

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Механички преносници

Број индекса: 61/2015

Милан Р. Рајковић

Прорачун и конструкција зупчасто- каишног редуктора симулатора волана

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Блажа Стојановић, ванр. проф. – ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- изврши избор и прорачун зупчасто-каишног преносника симулатора волана,
- конструише и прорачуна зупчасто-каишни редуктор,
- да опис и карактеристике одговарајуће машине

Препоручена литература:

[1] Стојановић Б., Благојевић М: *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.

[2] Танасијевић С.: *Механички преносници*, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1994.

[3] Николић В.: *Машински елементи*, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.

Крагујевац, Септембар 2019.

Ментор:

Др Блажа Стојановић, ванр. проф.

Садржај

Summary	5
Резиме	5
1. Увод.....	6
2. Каишни преносници	9
3. Зупчasto-каишни преносници	13
3.1 Историја зупчастих каишних преносника.....	13
3.2 Делови зупчaстог каиша.....	15
3.3 Подела зупчастих каишева	16
3.4 Основне карактеристике зупчастих каишева.....	19
3.5 Примери профила зупчастих каишева.....	20
3.6 Спајање отвореног каиша	21
4. Симулатор волана	23
5. Прорачун код преносника базе волана	26
6. Закључак	32
7. Литература.....	33

Summary

The subject of this thesis is to show how timing belts works. The paper will present the historical development of belt drives as well as the general characteristics of belt drives, the reasons why belt drives are extremely useful and represented in the industry, the characteristics and the division of timing belts and some of the modern solutions of special timing belts. The forms were adjusted for budget and empirically verified in practice. Based on the conditions set by the concrete example, the calculation and design of the 3D assembly of the transmission system used will be done. On this occasion, computer technology will be used through the application of the "SolidWorks" program.

Keywords: timing belt, timing gear, belts connectors

Резиме

За тему овог рада задати су зупчasto каишни преносници. Завршни рад обухвата историјски осврт и опште карактеристике каишних преносника. Њихову коришћеност и заступљеност у индустрији, поделе и карактеристике, као и нека од савремених решења зупчasto каишних преносника. Обрасци су прилагођени за прорачун и емпиријски су проверени у пракси. На основу услова задатих конкретним примером симулатора волана обавиће се прорачун и пројектовање 3D склопа преносног система код датог симулатора волана. При изради 3D модела користиће се апликативни компјутерски “SolidWorks” програм.

Кључне речи: каишни преносник, зупчасти каиш, каишне спојнице

1. Увод

Погонски системи имају веома значајну улогу у машинској индустрији. Захваљујући веома обимним истраживањима и искуствима, данас је могуће остварити оптимални избор погонске машине као и начин њеног прилагођавања радној машини. Како би се остварио адекватан избор неопходно је изузетно добро познавање конструкционих карактеристика погонских елемената. У савременом машинству у употреби су различите врсте погона и то: механички, електрични, топлотни, хидраулички, пнеуматски као и њихове различите комбинације.

За правилан избор погонске машине потребно је добро познавати утицај појединих погонских елемената на преносне величине [1].

Пренос механичке енергије од погонске до радне машине врши се посредством трансмисионих вратила, спојница и преносника. За разлику од трансмисионих вратила и спојница, преносницима је могуће вршити и трансформацију броја обртаја, обртног момента, а понекада и смера обртања.

Радне машине углавном раде при нижем броју обртаја у односу на погонске, при чему захтевају знатно веће вредности обртних момената. У случају да се користи спороходна погонска машина која већ има обртни момент и број обртаја који одговарају захтевима радне машине, није потребна трансформација поменутих параметара. Међутим, брзоходна погонска машина заједно са преносником снаге има мање димензије, масу и цену у односу на одговарајућу спороходну погонску машину истих радних карактеристика. Такође, понекад је неопходно једном погонском машином погонити више радних машина. Код неких погона транспортних система, положај оса вратила погонске и радне машине се мења у току експлоатације, као и њихово међусобно растојање. У неким случајевима неопходна је и промена броја обртаја радне машине у самом процесу експлоатације [1]. Из поменутих разлога, преносници имају изузетно велику примену у савременој машиноградњи.

Механички преносници кретање и обртни момент преносе такозваном везом обликом (зупчасти, ланчани, каишни преносници...) [2]. За пренос снаге и кретања између вратила са већим осним растојањем и сталним преносним односом, примењују се зупчасти каишни и ланчани преносници. Обзиром на своје кинематске и динамичке карактеристике, примењују се само за мање вредности угаоних брзина и обртних момената. Ако је међу захтевима наглашен постојан и стабилан рад преносника у случају краткотрајних преоптерећења, а да при томе преносни однос не мора бити константан, за већа осна растојања и мање снаге веома велику примену имају каишни преносници, [1].

Механички преносници се у општем случају могу поделити на:

- преноснике снаге и
- преноснике кретања.

Узимајући у обзир радне карактеристике и принцип рада, преносници снаге могу бити:

- механички,
- хидраулички,
- пнеуматски,
- електрични и
- комбиновани

Код механичких преносника, веза погонског и гоњеног елемента обавља се механичким путем. Код хидрауличких обртни момент преноси се коришћењем течности, док се код пнеуматских користе гасови. Код ових преносника флуид односно гас је најчешће под притиском. Електрични преносници се базирају на примени електричних уређаја при преносу обртног момента. Најчешће се користе у случајевима када је потребан преноси однос континуално променљив, што се код истих остварује променом улазних параметара електромотора, тј. напона или фреквенције, након чега долази до директних промена које се осликавају на броју обртаја електромотора и обртног момента истог [3].

У складу са променљивим преносним односом, механички преносници се могу поделити на:

- преноснике са константним,
- преноснике са степенасто променљивим (мењаче) и
- преноснике са континуално променљивим преносним односом (варијаторе) .

Функцију преношења обртног момента и кретања могу вршити:

- трењем које се јавља при контакту површина или
- обликом.

При преношењу обртног момента и кретања обликом, директан контакт између погонског и гоњеног елемента може, али не мора постојати, већ је пренос могуће остварити механичким преносником постављеним између елемената.

Основни типови механичких преносника су:

- фриксиони преносници,
- каишни тј. ремени преносници,
- зупчасти преносници,
- ланчани преносници,
- кардански преносници.

Када систем захтева константан и тачан преносни однос без клизања, висок степен искоришћења, велика издржљивост и дуготрајни животни век, такође када се захтевају мале димензије, зупчасти преносници су у предности у односу на друге врсте преносника. Уколико у систему постоји веће растојање између оса вратила користе се каишни као и ланчани преносници. У случају да се осе вратила налазе под углом или да се међусобни положај између оса мења током процеса експлоатације, примењују се кардански преносници [1, 2].

Каишни преносници обртни момент могу да преносе како трењем тако и обликом. Трењем, применом плjosнатих и клинастих (трапезних) каишева, обликом, применом зупчастих каишева. Обликом, каишни преносници могу остварити тачан преносни однос док је у случају при преносу обртног момента трењем могућа појава проклизавања која директно нарушава тачност и константност преносног односа.

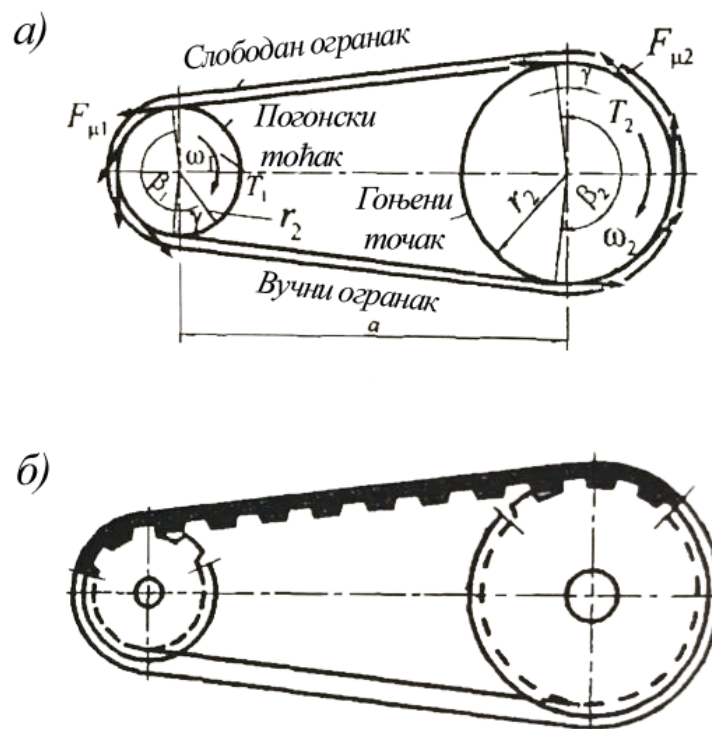
У зависности преносног односа, разликују се:

1. редукторе,
2. мултипликаторе и
3. једноставне преноснике.

Код редуктора долази до смањења броја обртаја, а повећања обртног момента. Код мултипликатора се смањује обртни момент и повећава број обртаја, док код једноставног линијској преносника нема промене броја обртаја нити обртног момента. Једноставни линеарни преносници се користе како би се променио смер обртања или међусобни положај оса [2, 3].

2. Каишни преносници

Каишни преносници преносе снагу и кретање између вратила на мањем или већем основном растојању. Најједноставнији каишни преносник се састоји од два точка (каишника) и каиша преко њих. Каиш је затегнут неком одређеном силом. Радно оптерећење се преноси силом трења између каиша и каишника (слика 1а), или обликом услед спрезања зубаца каиша и каишника, (слика 1б) [2-4].



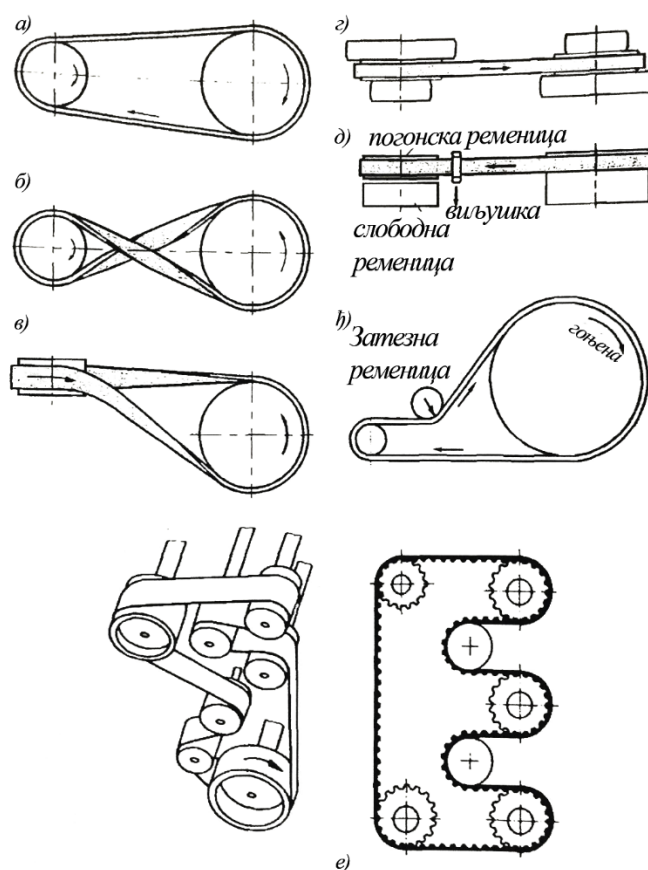
Слика 1. Начин преношења оптерећења каишним паром.
а) пренос оптерећења трењем, б) пренос оптерећења обликом

Каиш који повезује каишнике сачињавају вучни и слободни крај. Код каишева који радно оптерећење преноси силом трења услед затегнутости каиша у додиру каиша и каишника јавља се сила трења (F_μ) и сила притиска (F_n). Пренос снаге и кретања овим путем остварује се све док је услов да је сила трења већа од обимне силе (F_τ) која се преноси тј. да је: $F_\mu > F_\tau$. Уколико то није случај долази до проклизавања каиша. Способност преноса каишног преносника зависи од степена затегнутости каиша тј. од величине затезних сила у крацима каиша и ремена, коефицијента трења μ , обвојног угла β , брзине итд. Обвојни угао β одговара делу обима на коме се додирују каиш и каишник (означено на слици 1а).

Зупчasti каишни преносник радно оптерећење преносе обликом тј. путем зубаца и спадају у групу синхроних преносника.

Према положају оса погонског и гоњеног каишника и потребном смеру обртања истих (слика 2) деле се на:

- отворене,
- укрштене,
- полуукрштене,
- степенасте,
- са погонским и гоњеним каишником,
- са затезним каишником и
- вишеструке – погон већег броја вратила



Слика 2. Врсте каишних преносника, а) отворени, б) укрштени, в) полуукрштени, г) степенасти, д) са погонским и слободним каишником, ђ) са затезним каишником, е) вишеструки- погон већег броја вратила.

Каишни преносници отвореног типа (слика 2а), користе се за остваривање истих смерова обртања погонског и гоњеног вратила. Осе вратила су међусобно паралелне и могу бити вертикално, хоризонтално или косо постављене.

Код каишних преносника укрштеног типа (слика 2б), смерови обртања погонског и гоњеног вратила су супротни. Обвојни углови имају веће вредности. Због повећаног трења, савијања и увијања каиша, долази до повећаног трошења каиша. Укрштени каишни преносници се користе за мања растојања и мање брзине, уз то каишеви за овакву примену имају мању ширину.

Полуукрштени тип каишног преносника се користи у случајевима када се осе погонског и гоњеног вратила међусобно мимоилазе. При распореду каишника 1 и 2, (слика 2в) потребно је да средња линија наилазног огранка каиша лежи у средњој равни каишника, у супротном би каиш већ на почетку рада могао спасти.

У случају степенастог каишног преносника, (слика 2г и 2д), каишници су степенастог облика тако да целокупни каишник изгледа као више каишника различитих пречника спојених у једну целину. Основна намена је промена преносног односа између вратила, тј. броја обртаја гоњеног вратила. До промене се долази пребацивањем каиша са једног пара каишника на други, уз то мора се водити рачуна да се са једним каишем, исте дужине може успоставити спрега између свих парова каишника у систему.

Према облику профила каиша каишни преносници се деле на:

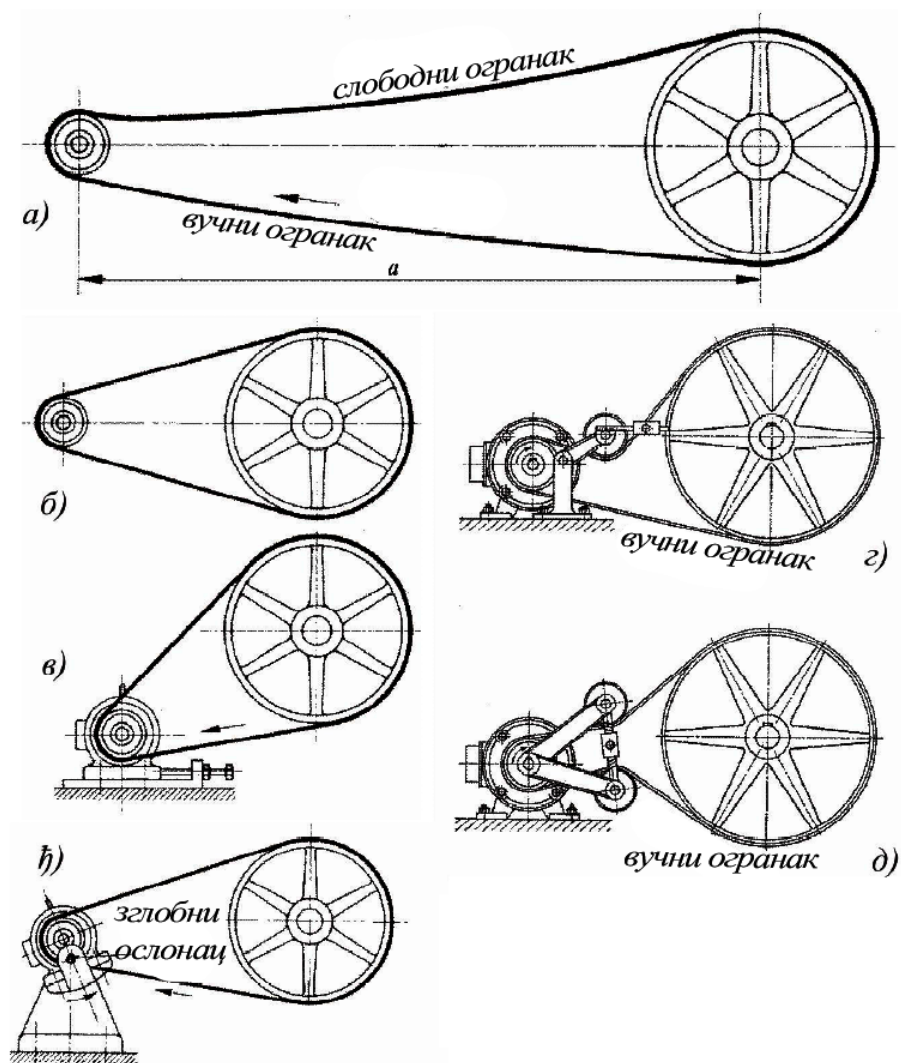
- плоснате каишеве,
- трапезне каишеве (ремене преноснике) и
- зупчасте каишеве.

Затезање каиша се уводи ради бољег спрезања. Због појаве издужења каиша при раду постоји потреба за затезањем каиша. Затезање каиша се обавља на следеће начине:

- сопственом тежином каиша,
- еластичним издужењем каиша,
- помоћу катура затезача и
- реактивног обртног момента.

Сопственом тежином (слика 3а) затезање каиша се остварује уколико је дужина осног растојања каишника већа од 5 метара, $a > 5m$. Овом методом сопствена тежина каиша затеже каиш.

Еластичним издужењем при повећању осног растојања остварује се потребна сила притезања. Међутим услед пластичних деформација које се том приликом јављају каиш је потребно дотезати (слика 3б и 3в). Дотезање се може остварити постављањем електромотора на шине и повременим затезањем преко завртња.



Слика 3. Начини затезања каиша, а) сопствено затезање каиша услед сопствене тежине, б), в) затезање каиша еластичним издужењем, г), д) затезање каиша коришћењем котура затезача, ђ) затезање каиша реактивним обртним моментом

Затезање каиша помоћу котура затезача (слика 3г и 3д) који делује са спољне стране каиша и затеже сам каиш. Сила притезања се остварује помоћу тега или опруге што доводи до повећања обвојног угла који потом доводи до веће носивости преносника. Међутим радни век каиша се смањује услед напона који се јављају услед савијања у каишу због чега је препорука да пречник затезног котура буде мањи од пречника мањег каишника.

Реактивним обртним моментом услед ослањања електромотора на вратило мањег каишника при чему реактивни момент затеже каиш. Сила притезања каиша пропорционална је обртном моменту што доводи до аутоматског затезања (слика 3а) [4].

3. Зупчасто-каишни преносници

Зупчасто каишни преносници представљају комбинацију ланчаног и зупчастог преноса, односно поседују добре особине зупчастих преносника док задржавају својства каишних преносника [5]. Зупчасто каишни преносници представљају релативно нову концепцију у преносу снаге и данас су прихваћени у свим областима индустрије.

Добре особине преношења снаге путем каишних преносника:

- мало клизање,
- константна брзина преноса,
- одсуство подмазивања које узрокује непостојаност додира метала по металу, и јефтино одржавање,
- могућност преношења великих снага, до 400kW,
- мало загревање,
- мало оптерећење лежаја вратила,
- могућност преношења снаге на већи број вратила истовремено,
- широк опсег брзина, од 0,5m/s до преко 70m/s,
- миран рад у периоду уходавања,
- релативно низак ниво шума,
- врло висок степен искоришћења,
- сталан кинематски преносни однос,
- малу масу конструкције,
- компактност конструкције, условљена малим осним растојањима, малом ширином каиша и могућношћу преношења великих снага.

Недостаци зупчастих каишних преносника су:

- скупа израда,
- осетљивост на продор страних тела (могућност оштећења при спрезању),
- могућност прескакања каиша.

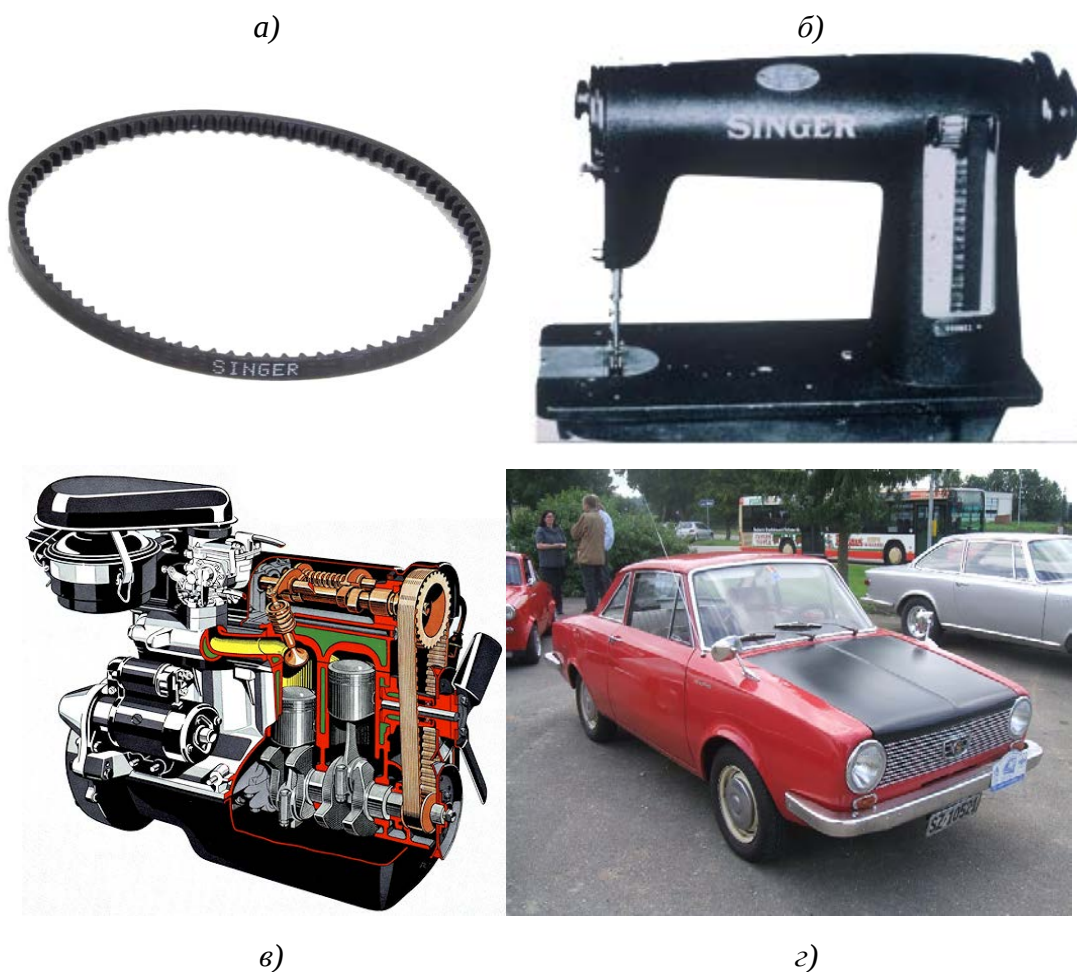
Зупчасто каишни преносници своју експанзију су доживели након употребе у аутомобилској индустрији, при погону брегасте осовине код мотора са унутрашњим сагоревањем, након чега је настала очигледна сврсисходност њихове примене.

3.1 Историја зупчастих каишних преносника

Зупчасто каишни преносник конструисан је од стране инжењера Ричард Кејса (*Richard Y. Case*) 1946 године, као преносник између игле и бобине код шиваћих машина типа „*Singer Sewing*“ (слика 4,а), и то гумени каиш са трапезним зупцима. [6]. Први је разумео однос између линије природног затезања каиша и пречника круга нагиба ременице, након чега је дефинисао основне услове технологије развоја каишних преносника, које се и данас користе. Увођењем гуменог каиша са специјалним вучним елементом и резаним зупцима касније превученим најлон заштитом, значајно је смањена бука услед замене до

тада коришћених каишева са металним прстеновима. Уз то је повећан радни век и поузданост каиша. Први произвођач зупчастих каишева била је америчка компанија *Uniroyal* (данашњи *Gates Corporation, Denver, USA*). Као основни материјал за производњу истих коришћен је хлоропен каучук.

Зупчасти каишеви почињу са производњом у Европи педесетих година 20-тог века, а први зупчасти каиш примењен је у аутомобилској индустрији 1961 године уграђен на Глас 1004 аутомобил који је потом приказан на сајму аутомобила у Франкфурту (слика 4г). Поменути мотор Глас 1004 из 1961. године је први мотор на коме је за погон брегастог вратила примењен зупчасти каиш такозвани „*Mulco*“ каиш. Зупчасти каиш на мотору је био без затезача (слика 4в), са једноставним разводним механизмом [1, 4].



Слика 4. а) Каиш који је коришћен на машини „*Singer Sewing*“, б) „*Singer Sewing*“ машина, в) „*Mulco*“ каиш примењен за пренос између радилице и вратила брегасте на мотор Глас, г) Аутомобил Глас 1005 из 1961. год.

Масовно коришћење зупчастих каишева почиње крајем шездесетих применом на возилима Фијат 125 и Фијат 128 као и уз Фолцвагенов модел Голф почетком седамдесетих година. Након заобилажења сумње везане за зупчасте каишеве скоро сви произвођачи путничких аутомобилских возила почели су са њиховом употребом.

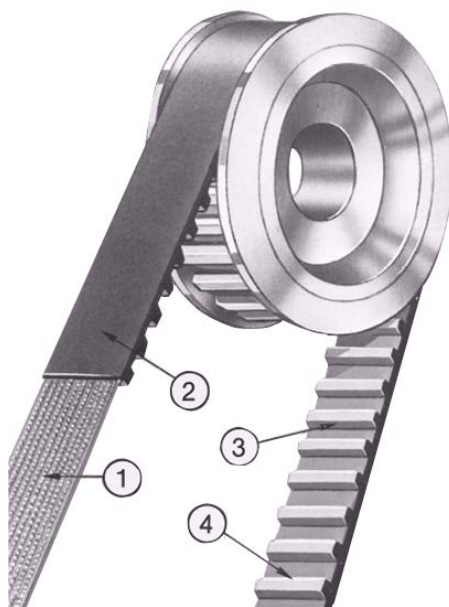
Поред зупчастих каишева са трапезним профилом зупца, почиње производња каишева са криволинијским профилом зупца, познатих као *HTD (High Torque Drives)* 1970. године.

Данас зупчасти каишеви су најчешће примењено средство за погон брегастог вратила у аутомобилској индустрији. О њиховој широкој употреби у прилог говори чињеница да се у аутомобилској индустрији користи само 2% укупне производње зупчастих каишева [1, 4].

3.2 Делови зупчастог каиша

Зупчасти каиш је сложен елемент и састоји се од [1, 3, 5] (слика 5):

- вучног елемента,
- леђне површине,
- зубаца и,
- омотача.



Слика 5. Елементи зупчастог каиша: 1) вучни елемент, 2) леђна површина, 3) зупци каиша, 4) омотач

Леђна површина затвара намотано уже и као таква прави се изједна са зупцима. Основни задатак леђне површине је да штити вучни елемент тј. уже од нечистоћа, влаге и уља. За израду леђне површине као и зубаца, користе се гума и пластичне масе. Пластичне масе имају већу отпорност на хабање [1, 3, 5].

Вучни елемент је основни део зупчастог каиша. Представља га непрекидно, хеликоидно намотано уже одређеног корака. Уже преноси снагу тако да се од њега захтева велика отпорност на савијање, дуг животног век и обезбеђивање уздужне крутости. Вучни елемент се израђује од:

- спирално намотане челичне жице,
- намотаног глас-фибера и
- полиестерског ужета.

Зупци чине целину са леђном површином. По положају у спреси и кинематици захтевају већу отпорност на смицање. Зупци код зупчастог каишног преносника захтевају високу прецизност израде са тачном поделом како би се обезбедио коректан додир са каишником [3]. Зупци се постављају тако да линија корена зупца чврсто лежи на линији корака каиша, тако да се лучни корак каиша не мења при савијању.

Зупци каиша су прекривени омотачем како би се смањио утицај тј. повећала отпорност на хабање зупчастих каишева. Као омотач гумених каишева најчешће се користи еластична тканина (капрон). Пластични каишеви се прекривају најлоном малог коефицијента трења. Након дуже употребе, омотач постаје високо полиран, али у општим случајевима траје дуже од других делова каиша [3].

3.3 Подела зупчастих каишева

Зупчасти каишеви се класификују по намени конструкције, технологији израде, материјалу од кога су израђени, профилу зубаца итд. [7].

Према намени класификовани су [7]:

- **Зупчасти каишеви за енергетске машине**, су бесконачни каишеви са спиралним вучним елементом. Користе се за трансмисиони пренос снаге између вратила. Најчешће се примењују у стругарама, млиновима пекарама итд. Ови зупчасти каишеви се користе код преносника великих брзина за погон клипова, компресора, тоцила, центрифуга итд. Максимална дужина каиша је 22m.
- **Зупчасти каишеви за трансмисије**. Одликују их вучни елементи распоређени паралелно са бочним ивицама. Користе се за реализацију линеарног померања. За регулацију и контролу машина за ваљање, енергетским уређајима и хемијским постројењима користе се зупчасти каишеви за мале трансмисије, вишестепене трансмисије и позиционе системе. Немају ограничења везаних за дужину каиша.
- **Специјални зупчасти каишеви**, који се користе и израђују по специјалној намени за рад у специјалним условима рада. Каишеви са зупцима са обе стране препоручују се за реверзибилне преноснике. Каишеви са модификованом леђном површином могу се користити у својству транспортера за преношење сировина и готових производа. Поред тога, израђују се зупчасти каишеви који су отпорни на високе температурне услове, а такође и каишеви отпорни на мазива и електро-отпорни каишеви.

Према технологији која се користи при изради, зупчasto каишни преносници могу се поделити на [4, 7, 8]:

- **Зупчасти каишеви добијени ливењем под притиском.**

При изради овом методом зупчасти каишеви се састоје из две компоненте: каиша са зупцима и вучног елемента. Вучни елемент је оптерећен на истезање и прима радно оптерећење. Каиш се израђује од гуме специјалног састава и пластичних маса при чему се подразумева да оба материјала морају бити високе отпорности на хабање. Вучни елемент који се налази у телу каиша израђује се од танке челичне жице или полиетеричног ужета. Код веома малих каишева путем контроле вучног елемента се проверава тј. контролише издужење каиша. Стандардне димензије и минималне толеранције облика зубаца за равномерно преношење снаге треба обезбедити кокила за ливење каиша. Како би обезбедили квалитетно спрезање са зупцима каишника зупци каиша морају имати тачан облик као и правилан распоред у каишу.

- **Зупчасти каишеви добијени вулканизацијом.**

Зупчасти каишеви израђују се са вучним елементом затвореним у тело каиша са влакнастом превлаком преко зубаца. Тело каиша тј. зупци и леђна површина израђују се од синтетичке смесе гуме отпорне на хабање која чува вучни елемент. Овај састав треба да буде чврст и да поседује димензионалну стабилност. Заштитна превлака зубаца се израђује од најлона отпорног на хабање који има мали коефицијент трења и чува зупце и каиш од хабања. Такође заштитна превлака смањује шум при раду каишног преносника. Тело каиша, вучни елемент и превлака каиша спајају се у целину у кокили у самом процесу вулканизације.

- **Зупчасти каишеви добијени екструдирањем.**

Неки зупчасти каишеви се такође израђују и методом екструдирања. У том случају добијају се одсечци каиша који се потом спајају између крајева како би се добио каиш потребне дужине. Такви одсечци поседују паралелне вучне елементе у облику челичне жице или полиетеричног влакна. Преко зубаца и/или леђне површине налазе се најлонске превлаке. Зупчасти каишеви са непрекидним намотаним металним вучним елементима, без спајања, израђују се у било којој дужини до 25,5m. Примерци сличних каишева које израђује фирма “*Plastimatic*” (USA), примењују се код преносника са великим обртним моментом и брзинама [9]. Тело каиша и зупци израђују се применом методе екстрадирања од полиуретана.

Према мерним јединицама:

- Зупчасти каишеви код који су основне димензије дате у милиметрима тј. у метричком систему. Под основним параметрима подразумевамо модул или корак каиша који је притом дат у милиметрима (mm).
- Зупчасти каишеви чије су димензије дате у инчима (“). Основни параметар представља корак каиша дат у инчима (“). Углавном су каишеви чији су параметри дати у инчима (“), израђени од неопрена.

Ове врсте каишева нису међусобно компатибилне.

Према врсти материјала:

За израду зупчастих каишних преносника најчешће се користе материјали [7]:

- природни каучук (гума),
- полиетилен (уретан) и
- неопрен.

Основне карактеристике ових материјала су за:

Природни каучук (гума):

- велика еластичност,
- лако обликовање,
- висока граница јачине кидања,
- мало хабање,
- велики коефицијент трења,
- широк температурни опсег (нарочито када су у питању ниске температуре),
- подложност оксидирању и
- мала отпорност на уља и раствараче, посебно на алкохол и кетоне.

Полиуретан:

- висока отпорност на хабање,
- добра отпорност на уља и оксидацију,
- широк температурни спектар (када су у питању ниске температуре),
- мали коефицијент трења и
- неотпорност на високе температуре.

Неопрен:

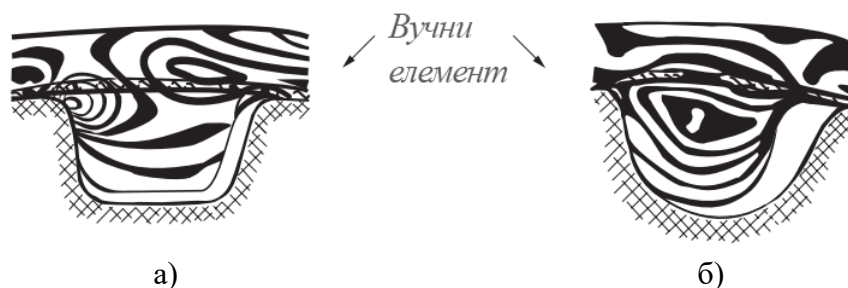
- велика еластичност,
- широк температурни опсег (нарочито када су у питању високе температуре),
- добра отпорност на спољашње утицаје (погодан за отворене преноснике) и
- слаба отпорност на уље и раствараче.

Према облику профила зубаца:

- трапезни,
- троугласти (тестерасти),
- полукружни са равним врхом,
- полукружни (криволинијски),
- каиш са оптимизовано заобљеним профилем итд.

3.4 Основне карактеристике зупчастих каишева

Зупчасти каишеви се најчешће израђују са трапезним и приближно полукружним облицима зубаца. Зупци полукружног облика имају бољу расподелу оптерећења па се из тог разлога користе при већим обртним моментима код мањих угаоних брзина, (слика 6) [5].



Слика 6. Напони при оптерећењу зупца каиша: а) трапезни облик зупца, б) полукружни облик зупца [3]

На слици 6 приказана је расподела напона код трапезног облика зубаца (слика 6а) и код криволинијског облика (слика 6б). Резултати расподеле напона добијени су фотоеластичном методом и из њих можемо видети да је концентрација напона код зубаца трапезног облика концентрисана непосредно крај корена при чему се концентрација напона према врху смањује. Са друге стране код криволинијских облика зупца примећујемо равномерно напрезање по целом пресеку а оптерећење је веће у правцу вучног елемента. Због способности за пренос већих оптерећења криволинијски зупчасти каишеви се такође називају и „HTD“ (High Torque Drives) .

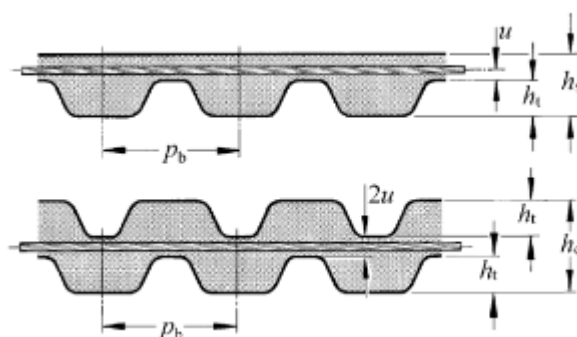
Предности зупчастих каишева са криволинијским обликом зупца у односу на оне са трапезним обликом зубаца:

- Пропорционално већа дубина зупца, што обезбеђује мању могућност прескакања зубаца,
- лакшу конструкцију, услед мањих центрифугалних губитака,
- мањи притисак на зупцац, услед веће површине,
- мање оптерећење лежаја, услед мањег затезања,
- већи степен искоришћења, услед недостатка клизања,
- нижа цена, из разлога што је са ужим каишем могуће преносити веће оптерећење.

Зупчasti каишеви могу мењати правац кретања једног или више синхроних каишника при чему су јако повољни за коришћење у компјутерској техници, текстилним машинама итд. Такође производе се и у двострукој конструкцији са зупцима са обе стране при чему спољашњи зупци имају 45% мању носивост у односу на унутрашње зупце.

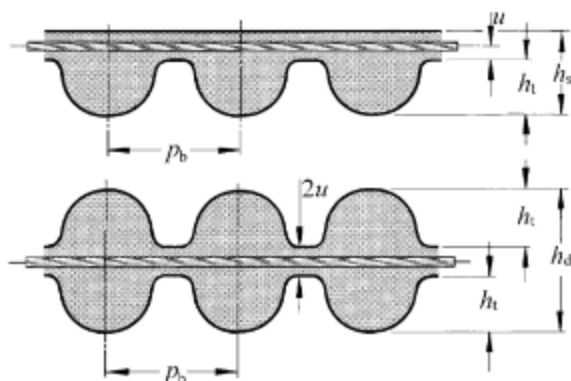
3.5 Примери профила зупчastих каишева

АТ тип каишева (слика 7) поседују трапезасти облик зупца и метрички систем обележавања. АТ тип каиша је настала из типа Т зупчastог каиша. Направљени су од полиуретана са челичним или арамидним вучним елементом. Одликују их шири пресек зуба и значајно јачи вучни елемент у поређењу са стандардним метричким Т профилем. Посебна карактеристика АТ типа профила зубаца је да се зупци каиша наслањају на површину каишника. Омогућавају прецизан преноси однос обртног кретања. Притом, користе и код преносника са линеарним померањем где је потребно тачно позиционирање. Израђују се са кораком 3,5,10 и 20, за специјалне потребе и са кораком 15. Примењују се у текстилним, штампарским, алатним и грађевинским машинама [1, 4, 10].



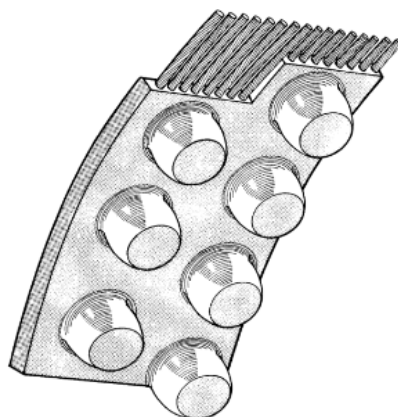
Слика 7. АТ тип профила зупца код зупчastих каишева [4]

Н/НТД тип зупчastог каиша (слика 8) су стандардизовани профили са префиксом Н који су такође познати као *HTD (High Torque Drive)*, каишеви за пренос великих обртних момената. Израђују се од полихлорофенске гуме са вучним елементом од „Glass Fiber“ влакана и превлаке зубаца од полиамидске тканине. Полукружно криволинијски облик зупца са већом висином доприноси могућности преноса већих оптерећења са бољим распоредом истих при чему такође смањује могућност „Прескакања“ зуба при спрезању. Ови каишеви се такође могу израђивати и од полиуретана са челичним или арамидним челичним вучним елементом [4].



Слика 8. H/HTD тип профила зупца код зупчастих каишева [4]

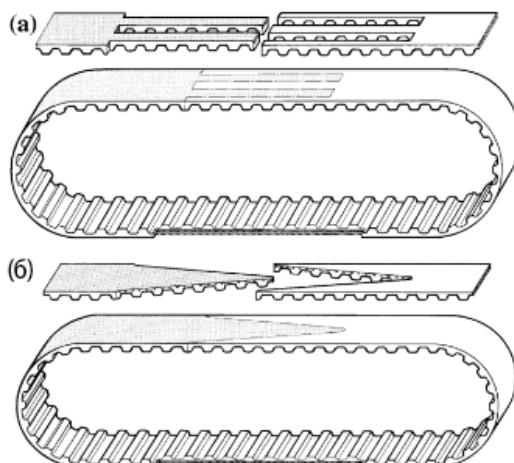
Специјални профил N10 (слика 9), овај зупчасти каиш уз свој специјални облик поседује и специјално направљене каишнике. Израђује се са кораком 10mm од полиуретана са челичним вучним елементом. Погодни су за преношење материјала [4].



Слика 9. N10 тип профила зупца код зупчастих каишева [4]

3.6 Спајање отвореног каиша

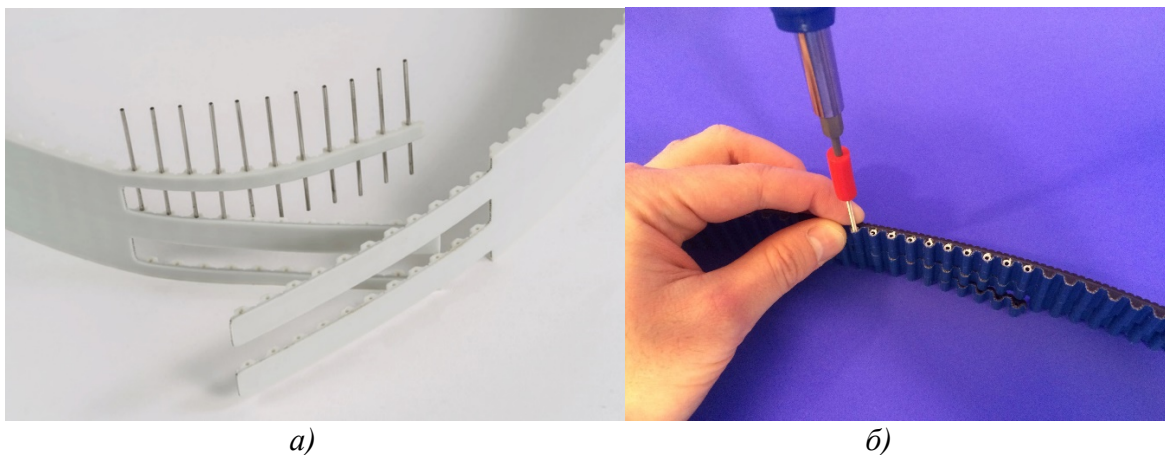
У овом поступку убодним алатом за сечење се припремају крајеви за заваривање (слика 10). Користе се две главне технике резања, које раде на принципу увећања подручја у процесу заваривања дуж линије заваривања. Припремљени крајеви каиша постављају се у машину за заваривање између горње глатке плоче и доње назубљене, врши се притисак и подвргавају се термичком циклусу који се састоји од загревања, заваривања и хлађења. Процес заваривања не ствара неправилности корака каиша у поређењу са остатком каиша. Дужина зоне се одређује дужином 9 корака (10 зуба) каиша, а вучни елемент је у том подручју исечен. Резултат смањења чврстоће у зони заваривања је око половине дозвољеног затезног оптерећења F_{zul} у поређењу са стандардним каишем [4].



Слика 10. Спајање краја каишева методом технике резања
а) правоугаоном методом, б) троугластом методом [4]

Спојница крајева зупчастог каишног преносника (слика 11) је механички уређај који омогућава да се каиш отворене дужине споји. Зглобни систем је конструисан тако да омогућава да се радијуси савијања каиша апроксимативно изједначе са препорученим минималним пречником каишника датог корака. Применом каишне спојнице не долази до нарушавања рада каишног преносника. Зглобна спојница преноси оптерећење преко осовина које су саставни део спојнице. Капацитет каиша у пределу спојнице износи око 25% у односу на немодификовани каиш.

Механички систем спојнице се састоји од низа уметака на страни зуба, и плоча на задњој страни, који су завртњевима повезани преко лежишта. Систем нуди знатне предности за постројења са великим дужинама каиша које би иначе захтевале значајно компликованији поступак инсталације датог каиша. Могућност отварања и затварања каиша такође може знатно да поједностави захтеве за одржавање као и замену каиша [4].



Слика 11. а) специјална механичка спојница б) спајање каиша применом специјалне механичке спојнице

4. Симулатор волана

Савремени начин живота определио је људе да живе брзо, и да своје слободно време све чешће користе у потрази за узбуђењима, тако да је 21. век је донео експанзију екстремних спортова, којима је основни циљ померање граница и тзв. „*Adrenalin rush*“.

Индустријски, технолошки и електронски развој последњих деценија у аутомобилској индустрији у тежњи да прилагоди моторна возила савременим потребама живота тражи брже стицање до одредишта, повећањем максималне брзине аутомобила, сразмерно са безбедношћу, што је постигнуто дигитализацијом и електронском контролом аутомобила. Такође дизајн, комфорност и ергономски услови приликом вожње су постали неизоставни део о којима се брине приликом развијања новог модела аутомобила.

Само унапређење аутомобилске индустрије тражи велики број симулација ради одређивања најпогоднијег начин за развијање одређеног сегмента аутомобила.

Свет брзих и скупих аутомобила довео је до велике популарности Ауто-мото спорта. Овај спорт намењен је углавном неколицини који могу да приуште такав луксуз, али доприношењу популарности у данашњости је допринело велики број компјутерских игара, различитих симулатора и 3D виртуелних софтвера, који су дозволили да се свет „екстремних брзина“ на тренутак транспортује у лични простор.

Могућност софтверског бележења и праћења сваког аспекта стазе омогућио је професионалним возачима адекватно виртуелно увежбавање будућих трка, али и припрему тимова и унапређење самих возила. Наиме све велике аутомобилске и тркачке академије имају сопствене центре или универзитете које користе за обучавање младих возача. Да би могли да приступе реалном болиду, они проводе сата и сате у симулатору, где уз адекватно навигирање увежбавају стазу, и унапређују своје возачке способности. Путем симулацијске вежбе возачи на стазу ступају са већ припремљеним идеалним путањама, знају шта их чека и смањују потребно време за адаптацију на самој стази.

Све ово има за последицу да све већи број младих у свету набавља персоналну опрему у жељи да испроба у симулатору осети атмосферу из спортског аутомобила или болида формуле. Свет тркачких симулација се из таквих разлога све више шири и омогућава људима широм света да се окушају у неким од изванредних, моћних машина у виртуалном свету. Тркачке симулације данас поседују професионалне тимове који се тим путем такмиче, регрутују и обучавају возаче. Пре учлањења у неке од професионалних тимова као што су „*Williams*“, „*Mercedes*“, „*Renault*“, „*Porsche*“ и други који се такмиче на светској *E-Sports* сцени, обуке се обављају на професионалним симулаторима, где се возачи морају адекватно доказати.

Возачи у кућним условима на својим „*PC*“ рачунарима могу користити игре путем којих ће развијати своје способности у ауто-мото свету. Неке од игара су светски признати аматерски, полу професионални и професионални симулатори вожња. Неки од примера су *rFactor 1*, *rFactor 2*, *iRacing*, *Raceroom Racing Experience*, *Assetto Corsa*. За вожњу и учешће у шампионатима који се организују широм света потребан је компјутер и екран, адекватна

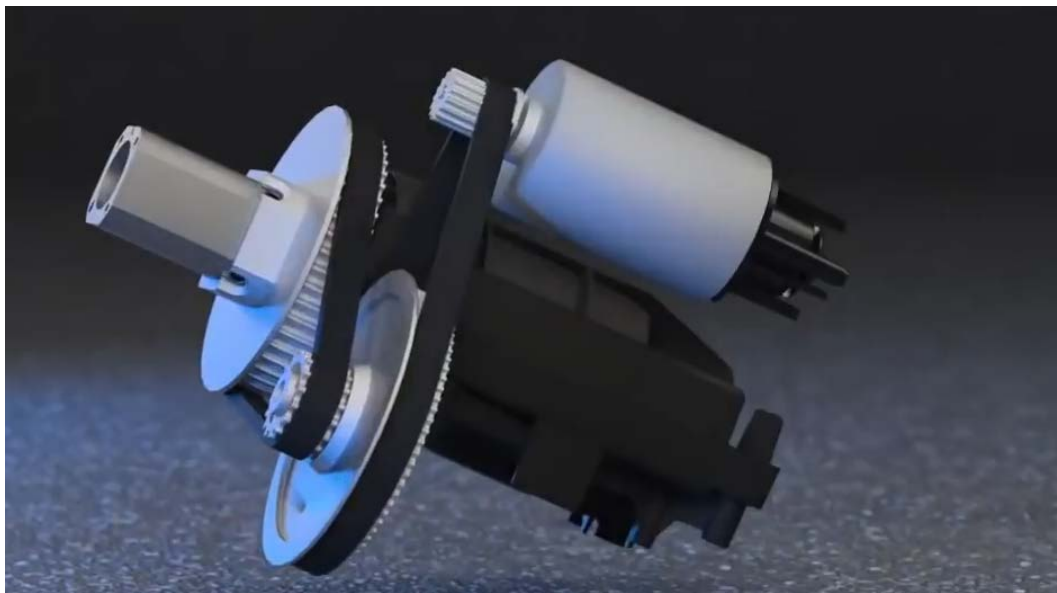
опрема, поред саме софтверске игре у којој се такмичи. У основну опрему која је потребна спадају волан и педале. Додатна опрема која се може прикључити су х-мењач, ручна кочница, VR наочаре и друго. Тренутно на тржишту постоје више произвођача опреме од којих су најпопуларнији *“Fanatec, Thrustmaster и Logitech”*. За израду педала по квалитету издвојила се фирма *“Heusinkveld”*.

Сам симулатор волана сачињавају:

- база и,
- оквир волана.

Базу симулатора волана сачињава електроника и преносни механизам. Електронски део базе састоји се од трансформатора, штампане плоче која комуницира са рачунарским програмом и *“Hall Effect”* сензора, који путем магнета читава положај у ком се налази оквир волана. Механизам помоћу електромотора, сензора померања, каишног или преноса преко зупчаника врше испитивање стазе. Податке са стазе добија путем компјутерских програма, након чега се подаци конвертују и путем електромотора шаљу преко преносног механизма ка оквиру волана. Импулси који се том приликом добијају одају осећај дешавања са стазе на оквир волана који ће потом дати информације возачу о томе шта се дешава са аутомобилом на стази у том тренутку. На овај начин се преноси реалан осећај познат и као „возачки осећај“, који сви возачи моторних возила могу осетити током вожње.

Пример волана чији прорачун је представљен у раду јесте *“Thrustmaster TX”* (слика 12).



Слика 12. Механички преносни систем у склопу *“Thrustmaster TX”* базе волана.

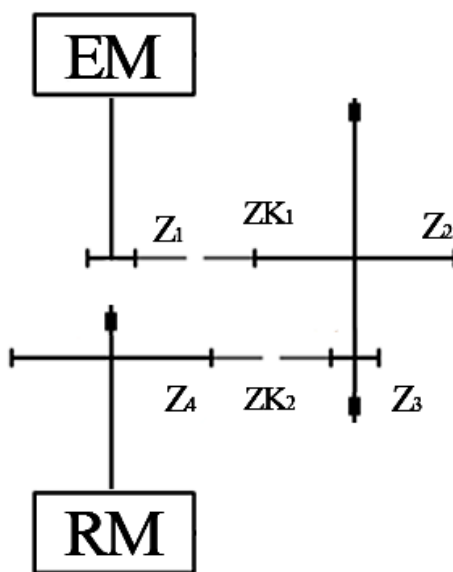
База овог волана у себи садржи зупчasto каишни преносни механизам од електромотора који представља погонску машину до радне машине тј. оквира волана. Разлог примене зупчastог каишног преноса се показао као изузетно повољан из више разлога. Неки од основних разлога су:

- мањи трошкови услед мањих величина каишника у односу на адекватне зупчанике који би се том приликом користили,
- смањена бука,
- тачан и константан преносни однос,
- нема подмазивања итд.

Тачан и константан преносни однос омогућио је тачне, прецизне и правовремене импулсе које шаље електроmotor ка оквиру волана, што резултује бољем „возачком осећају“, што омогућава брже прилагођавање стази и манипулацији возилом на истој.

5. Прорачун код преносника базе волана

Преносник базе симулатора волана се састоји из електромотора, два каиша и то „324 3MGT“ и „325 5MGT“ који повезују два пара каишника и оквир волана повезаним са овим преносним механизмом. Шема преносника, радне и погонске машине приказана је на слици 13.



Слика 13. Шема преносника симулатора волана

Полазни подаци:

- Снага електромотора „B4260M-S03“ : $P_{EM} = 42,2 \text{ W}$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 5920 \text{ min}^{-1}$
- Преносни однос:
 - $i_1 = 5$
 - $i_2 = 3$
- Врста радне машине – волан за симулације вожња

Прорачун снаге:

$$P_{EM} = P_1 = 42,2 \text{ W}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{12} = 42,2 \cdot 0,99 = 41,778 \text{ W}$$

$$P_2 = P_3 = 41,788 \text{ W}$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{23} = 41,788 \cdot 0,99 = 41,36 \text{ W}$$

$$P_4 = P_{RM} = 41,36 \text{ W}$$

Прорачун бројева обртаја:

$$n_{EM} = 5920 \text{ min}^{-1} = n_1$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{5920}{5} = 1184 \text{ min}^{-1}$$

$$n_2 = 1184 \text{ min}^{-1} = n_3$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{34}} = \frac{1184}{3} = 394,67 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{RM} = 394,67 \text{ min}^{-1}$$

Избор каиша

За задате податке усвајају се каишеви 324 3MGT са следећим подацима:

$$p_1 = 3 \text{ mm}$$

$$m_1 = 0,955 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1,12 \text{ mm}$$

$$c_1 = 0,381 \text{ mm}$$

$$P_{N_1} = 15 \frac{W}{cm}$$

и 325 5MGT са следећим подацима:

$$p_2 = 5 \text{ mm}$$

$$m_2 = 1,592 \text{ mm}$$

$$h_2 = 1,92 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,5715 \text{ mm}$$

$$P_{N_2} = 10 \frac{W}{cm}$$

Усваја се број зубаца каишника:

$$z_1 = 16 ; z_2 = z_1 \cdot i_{12} = 16 \cdot 5 = 80$$

$$z_3 = 16 ; z_4 = z_3 \cdot i_{34} = 16 \cdot 3 = 48$$

Геометријски параметри зупчастог каишног преносника

Подеони пречници:

$$d_{w1} = m_1 \cdot z_1 = 0,955 \cdot 16 = 15,28 \text{ mm}$$

$$d_{w2} = m_1 \cdot z_2 = 0,955 \cdot 80 = 76,4 \text{ mm}$$

$$d_{w3} = m_2 \cdot z_3 = 1,592 \cdot 16 = 25,472 \text{ mm}$$

$$d_{w4} = m_2 \cdot z_4 = 1,592 \cdot 48 = 76,416 \text{ mm}$$

Темени пречници:

$$d_{a1} = d_{w1} - 2c_1 = 15,28 - 2 \cdot 0,381 = 14,658 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = d_{w2} - 2c_1 = 76,4 - 2 \cdot 0,381 = 75,778 \text{ mm}$$

$$d_{a3} = d_{w3} - 2c_2 = 25,472 - 2 \cdot 0,5715 = 24,32 \text{ mm}$$

$$d_{a4} = d_{w4} - 2c_2 = 76,416 - 2 \cdot 0,5715 = 75,25 \text{ mm}$$

Подножни пречници:

$$d_{f1} = d_{w1} - 2h_1 = 15,28 - 2 \cdot 1,12 = 13,04 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = d_{w2} - 2h_1 = 76,4 - 2 \cdot 1,12 = 74,16 \text{ mm}$$

$$d_{f3} = d_{w3} - 2h_2 = 25,472 - 2 \cdot 1,92 = 21,632 \text{ mm}$$

$$d_{f4} = d_{w4} - 2h_2 = 76,416 - 2 \cdot 1,92 = 72,576 \text{ mm}$$

Приближна вредност осног растојања

$$a_1 \cong (0,5 \div 2) \cdot (d_{w1} + d_{w2}) = 1,25 \cdot (15,28 + 76,4) = 114,6 \text{ mm}$$

$$a_2 \cong (0,5 \div 2) \cdot (d_{w3} + d_{w4}) = 1,25 \cdot (25,472 + 76,416) = 127,36 \text{ mm}$$

Обвојни угао

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{d_{w2} - d_{w1}}{2a_1} = \arcsin \frac{76,4 - 15,28}{2 \cdot 114,6} = \arcsin 0,267$$

$$\alpha_1 = 15,486^\circ$$

$$\beta_1 = 180^\circ - 2\alpha_1 = 180^\circ - 2 \cdot 15,486^\circ = 149,028^\circ$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{d_{w4} - d_{w3}}{2a_2} = \arcsin \frac{76,416 - 25,472}{2 \cdot 127,36} = \arcsin 0,2$$

$$\alpha_2 = 11,537^\circ$$

$$\beta_2 = 180^\circ - 2\alpha_2 = 180^\circ - 2 \cdot 11,537^\circ = 156,926^\circ$$

Рачунска дужина каиша

$$L_{wr1} = 2a_1 \cdot \cos \alpha_1 + \frac{p_1}{2}(z_1 + z_2) + \frac{p_1 \cdot \alpha_1}{180}(z_2 - z_1)$$

$$L_{wr1} = 2 \cdot 114,6 \cdot \cos 15,486^\circ + \frac{3}{2}(16 + 80) + \frac{3 \cdot 15,486^\circ}{180^\circ}(80 - 16)$$

$$L_{wr1} = 381,4 \text{ mm}$$

$$L_{wr2} = 2a_2 \cdot \cos \alpha_2 + \frac{p_2}{2}(z_3 + z_4) + \frac{p_2 \cdot \alpha_2}{180}(z_4 - z_3)$$

$$L_{wr2} = 2 \cdot 127,36 \cdot \cos 11,537^\circ + \frac{5}{2}(16 + 48) + \frac{5 \cdot 11,537^\circ}{180^\circ}(48 - 16)$$

$$L_{wr2} = 419,829 \text{ mm}$$

Рачунски број зубаца каиша

$$z_{kr1} = \frac{L_{wr1}}{p_1} = \frac{381,4}{3} = 127,133$$

$$z_{kr2} = \frac{L_{wr2}}{p_2} = \frac{419,829}{5} = 83,9658$$

Усваја се:

$$z_{k1} = 108$$

$$z_{k2} = 65$$

Стварна дужина каиша

$$L_{w1} = z_{k1} \cdot p_1 = 108 \cdot 3 = 324 \text{ mm}$$

$$L_{w2} = z_{k2} \cdot p_2 = 65 \cdot 5 = 325 \text{ mm}$$

Стварно осно растојање

$$a_1 = 0,25 \left[L_{w1} - \frac{p_1}{2}(z_1 + z_2) + \sqrt{\left(L_{w1} - \frac{p_1}{2}(z_1 + z_2) \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{p_1}{2}(z_2 - z_1) \right)^2} \right]$$

$$a_1 = 0,25 \left[324 - \frac{3}{2}(16 + 80) + \sqrt{\left(324 - \frac{3}{2}(16 + 80) \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{3}{2}(80 - 16) \right)^2} \right]$$

$$a_1 = 74,5465 \text{ mm}$$

$$a_2 = 0,25 \left[L_{w2} - \frac{p_2}{2}(z_3 + z_4) + \sqrt{\left(L_{w2} - \frac{p_2}{2}(z_3 + z_4) \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{p_2}{2}(z_4 - z_3) \right)^2} \right]$$

$$a_2 = 0,25 \left[325 - \frac{5}{2}(16 + 48) + \sqrt{\left(325 - \frac{5}{2}(16 + 48) \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{5}{2}(48 - 16) \right)^2} \right]$$

$$a_2 = 71,276 \text{ mm}$$

Ширина каиша**Број зубаца у спреси**

$$z_{o1} = z_1 \cdot \frac{\beta_1}{360^\circ} = 16 \cdot \frac{149,028^\circ}{360^\circ} = 6,6235$$

$$z_{o2} = z_3 \cdot \frac{\beta_2}{360^\circ} = 16 \cdot \frac{156,926^\circ}{360^\circ} = 6,9745$$

Потребна ширина каиша

$$b_1 = \frac{P_3 \cdot C_A}{z_{o1} \cdot P_N}$$

$$b_2 = \frac{P_4 \cdot C_A}{z_{o2} \cdot P_N}$$

Усваја се:

$$C_A = 1,5$$

$$b_1 = \frac{41,778 \cdot 1,5}{6,6235 \cdot 15} = 0,63075 \text{ cm} = 6,3075 \text{ mm}$$

$$b_2 = \frac{41,36 \cdot 1,5}{6,9745 \cdot 10} = 0,8895 \text{ cm} = 8,895 \text{ mm}$$

Усваја се:

$$b = 9 \text{ mm}$$

$$b = 15 \text{ mm}$$

Ширина каишника

$$B = b + (4,5 \div 9) = 9 + 5 = 14 \text{ mm}$$

$$B = b + (4,5 \div 9) = 15 + 5 = 20 \text{ mm}$$

Провера дозвољене затезне силе

Обимна брзина

$$v_1 = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot 15,28 \cdot 5920}{60} = 4733,97 \frac{m}{s}$$

$$v_2 = \frac{\pi \cdot d_{w1} \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot 25,472 \cdot 1184}{60} = 1578,313 \frac{m}{s}$$

Обимна сила

$$F_{t1} = \frac{P_3}{v_1} = \frac{4220}{4733,977} = 0,891 \text{ N}$$

$$F_{t2} = \frac{P_4}{v_2} = \frac{4177,8}{1578,313} = 2,647 \text{ N}$$

Дозвољена сила затезања каиша

$$F_{doz} = \frac{F_N \cdot b}{C_A} = \frac{15 \cdot 9}{1,5} = 90 \text{ N}$$

$$F_{doz} > F_t$$

$$F_{doz} = \frac{F_N \cdot b}{C_A} = \frac{10 \cdot 15}{1,5} = 100 \text{ N}$$

$$F_{doz} > F_t$$

Изабрани каиш задовољава задате услове.

На основу извршеног прорачуна симулатора волана, обављена је конструкција каишника који се користе у механичком систему преноса код „*Thrustmaster TX*“ базе симулатора волана. Употребом прорачунате геометрије каишника конструисани су модели каишника у програму „*Solidworks*“ чији су технички цртежи дати у прилогу.

6. Закључак

Приликом израде теме „Прорачун и конструкција зупчasto-каишног редуктора“ циљ је био прерачунавање и конструисање зупчasto каишног редуктора за примену на конкретном моделу „*Thrustmaster TX*“ базе волана за тркачке симулације.

Овом приликом као увод је представљен развој преносника као и њихове карактеристике, начин рада, конструкционе поделе, поделе на основу сродности преносника и њихових примена у пракси. Начини на које се каишни преносници користе, на који врше сам пренос снаге и обртног кретања, материјале од којих се израђују као и начине на који се израђују. Дати су неки од специјалних примера зупчasto каишних преносника и разлике између неких од профила зубаца који се у тим примерима користе. Објашњен је начин на који се извршава затезање, примена, пренос као и настављање или пак спајање крајева зупчastих каишева.

Извршен је прорачун и конструкција зупчasto каишног редуктора. Поређењем извршеног прорачуна и измереним вредностима задатог редуктора, долазимо до изузетно малих разлика када је у питању геометрија. Приликом извршеног мерења датог зупчasto каишног редуктора коришћен је инструмент помично кљунасто мерило произвођача „*Mitutoyo*“. Пример разлике се може видети у томе да измерени темени пречник погонског каишника износи 14,65 док прорачунати пречник износи 14,658. Самим тим уочавамо да је мерење, као и прорачун, веродостојан. Након извршеног прорачуна израђени су модели каишника који се користе у бази „*Thrustmaster TX*“ волана коришћењем „*Solidworks*“ програма.

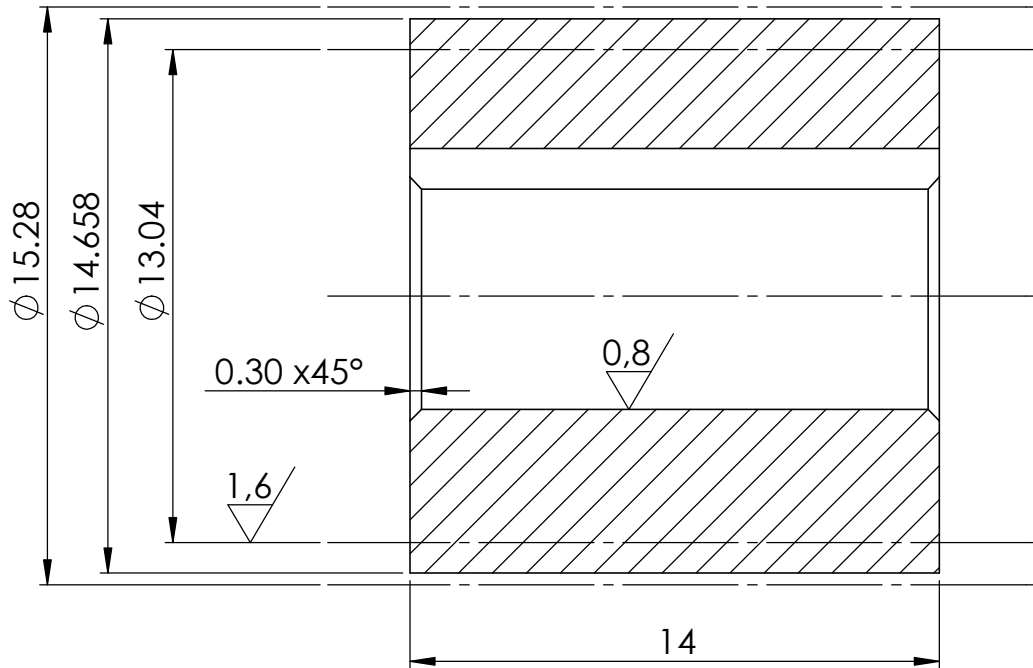
Из свега поменутог можемо увидети на сврсисходност и потребу за зупчasto каишним преносницима. Њихову распрострањену примену као и веродостојност извршеног прорачуна датог у раду.

7. Литература

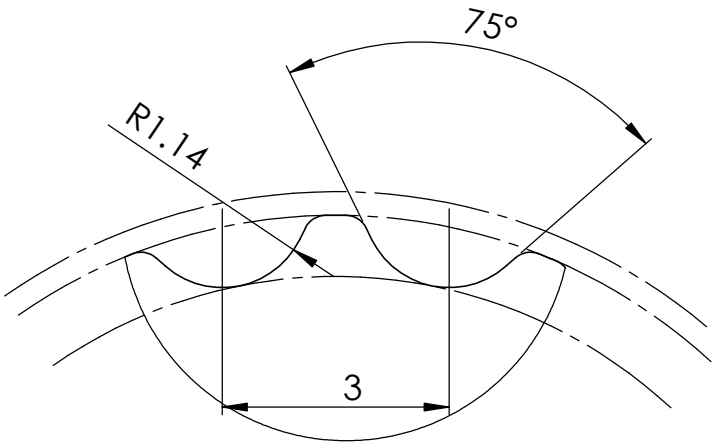
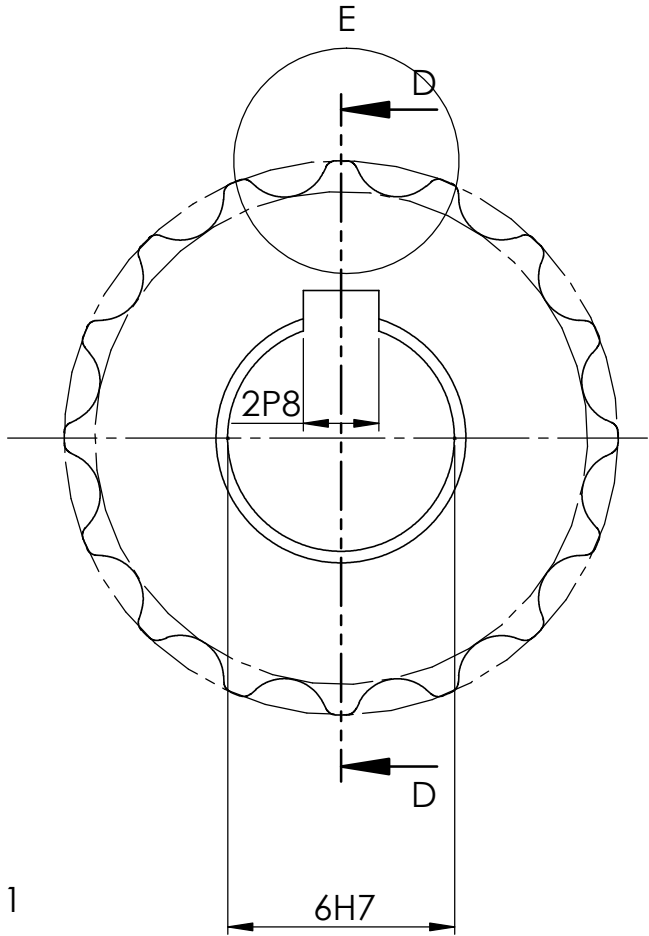
1. Стојановић Б., Благојевић М: *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
2. Николић В.: *Машински елементи*, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.
3. Стефановић – Маринковић, Ј.: *Механички преносници – планетарни преносници*, Машински факултет Универзитета у Нишу, Ниш 2015.
4. Ian Osborne - Perneder Raimund: "*Handbook Timing Belts: Principles, Calculations, Applications*".
5. Танасијевић С.: *Механички преносници*, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1994.
6. CASE, Y. R.: *Timing Belt Drive* McGraw Hill Book Company, INC, New York, 1954.
7. Стојановић Б.: *Карактеристике триболошких процеса зупчастих каишева*, Магистарска теза, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
8. Каталог компанија: Mulco, Bando, Gates.
9. Toothed Belt Drives, Mech. Eng., Vol.109, No.4, pp. 36-39, 1998.
10. Стојановић, Б.: *Нове конструкције зупчастих каишева*, Зборник радова: Север преносници, Суботица, 2003.

Ø 6H7	+0,012
	0
2P8	-0,006
	-0.020

3,2 / 0,8 / 1,6



Presek D-D
Razmera 5 : 1



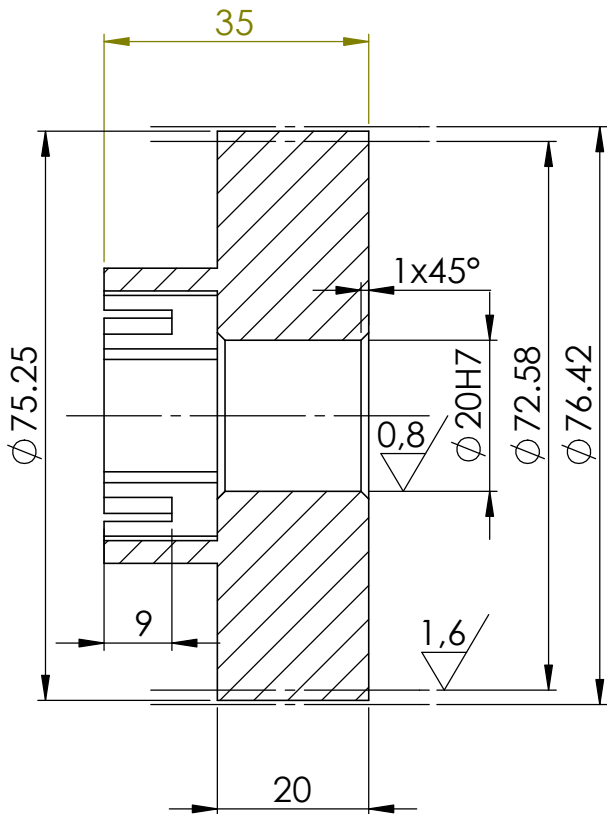
Detalj E
Razmera 10 : 1

Podaci	Dim	Ozn	Vrednost
Broj zubaca		z1	16
Modul	mm	m	0.955
Podeoni korak	mm	p	3
Širina kaiša	mm	b	9
Širina kaišnika	mm	B	14
Ugao profila zubaca	°	β	75
Tip zupčastog kaiša	324 3MGT		
Prečnik podeonog kruga	mm	d1	15.28
Prečnik temenog kruga	mm	da1	14.658
Prečnik podnožnog kruga	mm	df1	13.04

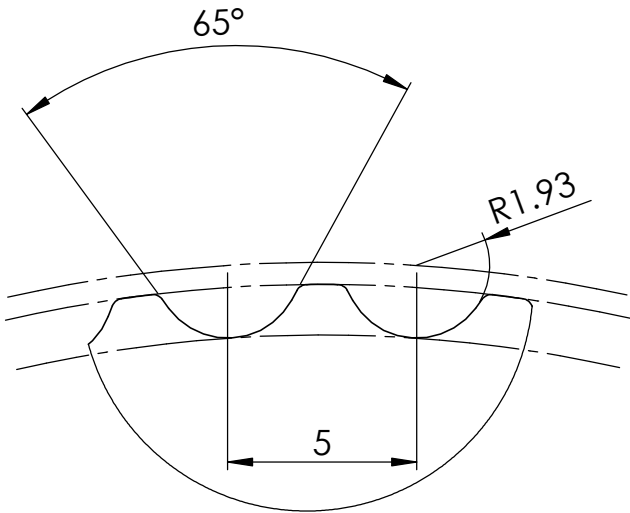
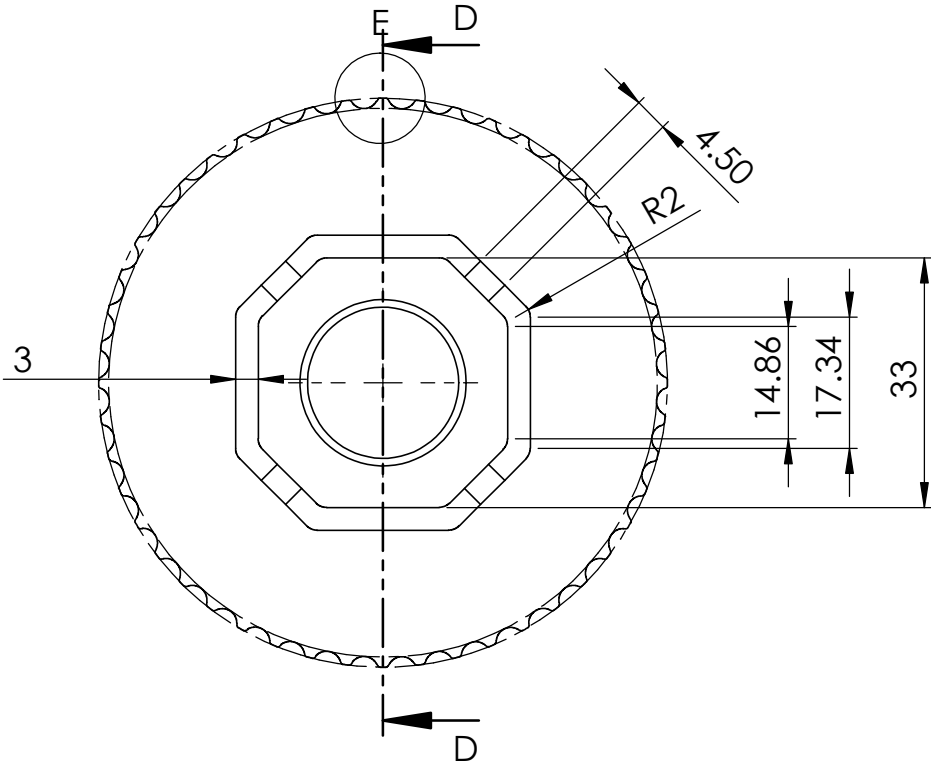
Tolerancije slobodnih mera				Površinska hrapavost				Površinska zaštita									
Materijal								C45				Termička obrada					
												Masa		Razmera 5:1			
								Datum		21.09.2019				Naziv: 			

Ø 20H7	+0,021
	0

3,2 / 0,8 / 1,6



Presek D-D
Razmera 1 : 1



Detalj E
Razmera 5 : 1

Podaci	Dim	Ozn	Vrednost
Broj zubaca		Z4	48
Modul	mm	m	1.592
Podeoni korak	mm	p	5
Širina kaiša	mm	b	15
Širina kaišnika	mm	B	20
Ugao profila zubaca	°	β	65
Tip zupčastog kaiša	325 5MGT		
Prečnik podeonog kruga	mm	d4	76.416
Prečnik temenog kruga	mm	da4	75.25
Prečnik podnožnog kruga	mm	df4	72.576

Tolerancije slobodnih mera				Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal				C45		Termička obrada	
						Masa	Razmera 1:1
				Datum	21.09.2019	Naziv: Gonjeni kaišnik	
				Obrad.	M.Rajković 61/2015		
				Stand.			
				Odobr.			
				FAKULTET INŽENJERSKIH NAUKA UNIVERZITETA U KRAGUJEVCU		Oznaka: 5MGT	List: L A
St. i.	Izmene	Datum	Ime			Izv. pod.	Zamena za: