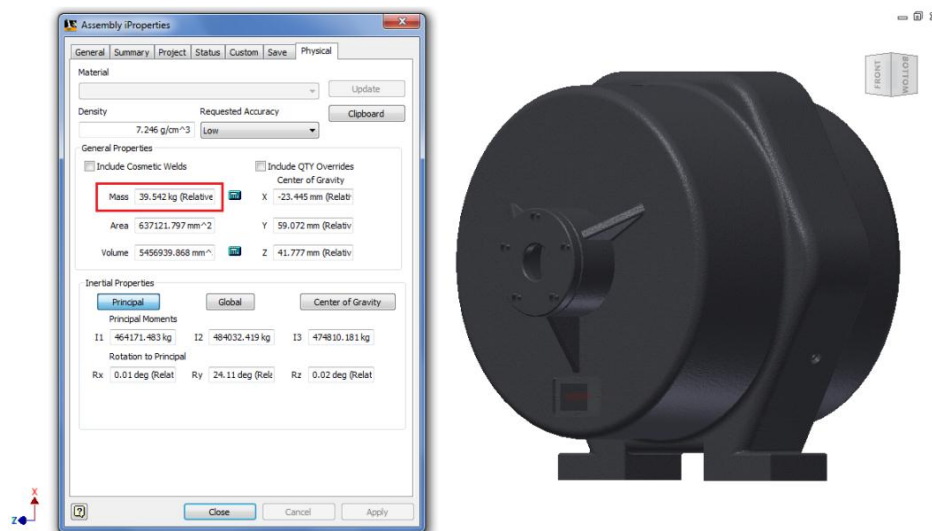
Слика 11.21 Унутрашњи изглед шестоугаоног кућишта

Разлика у висини доста је повећана, слика 11.22. Висина новог решења је 300 mm, и ниже је 21,246 mm од петоугаоног кућишта. Висина улазног и излазног вратила је остала иста, јер је промењен само облик обода.



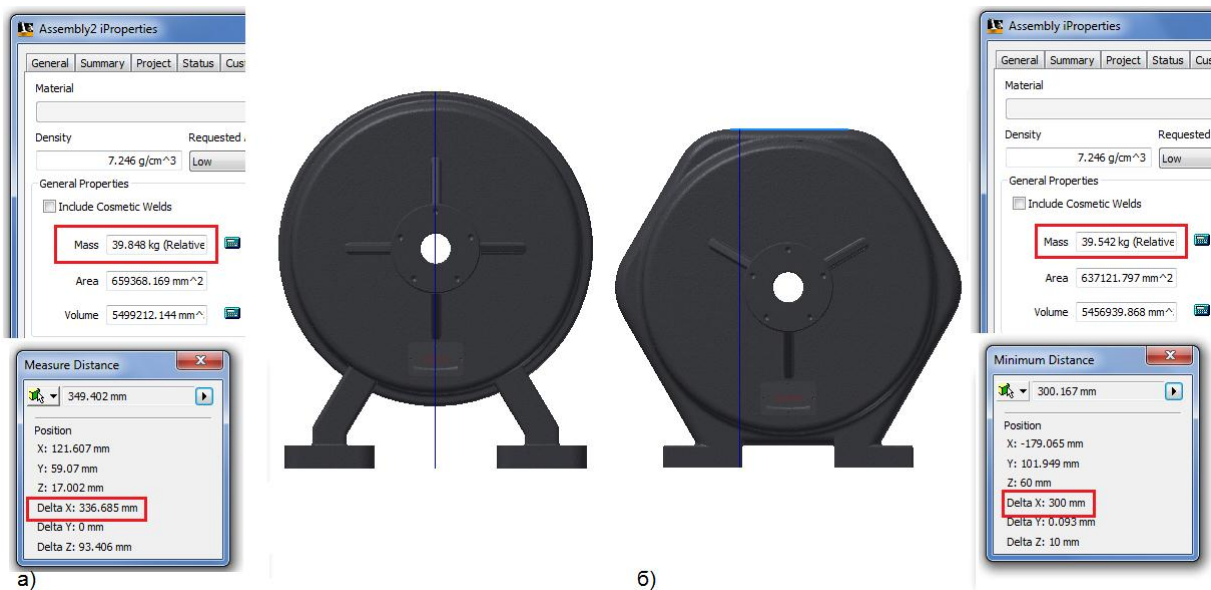
Слика 11.22 Подаци о висини: а) петоугаоног кућишта; б) шестоугаоног кућишта

Смањена је и маса одстрањивањем једног ребра у односу на петоугаоно кућиште. Шестоугаоно кућиште изгледа чвршће и робусније иако има мању масу, слика 11.23. Маса шестоугаоног кућишта износи 39,542 kg.



Слика 11.23 Подаци о маси шестоугаоног облика кућишта

У односу на постојеће решење висина и маса су се промениле. Упоредни приказ резултата дат је на слици 11.24. На основу добијених података запажа се да је висина постојећег решења, у односу на висину шестоугаоног кућишта, које је високо свега 300 mm, већа за 36,685 mm. Ове модификације су се одразиле и на масу, али то је практично занемарљиво јер је уштеда на маси код шестоугаоног кућишта свега 0,306 kg, што и није значајно побољшање.

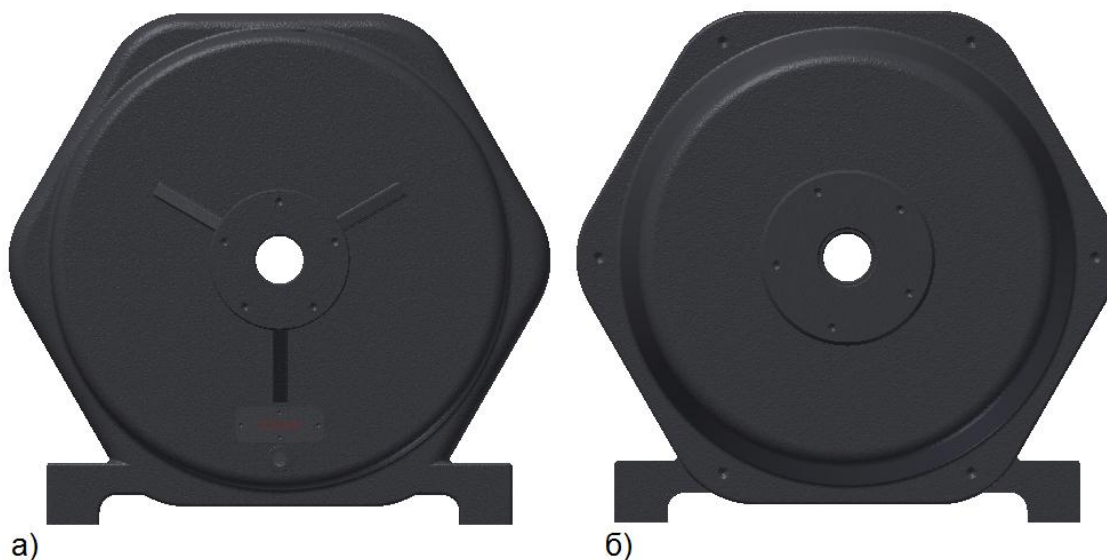


Слика 11.24 Приказ резултата: а) постојећег решења; б) шестоугаоног облика кућишта

11.4. Измењено шестоугаоно кућиште - четврто решење

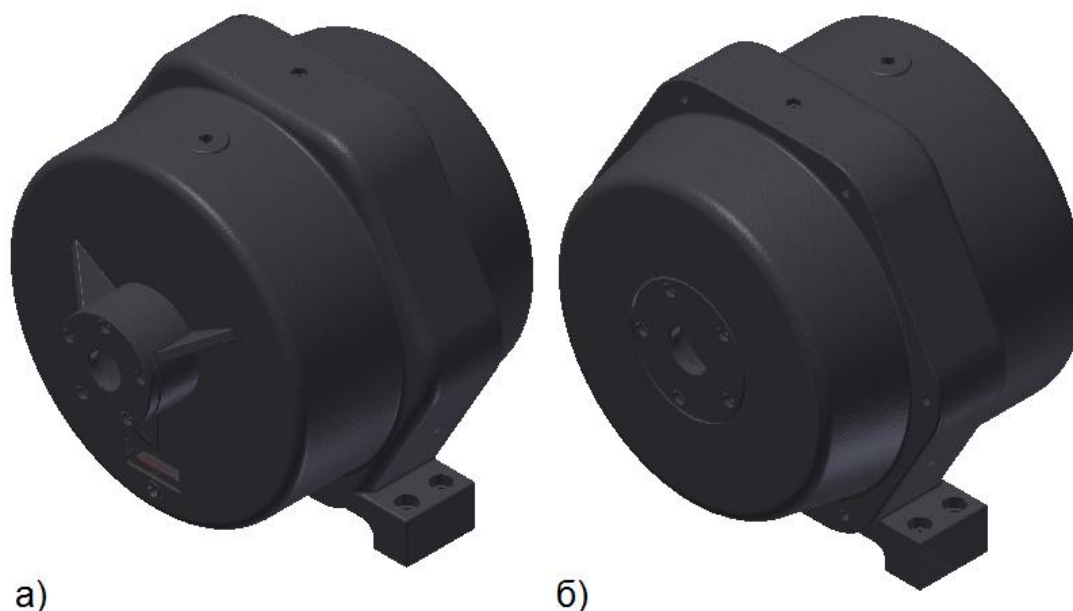
Пошто ни код једног од решења није остварено значајно смањење висине и масе кућишта, креирано је и четврто решење код кога је задржан облик шестоугла због лепог и интересантног изгледа, а постигнут је део дефинисаних циљева, који су се односили на задовољавање визуелног аспекта као и на смањивање масе и висине кућишта.

На слици 11.25 је приказана предња и задња страна шестоугаоног кућишта где се може уочити да су се урађене измене највише одразиле на стопала кућишта.



Слика 11.25 Изглед измењеног кућишта шестоугаоног облика: а) предња страна кућишта;
б) задња страна кућишта

На слици 11.26 је дат изометријски приказ модела измењеног шестоугаоног кућишта редуктора, у погледу са леве и са десне стране. На основу ових слика може се видети да су отвори за фиксирање непокретног зупчаника (4) као и отвори на стопалима остали на истим позицијама као и код претходног решења.



Слика 11.26 Изометријски приказ модела измењеног шестоугаоног кућишта редуктора: а) поглед са леве и б) поглед са десне стране

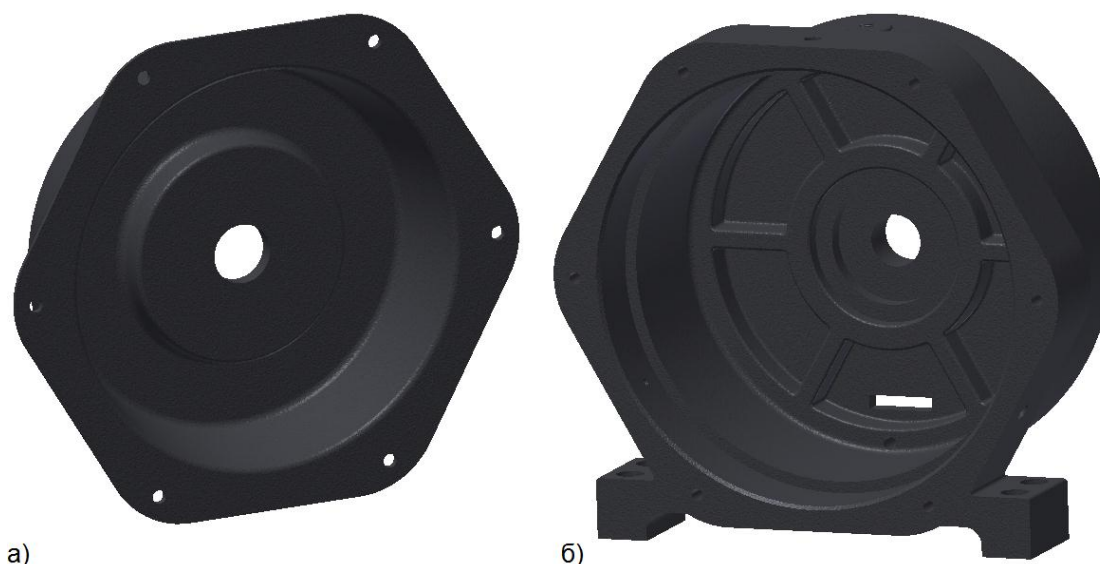
На слици 11.27 приказан је изглед кућишта са бочне стране. На овом приказу може се уочити да је извршена додатна измена на поклопцу кућишта, односно да је поклопац кућишта конусног облика са нагибом од 10° , што је са технолошког аспекта боље решење.



Слика 11.27 Бочна страна измењеног шестоугаоног кућишта

Ова верзија измењеног шестоугаоног кућишта задржала је идентичан облик обода, али је унутрашњи изглед кућишта измењен. Најзначајније измене су

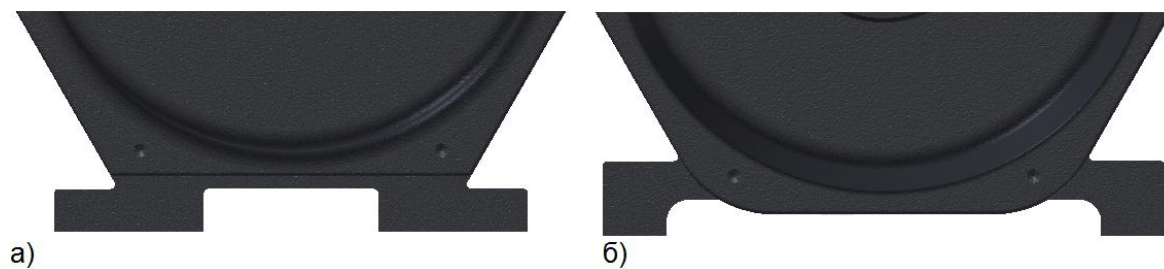
олакшања, како самог кућишта тако и поклопца, слика 11.28. На кућишту се може уочити 6 олакшања. Овом модификацијом је практично постигнут највећи напредак по питању масе, а њиме кућиште није изгубило на чврстоћи. Управо да се не би нарушила чврстоћа кућишта изабран је овакв тип олакшања, тј ребра унутар кућишта имају ту улогу обезбеђења чврстоће. С обзиром на то да је и на поклопцу постојало простора за унапређење и поклопац је редизајниран, односно и он је олакшан до те мере да не може да има никаквог негативног утицаја на чврстоћу целог склопа и његовог правилног функционисања.



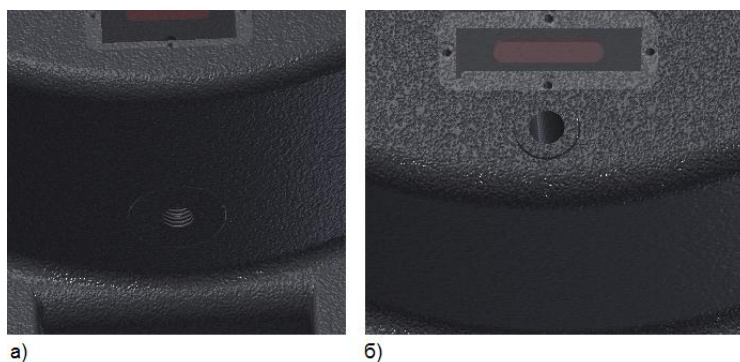
Слика 11.28 Унутрашњи изглед измењеног шестоугаоног кућишта

Приликом модификовања и унапређивања кућишта водило се рачуна и да се испоштује захтев да склоп буде једноставан за монтажу, одржавање и сервисирање. Управо да би се задовољио овај аспект кућиште има правилан шестоугаони облик, а такође је и поклопац кућишта идентичног облика (слика 11.28), тако да приликом постављања поклопца кућишта није потребно водити рачуна о томе да ли је нека од ивица дужа или краћа и како се тачно позиционира поклопац. Довољно је само позиционирати отвор поклопца на отвор кућишта и помоћу завртања саставити компоненте, без бојазни да ће се поклопац кућишта неправилно позиционирати.

Смањена је укупна висина, као и висина улазног и излазног вратила. То је такође постигнуто и смањењем висине стопала на минимум (слика 11.29), која су сада практично у равни доњег дела кућишта, због чега је чеп за испуштање прерађеног уља морао да се премести на предњу страну, односно испод отвора са стакленим поклопцем за мерење нивоа уља, што је приказано на слици 11.30.

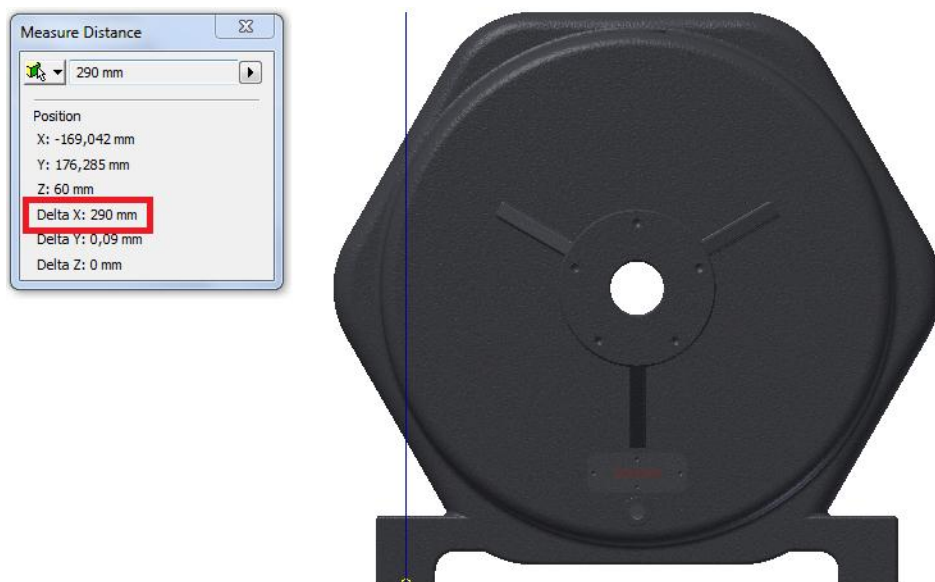


Слика 11.29 Положај стопала: а) шестоугаоног кућишта; б) измењеног шестоугаоног кућишта



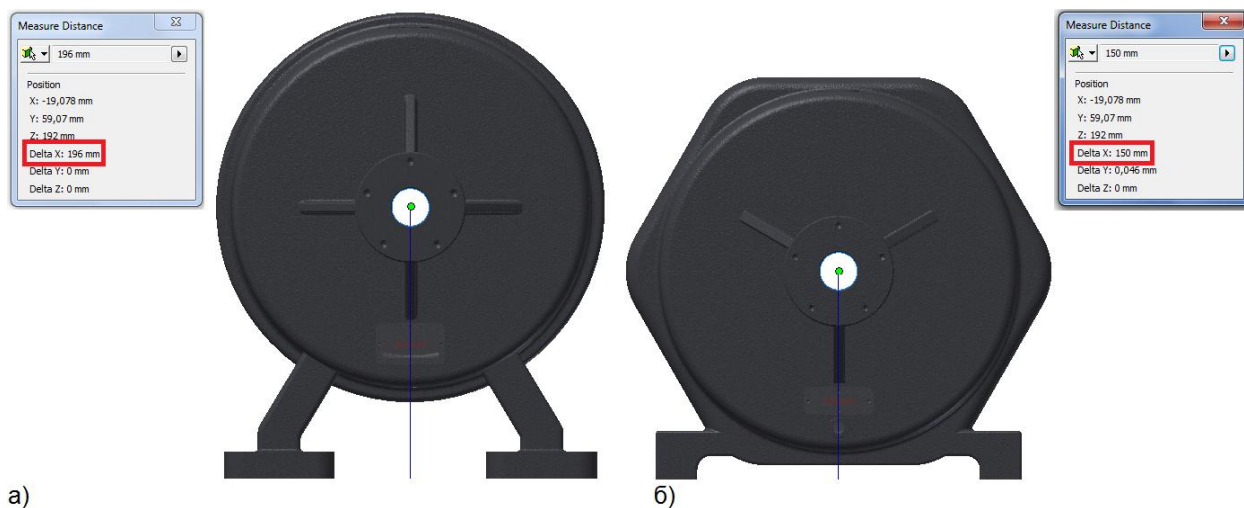
Слика 11.30 Приказ положаја чепа: а) на шестоугаоном кућишту; б) на измењеном шестоугаоном кућишту

Висина измењеног шестоугаоног кућишта износи 290 mm (слика 11.31), што је за 10 mm ниже од претходног решења (слика 11.22 б)).



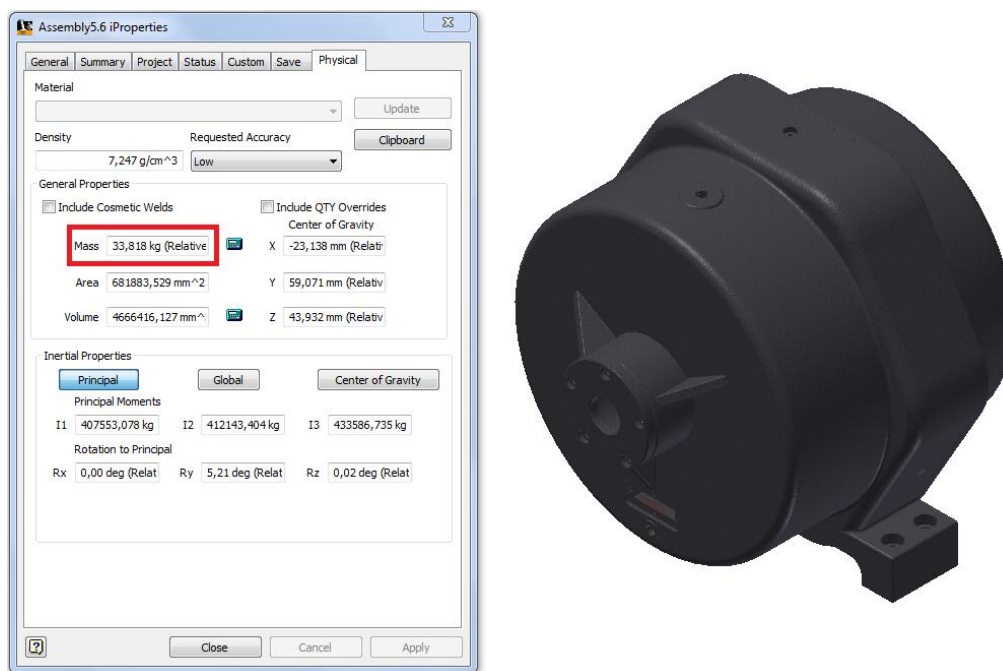
Слика 11.31 Подаци о висини измењеног шестоугаоног кућишта

Упоредјене су висине вратила, слика 11.32, што показује да ново решење има знатно мању минималну висину улазног и излазног вратила, која износи 150 mm, и то је 46 mm ниже у односу на постојеће кућиште.



Слика 11.32 Подаци о висини вратила: а) постојећег кућишта; б) измењеног шестоугаоног кућишта

Маса измењеног шестоугаоног кућишта је 33,818 kg, слика 11.33.

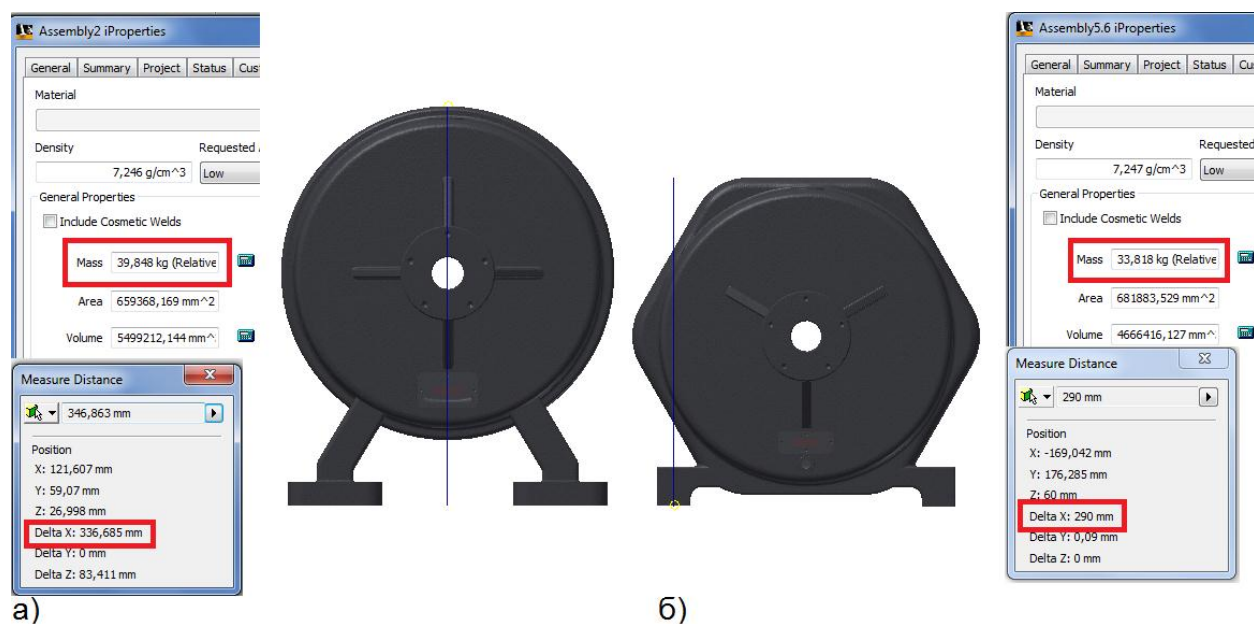


Слика 11.33 Приказ прорачунате вредности масе измењеног шестоугаоног кућишта

У односу на постојеће решење висина и маса су промењени. Упоредивање резултата приказано је на слици 11.34, где је а) постојеће решење са приказаним резултатима, б) је ново измењено решење шестоугаоног кућишта са резултатима.

Како висина постојећег решења кућишта износи 336,685 mm, а висина измењеног шестоугаоног кућишта је 290 mm, долази се до резултата да је ново измењено решење шестоугаоног кућишта ниже од постојећег за 46,685 mm.

Маса постојећег решења кућишта је 39,848 kg, а маса измењеног шестоугаоног кућишта је 33,818 kg. Резултат показује да измењено шестоугаоно кућиште има мању масу у односу на постојеће решење за 6,030 kg.



Слика 11.34 Подаци о висини и маси: а) постојећег решење; б) измењеног шестоугаоног облика кућишта

У односу на постојеће решење постигнуто је побољшање, како са аспекта смањења висине, тако и са аспекта смањења масе.

Како би се оценило унапређење постојећег решења, све модификације су приказане у табели 11.1 и упоређене са полазним решењем. Свака од модификација поређена је са постојећим решењем према неколико критеријума. Критеријуми су дефинисали смернице у којима ће се развијати модификације додајући на то и битан значај визуелног аспекта.

Табела 11.1 Упоредне вредности висина и маса варијантних решења кућишта редуктора

	Висина / mm		Минимална висина вратила / mm		Маса / kg	
	Измерена висина	Разлика у односу на постојеће	Измерена висина	Разлика у односу на постојеће	Измерена маса	Разлика у односу на постојеће
Постојеће решење	336,685	/	196,000	/	39,848	/
Валовито кућиште	340,680	3,995	196,000	0,000	40,847	0,999
Петоугаоно кућиште	321,246	-15,439	160,000	-36,000	41,056	1,208
Шестоугаоно кућиште	300,000	-36,685	160,000	-36,000	39,542	-0,306
Измењено шестоугаоно кућиште	290,000	-46,685	150,000	-46,000	33,818	-6,03

На основу резултата добијених поређењем по критеријумима, као што су: маса кућишта, висина кућишта и минимална висина вратила, може се јасно видети да је са сваким следећим решењем урађен изванредан напредак, или у погледу модификације димензија или у погледу смањења масе.

На основу приказаних резултата може се закључити да се највећа модификација односи на минималну висину вратила код измењеног шестоугаоног кућишта и то за око 25% у односу на постојеће решење. Осим овог аспекта задовољени су и други. На основу табеле 11.1 може се видети и то да је решење након последње измене у односу на постојеће решење ниже за око 15%. Као најбитније побољшање, односно напредак може се сматрати да је постигнуто у циљу смањења масе, тачније маса кућишта је смањена за око 16%.

Главни циљ рада је био адаптирање и унифицирање једног постојећег решења планетарног преносника са циљем могућности примене већ постојећег, мало модификованог, решења на што је више могуће радних машина.

Поредећи постојеће решење са решењем по извршеној првој модификацији на основу табеле 11.1 се јасно види да у погледу побољшања техничких карактеристика нема значајних резултата, док је са друге стране визуелни аспект у великој мери учинио измењено решење далеко занимљивијим и естетски лепшим. С обзиром на све то ово решење није даље разматрано.

Модификовање другог решења се одвијало, на основу додатне детаљне анализе постојећег решења, и ишло се у смеру смањења масе и смањењу висине кућишта, а такође и смањењу висине на којој се налази улазно и излазно вратило, односно у смеру унапређења техничких карактеристика. Као што је и приказао у табели 11.1 овај смер у коме је извршена модификација показао се као добар и приметан је помак у циљу унапређења техничких карактеристика, а исто тако није запостављен ни визуелни аспект.

С обзиром на то да је постигнут извештан напредак са претходним решењем, даље модификовање настављено је избором шестоугаоног решења. Судећи по резултатима приказаним у табели 11.1 може се уочити прогресивни напредак техничких карактеристика кућишта редуктора односно да је трећим решењем, код кога је практично промењен обод кућишта, разлика у висини доста повећана, а примењен је и помак у смањењу масе кућишта.

Последња модификација урађена је у складу са претходне две и постигнуте су значајне уштеде материјала, а такође унапређење техничких карактеристика. Ово решење је задржало облик шестоугла, због лепог и интересантног изгледа, а тиме је постигнут и други део зацртаних циљева који су се односили на задовољавање визуелног аспекта.

Визуелни приказ кућишта редуктора моделираног у софтверском пакету *Autodesk Inventor 2013*, приказан је на слици 11.35.



Слика 11.35 Визуелни приказ кућишта редуктора

12. Закључак

Овим радом је указано на значај планетарног редуктора, као веома сложеног индустријског механизма за широку употребу, који је временом постао практично незаменљив. Његова значајна улога не би могла бити исправно извршавана да тај комплетан механизам није спакован у адекватно кућиште, које му пружа стабилност и потребне услове за правилно и несметано функционисање.

Статична и споредна улога кућишта никако се не сме ставити у други план приликом развоја и пројектовања новог кућишта. Његова улога је веома битна карика за поуздан и дуг радни век планетарног редуктора.

У складу са светским тенденцијама да се уштеди где год је могуће, у овом раду је приказано унапређење једног постојећег кућишта редуктора, које је кроз неколико модификација дошло до финалне верзије чије су карактеристике побољшане у односу на постојеће решење. Осим уштеде материјала и редуковања димензија, велика пажња приликом редизајна овог кућишта посвећена је и визуелном аспект. Сва приказана решења се по свом облику издвајају од традиционалних ваљкастих и правоугаоних облика, који су се практично утемељили у процес настанка и развитака редуктора.

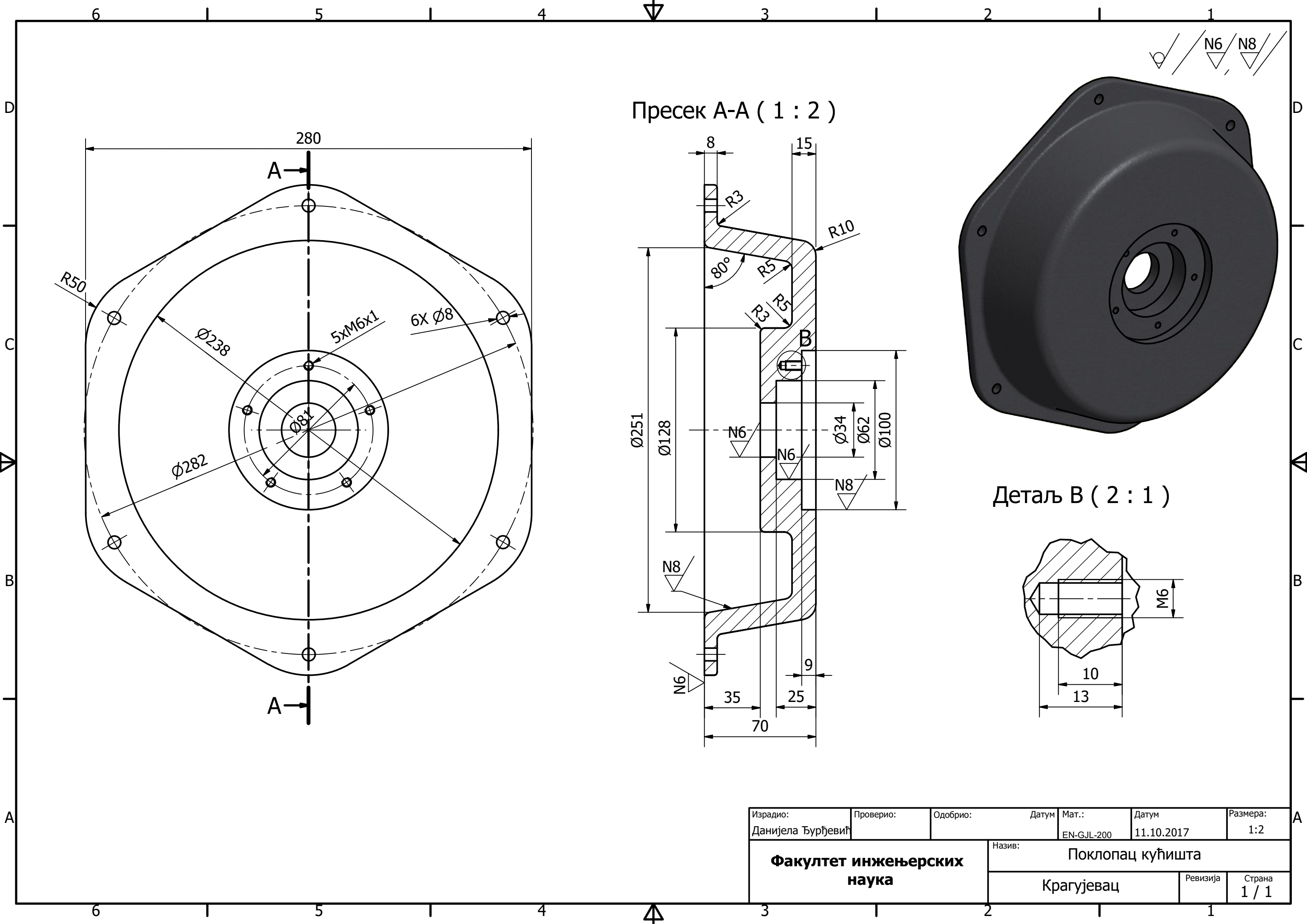
Последње решење које је и одабрано за коначно, модификовано је са циљем да се унапреде техничке карактеристике постојећег решења као и да се производ учини модернијим, допадљивијим и што је најбитније функционаланијим.

Све ово је постигнуто кроз неколико модификација постојећег решења кућишта редуктора, у софтверском пакету *Autodesk Inventor 2013*, водећи се стручном литературом и стеченим знањима.

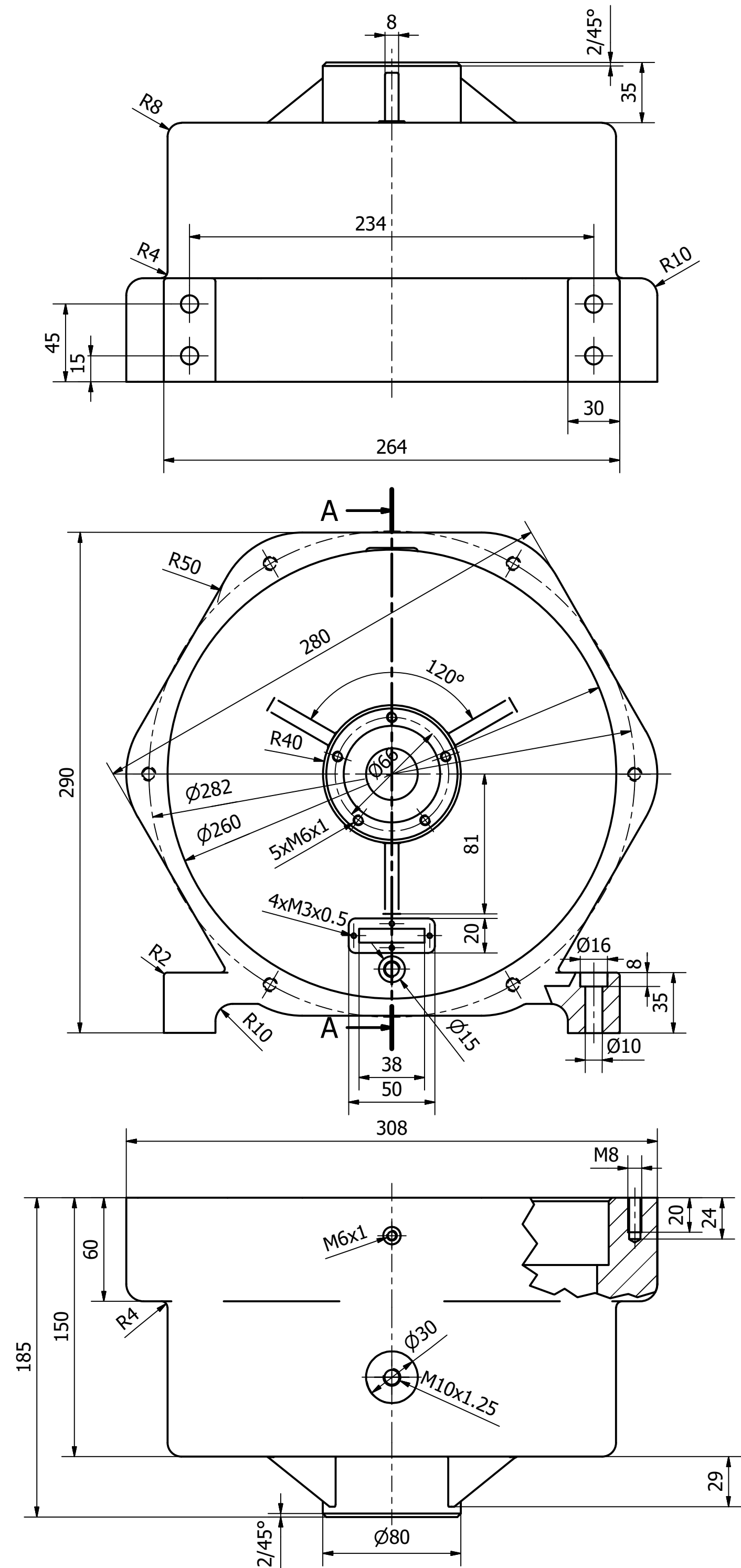
На основу резултата добијених код коначног решења кућишта може се закључити да је задовољен велики број, како техничких тако и критеријума који су се односили на визуелни аспект кућишта. Постојеће решење је после неколико измена унапређено до те мере да га је могуће стандардизовати и применити и код погонских машина са знатно нижом позицијом излазног вратила. Тиме је испуњен и захтев да дизајн и функционалне карактеристике овог производа омогуће његову разноврсну индустријску примену.

Литература

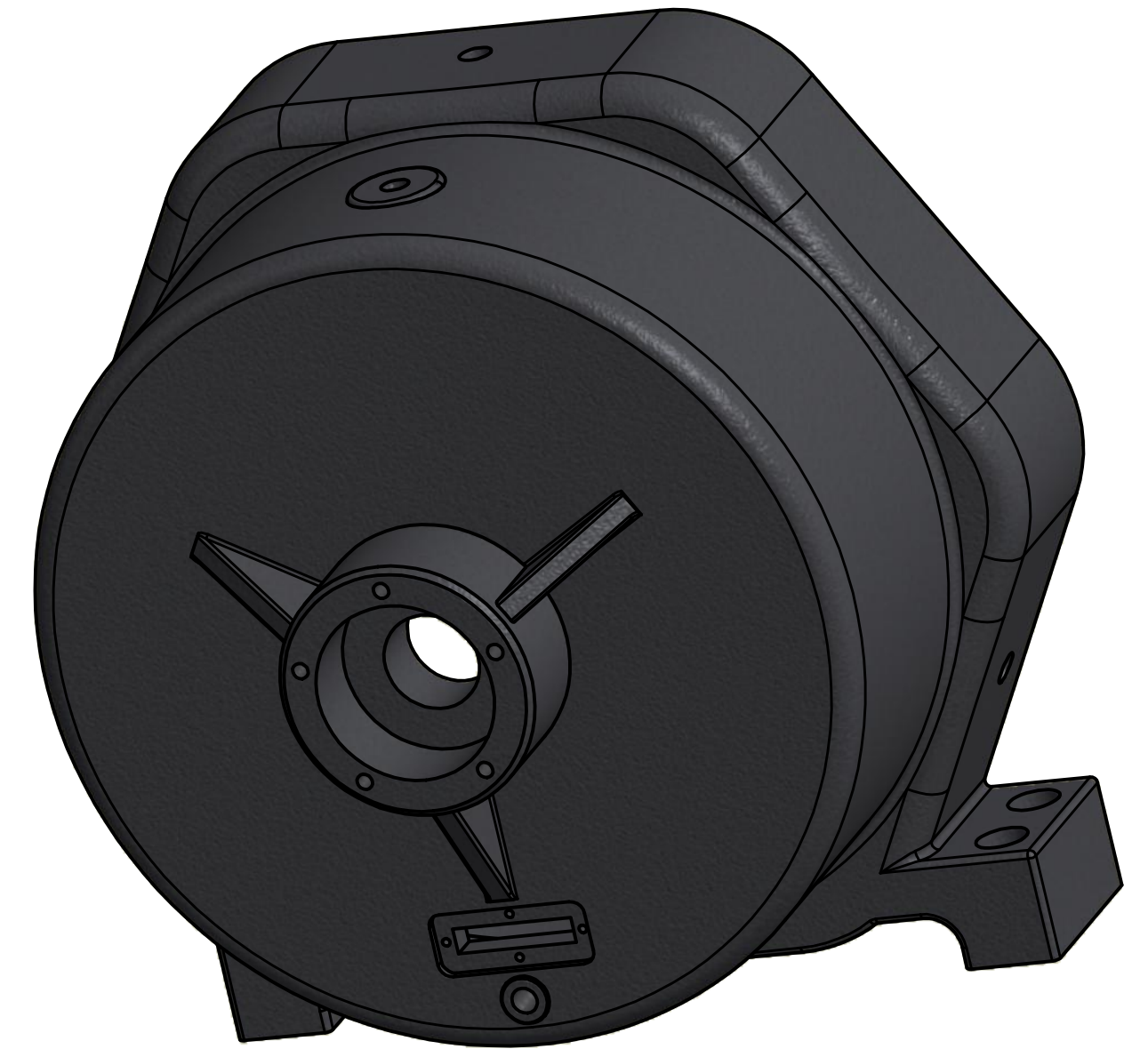
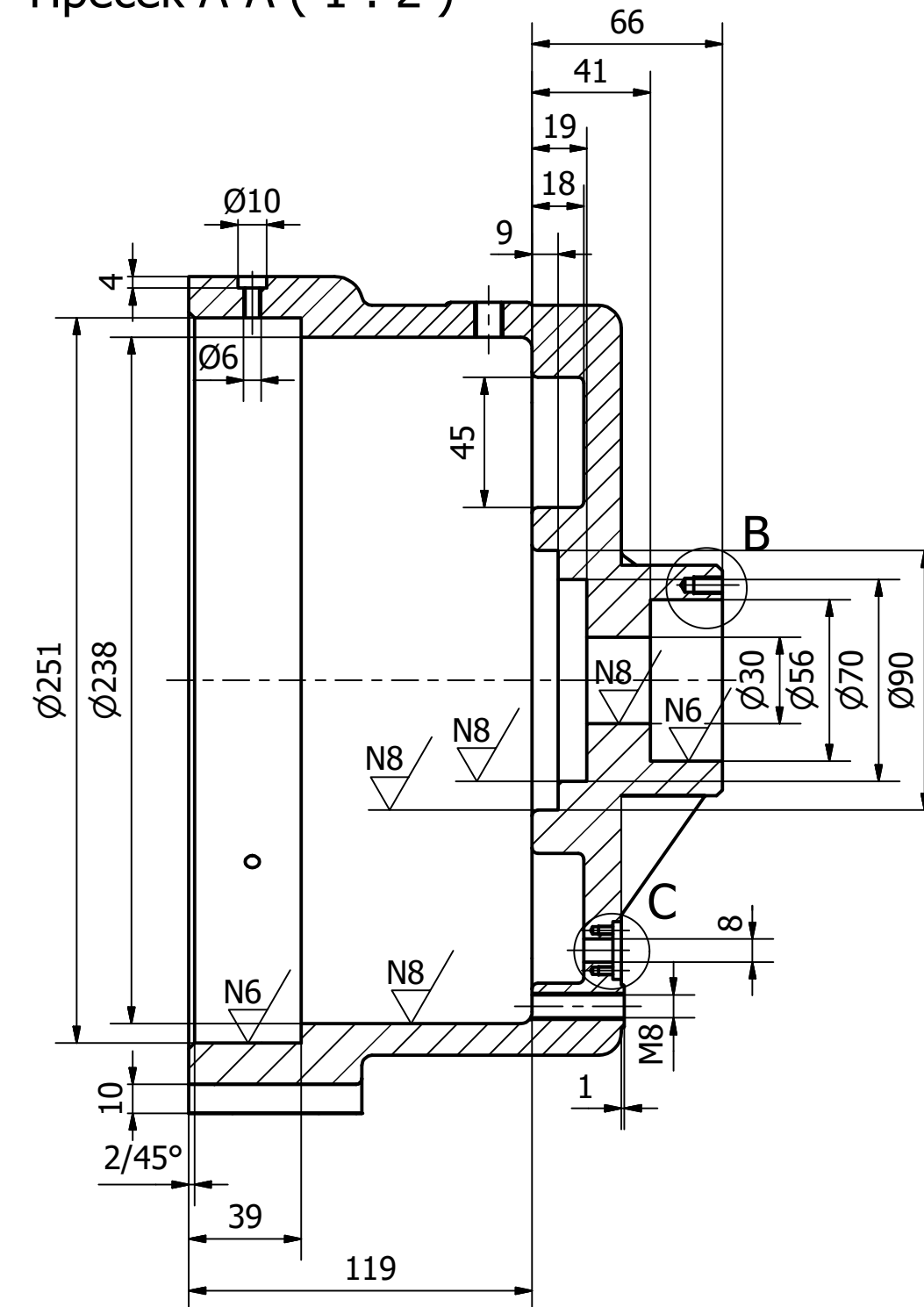
- [1] Светислав Р. Јовичић: Основи конструисања, Крагујевац, 2002.
- [2] Каталог италијанског произвођача планетарних редуктора "*Brevini*", 2005.
- [3] Скрипта, симулација и симулациони системи, рачунарске симулације, Универзитет у Београду, 2007.
- [4] Милан Д. Трбојевић, Момчило Р. Јанковић, Јово Вугделија, Слободан Ивковић, Војислав Латиновић: Редуктори, Београд, 1984.
- [5] Јован Н. Јевтић: Редуктори, Прорачун и конструкције, Београд, 1976.
- [6] Слободан Танасијевић, Александар Вулић: Механички преносници, Планетарни преносници, варијатори, Крагујевац, 2006.
- [7] Лозица Ивановић, Синиша Кузмановић, Мирослав Вереш, Милан Рацков, Биљана Марковић, Индустијски дизајн, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ISBN 978-86-6335-017-5, Крагујевац, 2015.
- [8] www.voith.com, приступљено 31.01.2017.
- [9] www.sikorskyarchives.com, приступљено 31.01.2017.
- [10] www.tgmvoicesabia.com.br, приступљено 31.01.2017.
- [11] www.zwgearbox.com, приступљено 31.01.2017.
- [12] www.bike.shimano.com, приступљено 31.01.2017.
- [13] Данијела Ђурђевић, Пројектни задатак из предмета Механички преносници 2, Крагујевац, 2013.



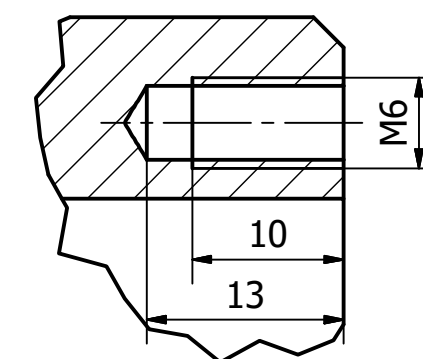
Изradio:	Проверио:	Одобрио:	Датум	Мат.:	Датум	Размера:
Данијела Ђурђевић				EN-GJL-200	11.10.2017	1:2
Факултет инжењерских наука			Назив: Поклопац кућишта			
			Крагујевац		Ревизија	Страна 1 / 1



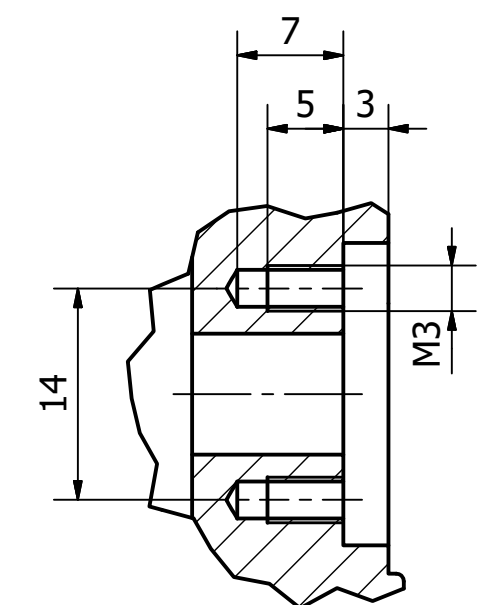
Пресек А-А (1 : 2)



Деталь В (2: 1)



Деталь С (2: 1)



Израдио:	Проверио:	Одобрио:	Датум	Мат.:	Датум	Размера:
Данијела Ђурђевић				EN-GJL-200	11.10.2017	1:2
Факултет инжењерских наука			Назив:			
			Кућиште			
			Крагујевац		Ревизија	Страна
						1 / 1