

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: 2007/2016

Бранко Д. Антић

Сегментни каишни преносници

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:

- да основне информације о сегментним каишним преносницима,
- изврши поделу сегментних каишних преносника,
- прикаже основне карактеристике сегментних каишних преносника,
- прикаже примену сегментних каишних преносника,
- прикаже основни прорачун сегментног каишног преносника.

Препоручена литература:

[1] Б. Стојановић, М. Благојевић, Механички преносници, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2015

[2] В. Николић, Машински елементи, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2004

[3] Каталог и брошуре произвођача сегментних каишних преносника

Крагујевац, 2018.

ментор
Др Блажа Стојановић – ванр. проф.

Резиме: Сегментни каишни преносници спадају у специјалну врсту преносника. Примењују се за повезивање вратила која се налазе на великом осном растојању. Одликују се изузетно малим шумом у експлоатационим условима, као и минималном потребом за одржавањем. Своју примену нашли су у готово свим гранама индустрије. У оквиру завршног рада дате су основне карактеристике сегментних каишних преносника, као и историја развоја самог преносника. Објашњен је прорачун и дате табеле техничких карактеристика различитих типова сегментних каишева.

Кључне речи: сегментни каиш, сегментни каишник, преносник снаге

Abstract: High Performance Composite V-belts belong to a particular group of belt drives. They are used for connecting shafts on great axial distances. What sets these V-belts apart is the vastly reduced noise in exploitation conditions, along with a minimal maintenance requirement. High Performance Composite V-belts are applied in virtually every economy sector. The framework of this paper includes the primary characteristics of HPC V-belts, as well as the history of the drive itself. The paper further explains the calculus and presents the tables of technical characteristics among different types of High Performance Composite V-belts.

Key words: High Performance Composite V-belts, HPC V-belt drive, power drive

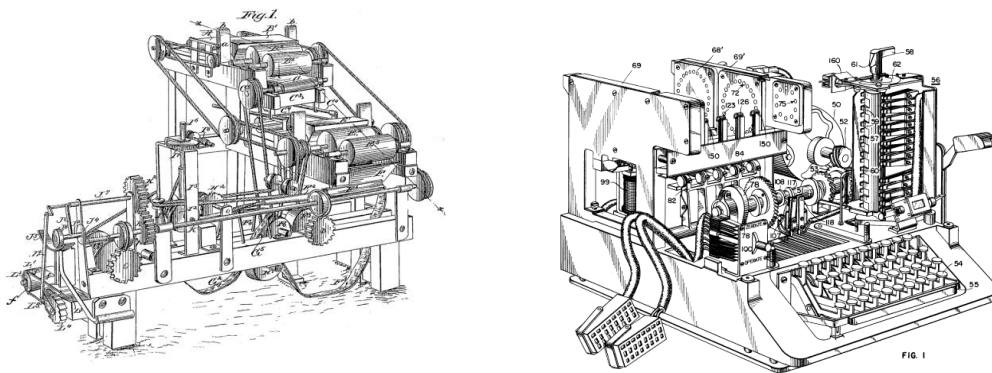
Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом

2007/2016, Бранко Антић

1. Увод	1
2. Механички преносници.....	2
2.1 Подела механичких преносника.....	2
2.2 Особине механичких преносника.....	3
2.3 Историјски развој механичких преносника.....	4
2.4 Основни параметри механичких преносника.....	6
3. Каишни преносници.....	7
3.1 Конструкција каишних преносника.....	7
3.2 Подела каишних преносника.....	8
4. Сегментни каишни преносници.....	10
4.1 Подела сегментних каишних преносника	10
4.2 Историјски развој сегментних каишних преносника	11
4.3 Основне карактеристике сегментних каишних преносника.....	12
4.4 Уградња сегментних каишева.....	14
4.5 Конструкција сегментног каиша.....	14
4.6 Материјал за израду сегментног каиша и његове основне карактеристике.....	15
4.7 Утицај појединих параметара на спрезање сегментних каишних преносника.....	16
4.8 Основни технички подаци сегментних каишева.....	18
4.9 Примена сегментних каишних преносника.....	24
5 Прорачун сегментних каишних преносника.....	27
5.1 Снага каишног преносника.....	27
5.2 Укупна снага.....	28
5.3 Избор сегментног каиша.....	28
5.4 Дужина сегментног каиша и фактор дужине каиша.....	34
6. Закључак.....	37
7. Литература.....	38

1. Увод

Механички преносници (слика 1.1), како кроз историју тако и данас, имају битну улогу у машинској индустрији. Данас, након многих истраживања, експеримената и разних искустава, у овом добу могуће је извршити оптимални избор одговарајућег механичког преносника. Зато је неопходно познавање њихових конструкционих особина и карактеристика. За правилан избор преносника значајни утицај има примена појединих машинских елемената у конструктивном решењу механичких преносника, [1].



Слика 1.1 – Конструкциона решења механичких преносника, [2, 3]

Механички преносници имају задатак да преносе механичку енергију од погонске до радне машине. Тај процес преноса механичке енергије, поред механичких преносника, може се вршити помоћу трансмисионих вратила и спојница. За разлику од њих, преносницима је могуће вршити трансформацију броја обртаја, обртног момента, а понекад и смера обртања. Обично радне машине раде при нижем броју обртаја у односу на погонске. Отуда и потреба за знатно веће вредности обртних момената. Рецимо, спороходна погонска машина у својој конструкцији садржи обртни момент и број обртаја који су прилагођени радној машини. Тако да трансформација поменутих параметара није потребна. Међутим, брзоходна радна машина, заједно са преносником, има значајно мање димензије, масу и цену у односу на спороходну радну машину истих радних карактеристика. Постоје случајеви где се једном погонском машином доводи у рад већи број радних машина. Код неких погона положај оса вратила погонске и радне машине се мења у току рада, као и њихово међусобно растојање. Постоје и специјални случајеви где се промена броја обртаја радне машине мења у самом процесу експлоатације, [1].

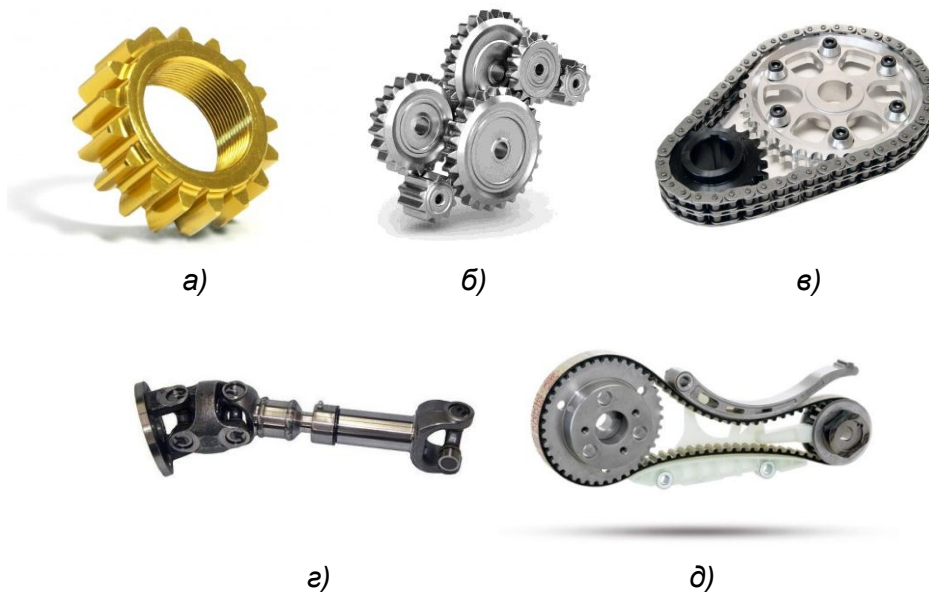
2. Механички преносници

2.1 Подела механичких преносника

Код механичких преносника пренос снаге између погонске и радне машине заснива се на такозваном механичком принципу. Обртни момент и кретање се преносе на два начина. Први начин подразумева трење површина у додиру, док је други начин пренос обликом, с непосредним или посредним додиром погонског и гоњеног елемента, [1].

Данас постоје различите врсте механичких преносника (слика 2.1) који најчешће налазе примену у машиноградњи. То могу бити, [1]:

- зупчасти преносници,
- ланчани преносници,
- фрикциони преносници,
- каишни преносници,
- кардански преносници,
- навојни преносници и
- преносници специјалних намена.



Слика 2.1 – Врсте механичких преносници: а) навојни, б) зупчасти, в) ланчани, г) кардански, д) каишни, [4 - 8]

Зупчасти каишни преносници и ланчани преносници, захваљујући својој конструкцији, обртни момент преносе обликом, док фрикциони преносници обртни момент преносе трењем. Каишни преносници могу да преносе обртни момент трењем (као што су плъоснати каишни преносници и ремени преносници), а постоје и случајеви где могу обртни момент преносити обликом и трењем, [1].

Механички преносници који преносе обртни момент обликом могу да остваре тачан преносни однос, док код преноса обртног момента отпором трења увек постоји физичка појава која се назива клизање, [1].

У зависности од броја парова елемената за пренос обртног момента (броја степени преноса) постоје две врсте механичких преносника и то, [1]:

- једностепени преносници и
- вишестепени преносници.

У зависности од величине лучног зазора, постоји подела механичких преносника на, [1]:

- безазорне,
- малозазорне и
- нормалне преноснике.

Касније, у тексту, биће посвећена пажња каишним преносницима, биће извршена њихова подела, приказане њихове карактеристике, предности и друге особине.

2.2 Особине механичких преносника

Поступак избора одговарајућег преносника за конкретну примену највише зависи од висине потребних захтева (радних карактеристика, експлоатационих услова...). Ако су доминантни захтеви мале димензије, константан преносни однос, велики степен искоришћења, велика издржљивост у раду, низак ниво буке и вибрација, онда се бирају зупчасти преносници, [1]. За пренос снаге и кретања између вратила са већим осним растојањем и сталним преносним односом, бирају се зупчасти каишни и ланчани преносници. Обзиром на своје кинематске и динамичке карактеристике, ови преносници користе се само за мање вредности угаоних брзина и обртних момената, [1].

За постојан и стабилан рад механичког преносника у случају краткотрајних преоптерећења, при чему преносни однос нема потребе да буде константан, за већа осна растојања и мале снаге бирају се каишни преносници. Фрикциони преносници се такође користе при тим захтевима, али у случају мањих осних растојања. Када се међусобни положај вратила мења у току експлоатације, или се вратила налазе под одређеним углом, примењују се кардански преносници. Навојни преносници се користе када је потребно да се обртно кретање претвори у транслаторно, односно обртни момент у аксијалну силу, [1].

2.3 Историјски развој механичких преносника

Развој механичких преносника текао је упоредо са развојем машинства и индустрије. Елементи првих преносника пронађени су у Кини и Египту. Углавном су били направљени од дрвета. Коришћени су код механизма врата на храмовима и пећинама, уређајима за подизање терета, неким борбеним машинама (слика 2.2),... Први писани трагови о зупчаницима потичу још из старе Грчке и Рима. Претпоставља се да је први зупчаник настао око 350 године пре нове ере, [1].



Слика 2.2 – Типови катапулта, [9, 10]

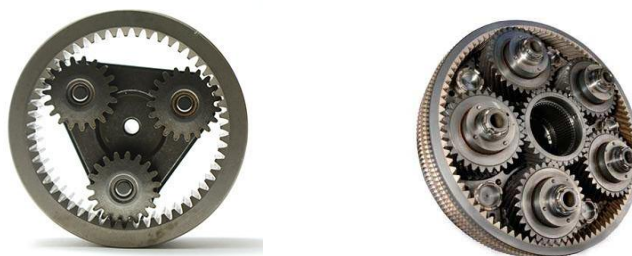
У доба ренесансе, развоју машинства највише је допринео Леонардо да Винчи (*Leonardo da Vinci* 1452. - 1519.) велики италијански сликар, вајар, архитекта, инжењер и проналазач. Једни од његових генијалних проналазака јесу скице зупчастих преносника, кранова, транспортних система, навојних преносника, спојница, кочница, подизача, опруга, мерних уређаја, борбених средстава,... и претеча су највећих достигнућа савременог доба, [1].



Слика 2.3 – Биг Бен (*Great Bell of the clock*), сат на кули покреће механизам механичких преносника, [11]

Први сложени механизам механичких преносника је искоришћен на Биг Бену (*Great Bell of the clock* - 1859) (слика 2.3). Прву парну машину направио је енглески инжењер Томас Савери (*Thomas Savery* 1650. – 1715.) али никада није заживела. Тек је 1712. године Томас Њукамен (*Thomas Newcomen* 1664. – 1729.) саградио парну машину која је почела да се примењује. Џејмс Ват (*James Watt* 1736. – 1819), шкотски инжењер и проналазач, унапредио је постојећу конструкцију парне машине и своју верзију патентирао 1769. године. Нова парна машина је била основни покретач прве велике индустријске револуције, [1].

Та парна машина у себи је садржала и планетарни преносник. Планетарни зупчаник (слика 2.4) се уз помоћ ремена окретао двоструко већим бројем обртаја у односу на број обртаја да Винчијевог зупчастог пара. Франц Ролекс (*Franc Rolex*) је у својој књизи описао најједноставнији планетарни преносник који се састоји од једног сателита и који се обрће око централног зупчаника, [1].



Слика 2.4 – Планетарни зупчаници, [12, 13]

Индустрија механичких преносника је у 20 и 21 веку доживела праву експанзију. Најсавременији механички преносници поседују изванредне радне карактеристике

(велики степен искоришћења, велики преносни однос, изузетно компактну конструкцију, низак ниво буке и вибрација, дуг и поуздан радни век,...) Захваљујући њима, механички преносници и даље имају најширу примену у индустрији у односу на остале врсте преносника, [1].

2.4 Основни параметри механичких преносника

Када се анализира неки преносник, на уму треба имати његове улазне и излазне параметре, као и радне карактеристике. Улазни параметри су у ствари главне карактеристике неке погонске машине. То могу бити, [1]:

- улазни број обртаја n_{ul} ,
- улазна угаона брзина ω_{ul} ,
- улазна снага P_{ul} и
- улазни обртни момент T_{ul} .

Постоје и радне карактеристике сваког преносника. У тексту су дати детаљни подаци за неке од каишних преносника, а постоје још и називни обртни момент, топлотни капацитет, дозвољено радијално и аксијално оптерећење улазног и излазног вратила, осна висина,... Што се тиче излазних параметара механичких преносника, могу бити, [1]:

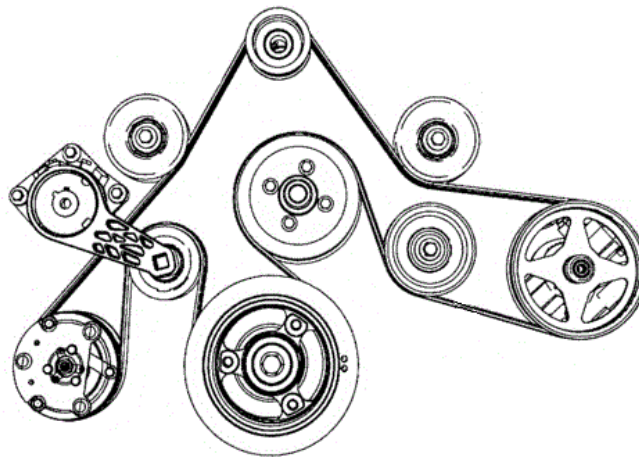
- излазни број обртаја n_{iz} ,
- излазна угаона брзина ω_{iz} ,
- излазна снага P_{iz} и
- излазни обртни момент T_{iz} .

Излазни параметри преносника свакако представљају основне радне карактеристике неке радне машине, [1].

3. Каишни преносници

3.1 Конструкција каишних преносника

Каишни преносници (слика 3.1) преносе снагу (механичку енергију) и кретање између вратила која могу бити и на поприлично великом међуосном растојању. Најједноставнији каишни преносник састоји се од два точка (каишника) и каиша (ремена) пребаченог преко њих. Каиш је, уз помоћ каишника, затегнут одређеном силом. Радно оптерећење се преноси посредством силе трења између каиша и точкова (каишника) или захватањем зубаца каиша и точкова посредством трења и облика. Део каиша (ремена) између каишника (ременица) који вуче назива се вучни огранак, а други повратни, односно слободни огранак, [1].



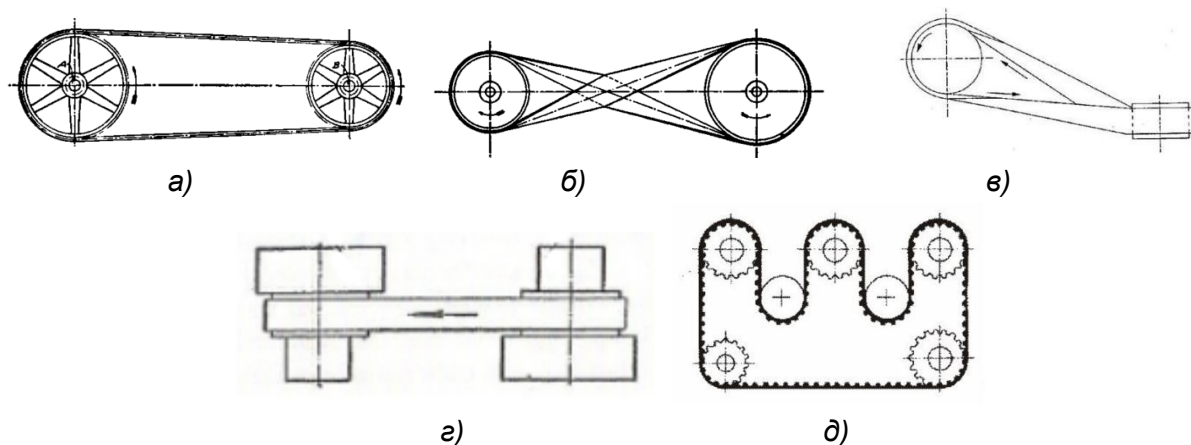
Слика 3.1 – Сложена конструкција каишних преносника, [14]

Код каишних преносника услед затегнутости каиша, на додиру каиша и каишника, јавља се сила притиска F_t и сила трења F_μ . Пренос кретања и снаге путем силе трења (отпора при клизању) се остварује ако је задовољен одређен услов $F_t < F_\mu$, односно да сила трења мора бити већа од обимне силе која се, приликом рада преносника, преноси. Способност преноса каишног преносника зависи од величине затезних сила у крацима каиша и ремена (степенa затегнутости каиша), коефицијента трења μ , обвојног угла β , брзине,... Обвојни угао одговара делу обима на коме се остварује додир између каиша и каишника, [1].

3.2 Подела каишних преносника

Према положају оса погонског и гоњеног каишника и потребном смеру обртања истих, у машинској пракси разликују се (слика 3.2), [15]:

- отворени каишни преносник,
- укрштени каишни преносник,
- полуукрштени каишни преносник,
- степенасти каишни преносник и
- вишеструки каишни преносник.



Слика 3.2 – Врсте каишних преносника: а) отворени, б) укрштени, в) полуукрштени
г) степенасти, д) вишеструки, [16 - 19]

Отворени каишни преносници се употребљавају на местима где је потребно остварити исте смерове обртања погонског и гоњеног вратила. Могу бити хоризонтално, косо и вертикално постављени, а осе вратила, чији се смерови поклапају, су међусобно паралелне, [15].

Код укрштених каишних преносника, насупрот отвореним каишним преносницима, остварују се супротни смерови обртања погонског и гоњеног вратила. Обвојни углови су нешто веће вредности. Каиш се, због повећаног трења, савијања и увијања, значајно брже хаба. Каиш код ових типова преносника има мању ширину. Примењују се за мања осна растојања и мање брзине, [15].

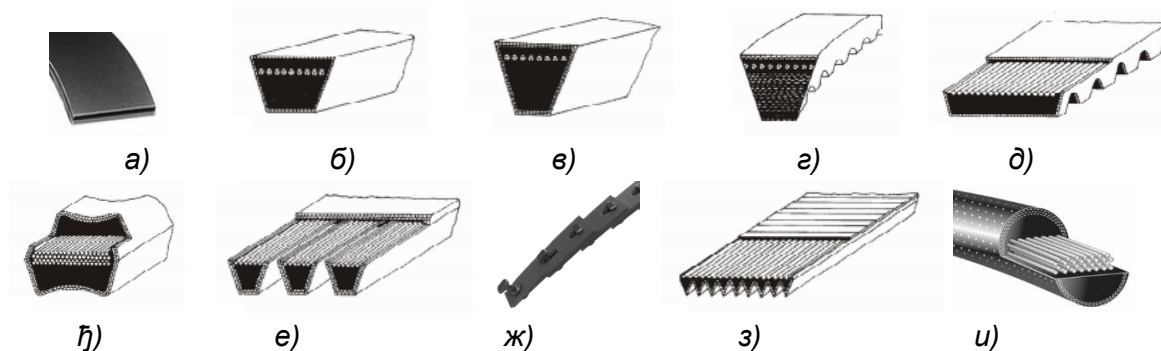
Полуукрштени каишни преносник се примењује у посебном случају када се осе погонског и гоњеног вратила мимоилазе. При распореду каишника потребно је да средња линија наилазног огранка каиша лежи у средњој равни каишника (у

супротном каиш може већ на почетку рада да спадне са каишника и тиме поремети рад машинског система), [15].

Код степенастог каишног преносника каишници су распоређени у степенастом облику (као да је каишник састављен од више каишника који имају различите пречнике). Основна намена им је промена преносног односа односно промена броја обртаја гоњеног вратила. То се постиже пребацивањем каиша (ремена) са једног пара каишника (ременица) на други (са једне степенице на другу). При томе мора бити испуњен услов да се каишем исте дужине могу обухватити сви парови каишника. Према облику профила каиша, каишни преносници се деле на, [15]:

- каишне преноснике са плъоснатим каишем (плъоснати каишни преносници),
- трапезне каишне преноснике (ремени преносници),
- зупчасте каишне преноснике и
- специјалне каишне преноснике.

Према облику попречног пресека каиша разликују се (слика 3.3), [15]:



Слика 3.3 – Врсте каишева, [17, 20, 21, 22]

- плъоснати каиш (слика 3.3, а),
- нормални трапезни каиш (слика 3.3, б),
- уски трапезни каиш (слика 3.3, в),
- уски трапезни зупчasti каиш (слика 3.3, г),
- широки трапезни зупчasti каиш (слика 3.3, д),
- двострани трапезни каиш (слика 3.3, е),
- повезани трапезни каишеви (слика 3.3, ж),
- сегментни каиш (слика 3.3, ж),
- полу-V каиш (слика 3.3, з) и
- ремени округли (слика 3.3, и).

4. Сегментни каишни преносници

4.1 Подела сегментних каишних преносника

Специфичност ових преносника лежи у конструкцији која је сачињена од индивидуалних повеза (слика 4.1), односно машинских делова који имају улогу сегмената. Ти сегменти су међусобно повезани у једну целину и на тај начин сачињавају каиш сегментног каишног преносника. Њихова употреба произилази из алтернативног избора уместо полу-V и трапезних врста каишева. Настали су због потребе потражње за бољим карактеристикама и монтирању на неприступачним местима у односу на стандардне каишеве у разним отежаним условима експлоатације чија машиноградња новијег доба захтева, [23].



Слика 4.1 – Сегментни каишеви, [24, 25]

Постоји више врста сегментних каишева који се, првенствено, разликују по облику сегмента (индивидуалног елемента) и веза између њих, [23]:

- *NU T-Link,*
- *SUPER T-Link,*
- *ACCU T-Link,*
- *NEO Link,*
- *Power Twist,*
- *Power Twist Antistatic,*
- *Power Twist drive,*
- *Power Twist Ground Round,*
- *Power Twist Drive Wedge и*
- *Power Twist Roller Drive.*

Захваљујући њиховом јединственом дизајну њихова монтажа је веома једноставна што поприлично скраћује време уградње, а тиме су и економични. Чињеница је да каишеви имају исте основне карактеристике као и други стандардни каишеви (првенствено полу-V и трапезни), али због њихових предности су бољи избор у односу на стандардне. Међу свим врстама сегментних каишева најбројнији су *Power Twist* сегментни каишеви као и њихове специјалне врсте са такозваним мостом пребаченим преко сегмената (слика 4.2), [23].



Слика 4.2 - *Power Twist* сегментни каишеви са мостом, [23, 26]

4.2 Историјски развој сегментних каишних преносника

Каишни преносници генерално наилазе на ширу употребу у првој половини 20-ог века. Још 1946. године конструисан је први зупчасти каишни преносник (слика 4.3). То је био гумени каиш са трапезним профилем зубаца. До те године су се користили једноставни каишеви са металним прстеновима. Наиме, увођењем гуменог каиша значајно је смањена бука, а повећан радни век и поузданост каиша, [1].



Слика 4.3 – Зупчасти каишни преносник од гуме, [27]

Сегментни каишеви су настали 1982. године (*NU T-Link*), четири године након почетка коришћења полиестера у машинству. Тада је и први пут приказана такозвана Т-веза. Индивидуални елемент се састојао из једног дела са отвором чији је један крај служио за повезивање (слика 4.4). *Power Twist* је и дан данас задржао ту конструкцију. Тек касније је настала конструкција са засебним клиновима. Почетних година нису налазили на ширу употребу. Тек 1995. године на тржиште излази нови тип каиша (*SUPER T-Link*). Тих година је пронађен начин производње вишеслојног модификованог полиестера. 2001. године обе врсте каиша су стандардизоване (ISO 9002) и тиме почиње значајно шира употреба ових каишева. Примећује се да је овакав механички преносник један од најмлађих у историји машиноградње, [23, 28].



Слика 4.4 – Изглед првих сегмената, [29]

4.3 Основне карактеристике сегментних каишних преносника

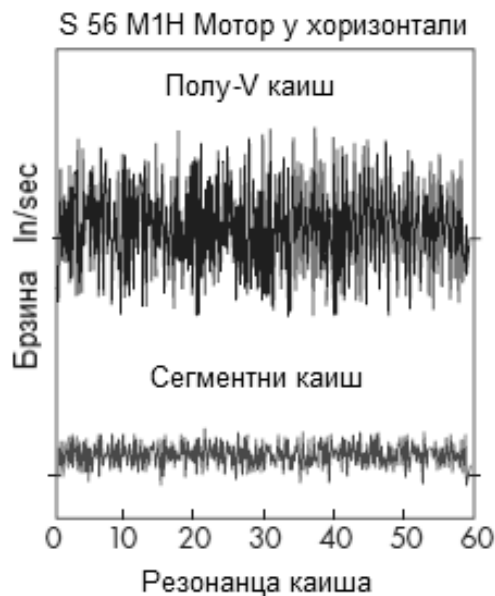
Предности ових специјалних каишева у односу на обичне су, [23]:

- продужени век трајања,
- рад у тежим условима експлоатације,
- једноставна монтажа,
- јефтино одржавање,
- једноставан дизајн израде,
- лака замена резервних сегмената,
- смањени шумови и вибрације,
- смањено трење између каиша и каишника и
- нема потребе за подмазивањем.

Висока трајност у тешким условима рада карактерише ове каишне преноснике. Наиме, изграђени од вишеслојног модификованог полиестера, каишеви су

отпорни на супстанце попут воде, паре, разне врсте уља и друге индустријске хемикалије. Такође, имају велику отпорност на хабање, поготову на абразивне супстанце као што су песак, шљунак и други грађевински материјали. Раде на екстремним температурама, од -40°C до 100°C . Пример оваквих услова рада се може наћи код камиона који преносе шљунак. Излагање абразивној мешавини агрегата и прашине изазива прекомерно хабање и трење које повећава топлоту на каишу. Захваљујући овим каишевима животни век каишног преносника је повећан и до пет пута, [23].

Захваљујући јединственом дизајну каиша, додатна опрема је поједностављена, а тиме и уштеда трошкова. Пошто се сегменти надовезују један на други нема потребе за скупом опремом, као што је опрема за подешавање удаљености оса вратила каишника, опрема за монтажу каиша,... Каиш се такође може поставити и у неприступачне положаје где се каишници лако могу позиционирати под неправилним или нагнутим углом до $17,5^{\circ}$, а да се при том перформансе каиша не смање и остану непромењене, [23].



Слика 4.5 – Мерни таласи вибрација сегментног и полу-V каиша, [26]

Што се тиче вибрација (слика 4.5) сегментни каишни преносници смањују вибрације за чак 50 посто у односу на класичне каишне преноснике. Профили сегмената су стандардизовани у зависности од потреба машиноградње, [23].

4.4 Уградња сегментних каишева

Монтажа ових каишева је врло једноставна и време уградње прилично скраћено првенствено због јединственог дизајна у везама сегмената. Повезивање је олакшано чак и на ограђеном или ограниченом прилазу машинске конструкције (слика 4.6). Нема потребе за демонтажом читавог погона, каиш се може монтирати спајањем око каишника и извлачити у делове при потребном напрезању, [23].



Слика 4.6 – Сегментни каишни преносник у погону, [23, 26, 28]

Тиме се уградња може смањити на само два сата и на местима где таква операција може потрајати и три дана. Такође се смањује учесталост отказа на каишу, а приликом отказа одређеног дела нема потребе мењати цео каиш (само одређене сегменте што те каишеве и чини специјалним у односу на класичне). Само складиштење резервних сегментних елемената значајно смањује простор у односу на друге каишеве који могу бити и више метара. Док се стандардни каишеви, који су складиштени, могу временом оштетити, резервни сегменти, који се складиште у кутијама, једноставно се не распадају (одлични су за дуже складиштење), [23].

4.5 Конструкција сегментног каиша

Процес спајања сегмената ових каишева је једноставан (слика 4.7) и, с гледишта машинског дизајна, занимљив. Састоји се у спајању веза у облику слова Т. На једној страни се налази стандардизовани отвор, а на другој клин који је на средини причвршћен тако да се може ротирати око осе за минимум 90° . Клин једног сегмента се убацује у отвор другог сегмента тако да доња површина клина буде изнад отвора. Посебним алатом окрећемо клин за 90° чиме се остварује веза између два сегмента, [23].

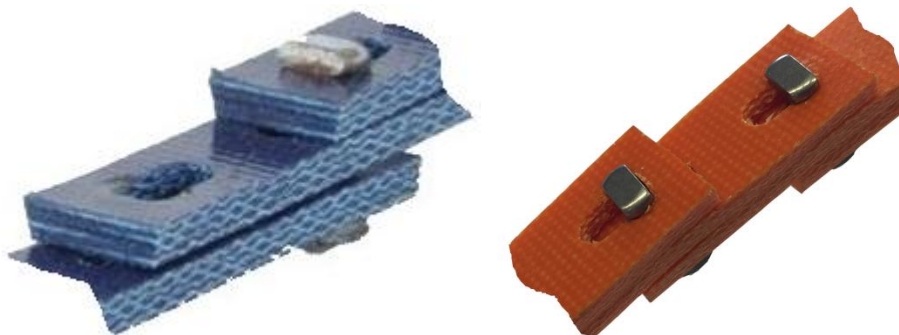


Слика 4.7 – Принцип спајања сегмената у Т везу посредством клина, [30, 31]

Тако сачињена веза чини сегменте нераздвојивим чиме каиш функционише. Број сегмената зависи од потребне дужине каиша. Код вишеслојних каишника треба водити рачуна да сваки ланац има исти број веза. Каишеви могу преносити снагу у било ком правцу. Овакав тип конструкције каиша (где су сегменти стандардизованог облика позиционирани један преко другог) смањује загревање каиша и замор материјала, а самим тим и мање се издужује, [23].

4.6 Материјал за израду сегментног каиша и његове основне карактеристике

Материјал за израду каиша треба да поседује велики коефицијент трења, велику затезну чврстоћу, еластичност, динамичку издржљивост на савијање, да је неосетљив на атмосферске утицаје,... Сви захтеви се не могу остварити једним материјалом. Зато се у последње време каиши израђују као вишеслојни уз одређене модификације (слика 4.8), [15].



Слика 4.8 – Изглед вишеслојног модификованог полиестера на сегментном каишу, [22, 30]

Сегментни каишеви се израђују од вишеслојне модификоване пластике (полиестер) чије су карактеристике висока чврстоћа, мала еластичност, ниска вредност коефицијента трења. Сегментни каиш се израђује у једној целини или од траке чији се крајеви спајају. Спајање се изводи лепљењем, заваривањем, пришивањем или специјалним спајалицама. Основне карактеристике сегментног каиша израђеног полиестера су, [15]:

- Затезна чврстоћа	$R_m = \text{од } 200 \text{ до } 250 \text{ N/mm}^2,$
- Модул еластичности на затезање	$E_z = \text{од } 500 \text{ до } 600 \text{ N/mm}^2,$
- Модул еластичности на савијање	$E_s = 250 \text{ N/mm}^2,$
- Дозвољени напон	$\sigma_{doz} = \text{од } 6 \text{ до } 18 \text{ N/mm}^2,$
- Густина	$\rho = \text{од } 1100 \text{ до } 1200 \text{ kg/m}^3,$
- Коефицијент отпора клизању	$\mu = \text{од } 0,5 \text{ до } 0,7,$
- Пречник каишника	$d = \text{од } 80 \text{ до } 100 \text{ mm},$
- Учесталост савијања каиша	$f_s = 80 \text{ s}^{-1},$
- Ширина материјала за каиш	$b_{MK} = 1000 \text{ mm},$
- Највећа обимна брзина	$v_{max} = 80 \text{ m/s},$
- Радна температура	$t = \text{од } -20 \text{ до } +60 \text{ }^\circ\text{C},$
- Дебљина каиша	$h = \text{од } 0,5 \text{ до } 4 \text{ mm}.$

Ово су основне вредности ако је у питању материјал полиестер, за екстремне услове и друге типове полиестера вредности такође могу бити екстремне.

4.7 Утицај појединих параметара на спрезање сегментних каишних преносника

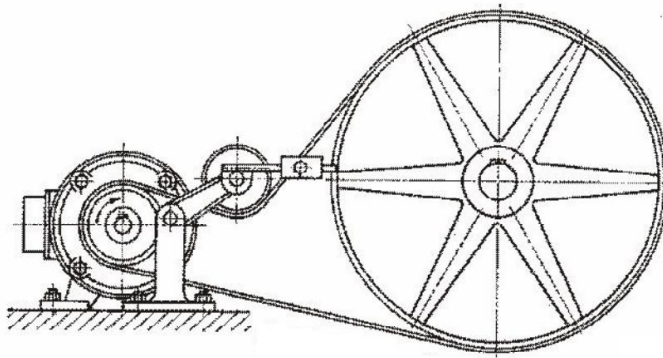
Тачност спрезања каиша сегментних елемената и каишника у већини зависи од геометријских и механичких карактеристика преносника. Када је реч о механичким карактеристикама, при повећању оптерећења сегментни каиш се издужује и правилност спрезања се нарушава. Геометријске карактеристике се огледају у избору профила површина сегмента каиша, [15].

Што се тиче хабања, оно се може смањити прецизнијом израдом индивидуалног елемента и клина, а и смањењем грешака при монтажи. При томе се морају поштовати одговарајуће толеранције, када је израда у питању. При балансирању и монтажи каишника пожељно је да осе каишника буду паралелне и да се могућа искошења налазе у одговарајућим границама. Раније је било речи да сегментни каишеви могу бити под углом до $17,5^\circ$, а да не изгубе своја својства, [15, 23].

Утицај трења ни код сегментних каишних преносника није занемарљив. Појава трења код ових преносника, као и њене последице, нису довољно разјашњене. За разлику од осталих преносника снаге и кретања (зупчаника, ланчаних преносника,...) где се трење углавном јавља при контакту две металне површине, код преносника са каишем индивидуалних елемената у контакту се налазе метална и неметална површина, односно две неметалне површине, [15, 23].

За време кретања каиша дуж обвојног лука каишника долази до савијања и истезања самог каиша. За разлику од плоснатих каишева, где се савијање врши по уједначеној кривој, савијање код сегментног каиша је, првенствено због своје конструкције, значајно смањено. Другим речима, један сегмент као индивидуални елемент није или је занемарљиво оптерећен савијањем на каишнику. Истежање, за разлику од савијања, код сегментног каиша се јавља по уздужној површини сваког сегмента појединачно. Иначе, савијање и истезање каиша може довести до деформације каиша, [15].

При пројектовању сегментног каишног преносника битно место заузима затезање каиша (слика 4.9). Исправно затезање каиша обезбеђује нормално спрезање каиша са каишником, минималне губитке у преноснику, мање хабање лежајева и мирнији рад преносника. Каиш треба да буде затегнут према препоруци коју даје произвођач, [15].



Слика 4.9 – Пример затезања каиша (помоћу спољног затезача), [17]

Провера затегнутости каиша врши се помоћу тензиометра. Неадекватна затегнутост се огледа у недовољној или претераној затегнутости каиша. Претерана затегнутост каиша доводи до повећања губитка снаге и смањује степен искоришћења. Такође, ако је каиш сувише затегнут, влакна вучног дела на сегменту су додатно оптерећена у односу на њихову чврстоћу, што доводи до

бржег пуцања. При затезању, део који је највише оптерећен се налази између бочне површине сегмента и клина. Занимљива ставка код сегментних каишева да се сегменти могу лако додавати и уклањати све док се не постигне одговарајућа дужина каиша која задовољава одговарајућу затегнутост, [15, 32].

4.8 Основни технички подаци сегментних каишева

Производња сегментних зупчастих каишева подразумева и прописане вредности техничких карактеристика као што су ширина и дужина каиша, материјал каиша, величина и облик... У наставку су приказане табеле (4.1 – 4.13) техничких карактеристика разних врста сегментних каишева.

Табела 4.1 – Техничке карактеристике *Super T Link*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каишника	Величина профила каишника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник катура [mm]	Ширина каиша [mm]	Висина носивости изнад обода [mm]
SPZ	V	Z/10	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	71	10	4,6 - 10
SPA	V	A/13/4L	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	90	13	3,6 - 9,1
SPB	V	B/17/5L	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	140	17	1,4 - 5,1
3V	V	3V	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	71	11	4,6 - 10
5V	V	5V	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	140	17	1,4 – 5,1
SPC	V	C/22	Плава	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	224	22	1,3 – 8,4

Табела 4.2 - Техничке карактеристике *Nu T Link*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник котура [mm]	Ширина каиша [mm]	Висина носивости изнад обода [mm]
Z/10	V	Z/10	Наранџаста	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	3 20	45	10	1,6 – 4,6
A/13/4L	V	A/13/4L	Наранџаста	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	80	13	2 – 7,8
B/17/5L	V	B/17/5L	Наранџаста	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	5 20	125	17	2,2 – 9,3
C/22	V	C/22	Наранџаста	Композитни полиестер/полиедар и челични клинови	20	229	22	0,1 – 5,4

Табела 4.3 - Техничке карактеристике *Power Twist Drive*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник котура [mm]	Ширина каиша [mm]	Висина носивости изнад обода [mm]
Z/10	V	Z/10	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	2 10 30	45	10	3,6 – 5,2
A/13/4L	V	A/13/4L	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	2 10 30	80	13	2,1 – 4
B/17/5L	V	B/17/5L	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	2 10 30	125	17	3,4 – 5,6
C/22	V	C/22	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	2 10 30	229	22	1,8 – 5,1

3L	V	3L	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	2 10 30	50,8	9,5	3 – 4,2
D/32	V	D/32	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	2 10 30	335	32	2 – 5,3

Табела 4.4 - Техничке карактеристике *Power Twist Ground*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш- ника	Величина профила каиш- ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник котура [mm]	Ширина каиша [mm]
1/2"	Округли	1/2"	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	76	13
3/8"	Округли	3/8"	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	76	10
5/16"	Округли	5/16"	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	140	8
9/16"	Округли	9/16"	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	140	14
3/4"	Округли	3/4"	Црвен	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	216	19

Табела 4.5 - Техничке карактеристике *Power Twist Antistatic*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш- ника	Величина профила каиш- ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник котура [mm]	Ширина каиша [mm]	Висина носивости изнад обода [mm]
A/13/4L	V	A/13/4L	Плава	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	80	13	2,1 – 4
B/17/5L	V	B/17/5L	Плава	Композитни полиестер/ полиедар	10 30	125	17	3,4 – 5,6

Табела 4.6 - Техничке карактеристике *Power Twist Double*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник катура [mm]	Ширина каиша [mm]
Полу-V AA	Полу-V	AA	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	10 30	80	13
Полу-V BB	Полу-V	BB	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	10 30	125	17
Полу-V CC	Полу-V	CC	Црвен	Композитни полиестер/полиедар	10 30	229	22

Табела 4.7 - Техничке карактеристике *Power Twist Wedge*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник катура [mm]	Ширина каиша [mm]	Висина носивости изнад обода [mm]
SPZ	V	SPZ	Плава	Композитни полиестер/полиедар	5 20	67	10	4,5 – 7,5
SPA	V	SPA	Плава	Композитни полиестер/полиедар	5 20	90	13	4,1 – 10,3
SPB	V	SPB	Плава	Композитни полиестер/полиедар	5 20	140	17	5 - 11
3V	V	3V	Плава	Композитни полиестер/полиедар	5 20	67	10	4,5 – 7,5
5V	V	5V	Плава	Композитни полиестер/полиедар	5 20	140	17	5 - 11

Табела 4.8 - Техничке карактеристике *Power Twist Move*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник катура [mm]
A/13	V	A/13/4L	Љубичаста	Композитни полиестер/полиедар	10	76
B/17	V	B/17/5L	Љубичаста	Композитни полиестер/полиедар	10	140

C/22	V	C/22	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	229
D/32	V	D/32	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	335
Z/10	V	Z/10	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	45

Табела 4.9 - Техничке карактеристике *Power Twist Move Round*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш- ника	Величина профила каиш- ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник котура [mm]
1/2"	Округли	1/2"	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	76
3/8"	Округли	3/8"	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	76
5/16"	Округли	5/16"	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	51
9/16"	Округли	9/16"	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	140
3/4"	Округли	3/4"	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар	10	216

Табела 4.10 - Техничке карактеристике *Power Twist Move Top*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш- ника	Величина профила каиш- ника	Боја каиша	Материјал каиша	Ширина каиша [mm]	Минимални пречник котура [mm]
A/13	V	A/13/4L	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар 85A	13	80
B/17	V	B/17/5L	Љубичаста	Композитни полиестер/ полиедар 85A	17	125

Табела 4.11 - Техничке карактеристике *Power Twist Move SGT PVC*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Ширина каиша [mm]	Минимални пречник катура [mm]
A/13	V	A/13/4L	Љубичаста и тамнозелена	Композитни полиестер/полиедар и PVC	13	80
B/17	V	B/17/5L	Љубичаста и тамнозелена	Композитни полиестер/полиедар и PVC	17	125
C/22	V	C/22	Љубичаста и тамнозелена	Композитни полиестер/полиедар и PVC	22	200

Табела 4.12 - Техничке карактеристике *Power Twist Move SGT PU*, [30, 33]

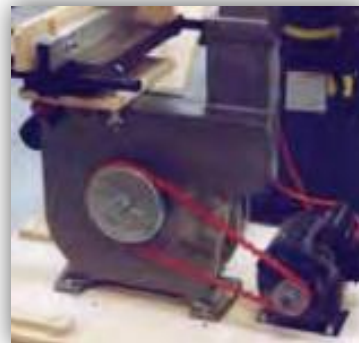
Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Ширина каиша [mm]	Минимални пречник катура [mm]
A/13	V	A/13/4L	Љубичаста и наранџаста	Композитни полиестер и полиедар 70A	13	80
B/17	V	B/17/5L	Љубичаста и наранџаста	Композитни полиестер и полиедар 70A	17	125
C/22	V	C/22	Љубичаста и наранџаста	Композитни полиестер и полиедар 70A	22	200

Табела 4.13 - Техничке карактеристике *NEO Link*, [30, 33]

Тип каиша	Облик профила каиш-ника	Величина профила каиш-ника	Боја каиша	Материјал каиша	Дужина каиша [m]	Минимални пречник катура [mm]	Ширина каиша [mm]
A/13/4L	V	A/13/4L	Црна	Неопрен	10	80	13
Z/10	V	Z/10	Црна	Неопрен	10	45	10

4.9 Примена сегментних каишних преносника

Примена сегментних каишева је веома разнолика. Највише се примењују у екстремним ситуацијама, тамо где долази до честог пуцања стандардног каиша. Оваквим честим отказима значајно се поскупљује одржавање самог система, а производња уме да паузира и до неколико дана. На пример, код обраде боја тепиха температура достиже и 100°C услед коришћења паре и разних хемикалија. Тако да у овим условима тренутно може само сегментни каиш исправно да функционише са продуженим веком трајања и до десет пута. Слична ситуација код рибарског брода. Излагањем влаге и уља често долази до замора полу-V каишева. Такође, сваки пут приликом демонтаже каиша било је потребно демонтирати и главно погонско вратило. У оваквом случају *Nu T-Link* каиш је добро дошао као одговор на корозивне ефекте морске воде. Може се и приметити да, приликом уградње, нема потребе за демонтажом погонског вратила. Разне абразивне честице и прљавштине су поприлично доступне у индустрији производње цигле и блокова за грађевину (слика 4.10). Наиме, због комплексних конструкција разних машина, приликом уградње новог каиша производња је била застајала минимум три дана. Инсталирање *Nu T-Link* каиша није само смањило фреквенцију отказа каиша (висока отпорност на абразивне честице) већ је и време монтирања сведено на два сата, [23, 26, 28].



Слика 4.10 – Сегментни каишеви у индустрији прераде цигле и дрвета, [23, 26]

Код машина за обраду дрвета (слика 4.10), трапезни каишеви су отказивали на свака два месеца. Застој траке је трајао десетак сати. *Super T-Link* каиш је у овој индустрији заменио стандардни трапезни каиш. Сегментни каишеви се могу користити и на компресорима. Једноставним дизајном снижени су трошкови производње и нема потребе за додатним уређајима за затезање каишева. *Nu T-Link* каиш се користи и у индустрији прераде камена, тачније у каменоломима.

Линијска конструкција ради у условима излагања абразивној прашини и високим вибрацијама. Захваљујући овим сегментним каишним преносницима радни век ове конструкције је повећан, [23, 26, 28].

Сегментни каишни преносници се могу користити и у комерцијалне сврхе. Наиме, машина за хемијско чишћење је била подложна квару јер је погон био оптерећен честом покретању и заустављању у раду при обрнутим покретима са променљивим брзинама. Уградња сегментних каишева помогла је да машина има знатно дужи животни век, [23, 26, 28].

Код ски-лифова постоји конструкција таква да су каишници за пренос кретања распоређени око закривљеног терминала. Закривљени угао износи 17 степени. Проблем је био, поред закривљеног угла, утицај лошег времена и рад на веома ниским (зимским) температурама. Поред свега тога, због гумених повезаних трапезних каишева, било је потребно постављање уређаја за затезање каиша. То је посебно довело до високих трошкова одржавања и саме комплексности дизајна. За овај посебан случај су се вршили вишемесечни експерименти и истраживања. На кају је одабран *Super T-Link* каиш који може поднети овакве несвакидашње услове рада, а и није било потребе за уређајима за затезање каиша, [23, 26, 28].

Још један пример комерцијалне употребе се може наћи на Франкфуртском аеродрому, тачније систему за руковање путничким пртљагом (слика 4.11). Овде је занимљиво то што је сегментни каиш заменио систем ланчаног преноса, [23, 26, 28].



Слика 4.11 – Уградња сегментног каиша у погону
за руковање путничким пртљагом, [23, 26]

Ради се о томе да је ланац уграђен у погон ваљака где су они распоређени под угловима. Свака кривина се сачињавала од десет до тринаест ваљака како би се начиниле кривине од 90 степени. Угаона померања између ваљака варирају

између 7 и 9 степени. Било је потребно такво конструктивно решење које би могло ефикасно да функционише услед кривине ваљака и реши одређене оперативне проблеме. Ланац је редовно застајао и отказивао услед неспособности да поднесе напрезање између ременица под углом. Такође, неопходни су високи нивои одржавања и поправке, затим редовног подмазивања и времена потребног за монтажу. Високи нивои буке су исто били незаобилазни. Као и у претходном случају код ски-лифтова и овде се спроводило вишемесечно тестирање и испитивање. На крају је одлучено да се угради *Super T-Link* каиш. Фантастично се сналази у кривинама, нема потребе за подмазивањем што је повећало радни век погона, бука је смањена за 40% (по студији са 100 децибела на 60 децибела), а време монтаже је значајно смањено, [23, 26, 28].

5 Прорачун сегментних каишних преносника

5.1 Снага каишног преносника

Избор и прорачун сегментних каишних преносника има за циљ дефинисање основних параметара преноса као и димензија каиша. Како бисмо извршили прорачун правилног одабира сегментног каишног преносника потребно је прво пронаћи прописану снагу мотора који покреће систем. Затим из табеле 5.1 усвојити фактор радних услова мотора. Вредност снаге каишног преносника одређује се помоћу израза, [28, 32]:

$$P_p = P_m \cdot k_u [kW], \quad (1)$$

где су:

P_p – снага каишног преносника [kW],

P_m – снага радне машине (задата вредност од произвођача) [kW] и

k_u – фактор услова рада.

Табела 5.1 – Фактор радних услова, [28]

Услови рада	Тип машине	Време рада до 10h	Време рада од 10h до 16h	Време рада преко 16 h	Време рада преко 10h
Лаки услови	Вентилатор – пумпа - компресор (снаге до 4 kW)	1	1,1 – 1,2	1,2 – 1,3	1,1
Средњи услови	Вентилатор – пумпа - компресор (снаге до 15 kW), штампачи, машински алати, пресе, маказе	1,1	1,2 – 1,3	1,3 – 1,4	1,2
Тешки услови	Текстилна индустрија, моторне тестере, дрвена индустрија, грађевинске машине	1,2	1,3 – 1,5	1,4 – 1,6	1,4
Специјални услови	За бржа вратила, вертикална вратила, удаљена осна растојања, екстремно блиска осна растојања	1,1			

5.2 Укупна снага

Вредност угла контакта вратила се може одредити на основу следећег израза, [28]:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{60 \cdot (d_m - d_p)}{a}, \quad (2)$$

где су:

d_m – пречник котура мотора (задата вредност) [mm],

d_p – пречник котура преносника (задата вредност) [mm] и

a – дужина растојања оса вратила преносника (задата вредност) [mm].

На основу израчунате вредности угла α из табеле 5.2 се усваја фактор угла додира k_α који је потребан за прорачун укупне снаге преносника, [28].

Табела 5.2 – Фактор угла додира

Угао додира α	180°	175°	170°	165°	160°	155°	150°	145°	140°	135°	130°	125°	120°
Фактор додира k_α	1	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,11	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20

Коначно се може израчунати укупна снага P_u преносника као производ снаге преносника P_p и фактора угла додира k_α , односно, [28]:

$$P_u = P_p \cdot k_\alpha [kW]. \quad (3)$$

5.3 Избор сегментног каиша

Снага каиша P_s се бира из табеле 5.3 тако што се одабере тип каиша чији се пречник котура поклапа са пречником котура мотора d_m и на основу преносне брзине. Пример, за сегментни каиш „В“ селекције, пречника 125 mm и броја обртаја 1440 o/min снага P_s је 3,84 kW. На овај начин се врши избор потребног сегментног каиша за преносник. [28].

Број потребних каишева на преноснику i одређује се као однос укупне снаге P_u и снаге каиша P_s , односно, [28]:

$$i = \frac{P_u}{P_s}. \quad (4)$$

Брзина сегментног каишног преносника се одређује као, [28]:

$$v = \frac{n \cdot d_s}{19100} \left[\frac{m}{s} \right], \quad (5)$$

где су:

v – брзина каиша,
 n - преносна брзина и
 d_s – пречник котура каиша.

У следећим табелама (5.3.1 - 5.5.2) су дате снаге каиша за мањи котур и то *Super T Link*, *Nu T Link* и *Power Twist Plus*, [34], [28].

Табела 5.3.1 – Снага каиша за *Super T Link* за бројеве обртаја од 100 до 900 [o/min]

Број обртаја [o/min]			100	200	300	400	500	600	700	720	800	900
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	63	0,10	0,18	0,25	0,32	0,39	0,45	0,51	0,52	0,56	0,62
		90	0,20	0,37	0,53	0,63	0,83	0,96	1,11	1,15	1,25	1,38
		125	0,33	0,61	0,63	1,14	1,39	1,64	1,86	1,94	2,12	2,35
	SPA	90	0,26	0,47	0,66	0,84	1,01	1,16	1,32	1,35	1,46	1,60
		112	0,41	0,75	1,06	1,36	1,65	1,92	2,19	2,24	2,45	2,70
		150	0,65	1,21	1,74	2,24	2,73	3,21	3,67	3,76	4,12	4,56
	SPB	140	0,73	1,33	1,89	2,42	2,92	3,40	3,86	3,95	4,31	4,75
		180	1,10	2,05	2,93	3,77	4,57	5,35	6,11	6,26	6,84	7,56
		250	1,74	3,28	4,70	6,07	7,39	8,67	9,92	10,16	11,12	12,29
	SPC	224	1,99	3,59	5,04	6,40	7,67	8,87	10,00	10,22	11,08	12,10
		280	2,99	5,49	7,81	9,99	12,06	14,04	15,92	16,28	17,71	19,41
		355	4,31	8,00	11,44	14,70	17,80	20,75	23,56	24,10	26,22	28,73

Табела 5.3.2 – Снага каиша за *Super T Link* за бројеве обртаја од 960 до 1700 [o/min]

Број обртаја [o/min]			960	1000	1100	1200	1300	1400	1440	1500	1600	1700
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	63	0,64	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,89	0,91	0,96	1,00
		90	1,45	1,51	1,64	1,77	1,89	2,01	2,04	2,13	2,25	2,36
		125	2,46	2,57	2,80	3,01	3,23	3,44	3,50	3,65	3,85	4,05
	SPA	90	1,69	1,74	1,87	2,00	2,12	2,24	2,29	2,36	2,47	2,58
		112	2,85	2,95	3,19	3,43	3,66	3,88	3,97	4,10	4,32	4,53
		150	4,82	4,99	5,41	5,83	6,23	6,63	6,78	7,01	7,39	7,76
	SPB	140	5,00	5,17	5,58	5,97	6,36	6,73	6,88	7,09	7,44	7,78
		180	7,98	8,25	8,93	9,58	10,22	10,84	11,08	11,44	12,02	12,58
		250	12,97	13,42	14,52	15,57	16,59	17,57	17,68	18,51	18,85	19,18
	SPC	224	12,68	13,06	13,96	14,81	15,59	16,31	16,59	16,98	17,58	18,11
		280	20,38	21,02	22,53	23,95	25,27	25,75	26,22	26,68	27,12	27,56
		355	30,16	31,08	32,14	33,17	34,16	34,02	33,83	33,61	33,36	

Табела 5.3.3 – Снага каиша за *Super T Link* за бројеве обртаја од 1800 до 3400 [o/min]

Број обртаја [o/min]			1800	1900	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	63	1,04	1,08	1,12	1,20	1,27	1,34	1,41	1,47	1,53	1,58
		90	2,47	2,58	2,69	2,91	3,11	3,31	3,50	3,68	3,85	4,02
		125	4,25	4,44	4,63	5,00	5,35	5,68	6,00	6,31	6,59	6,86
	SPA	90	2,69	2,79	2,89	3,09	3,26	3,43	3,59	3,73	3,86	3,98
		112	4,73	4,93	5,13	5,51	5,87	6,21	6,53	6,83	7,11	7,37
		150	8,12	8,48	8,82	9,48	10,11	10,48	10,89	11,38	11,49	11,40
	SPB	140	8,11	8,43	8,73	9,31	9,83	10,31	10,73	11,10		
		180	13,12	13,64	14,14	14,90	15,43	15,77	15,87	15,66		
		250	19,50	19,80	19,74	19,53						
	SPC	224	18,57	18,97	19,29							
		280	27,48	27,36	27,21							
		355										

Табела 5.3.4 – Снага каиша за *Super T Link* за бројеве обртаја од 3600 до 5400 [o/min]

Број обртаја [o/min]			3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	63	1,63	1,68	1,72	1,76	1,80	1,83	1,86	1,88	1,90	1,91
		90	4,18	4,33	4,47	4,60	4,72	4,84	4,94	5,04	5,12	5,19
		125	7,11	7,34	7,55	7,74	7,90	8,05	8,17	8,26	8,33	
	SPA	90	4,08	4,17	4,25							
		112	7,44	7,48	7,52							
		150	11,08	10,65								

Табела 5.4.1 – Снага каиша за *Nu T Link* за бројеве обртаја од 100 до 800 [*o/min*]

Број обртаја [<i>o/min</i>]			100	200	300	400	500	600	700	720	800
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10	50	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30
		71	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	0,32	0,39	0,46
		90	0,16	0,18	0,21	0,30	0,38	0,50	0,58	0,66	0,74
	A/13	63	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,31	0,37	0,42
		90	0,24	0,30	0,43	0,58	0,76	0,99	1,08	1,15	1,18
		112	0,31	0,37	0,47	0,63	1,01	1,40	1,67	1,83	1,90
	B/17	112	0,37	0,52	0,73	0,98	1,30	1,62	1,87	2,03	2,13
		125	0,97	1,22	1,47	1,72	1,97	2,22	2,35	2,48	2,71
		180	1,03	1,61	2,19	2,77	3,35	3,93	4,19	4,41	4,66
	C/22- S/25	180	1,31	1,83	2,44	3,18	3,92	4,66	5,00	5,15	5,32
		200	1,53	2,66	3,89	4,40	5,63	6,41	6,90	6,97	7,35
		250	2,18	3,52	5,16	6,49	8,22	9,41	9,93	10,38	11,14
	D/32	330	3,60	7,00	9,89	13,30	15,25	16,35	17,86	18,41	19,33
		355	4,47	8,49	11,57	15,61	17,72	19,06	20,93	21,32	22,80
		410	6,79	10,85	14,87	18,93	21,91	23,69	25,41	26,38	27,66

Табела 5.4.2 – Снага каиша за *Nu T Link* за бројеве обртаја од 900 до 1500 [*o/min*]

Број обртаја [<i>o/min</i>]			900	960	1000	1100	1200	1300	1400	1440	1500
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10	50	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40
		71	0,53	0,60	0,62	0,69	0,79	0,86	0,93	1,01	1,08
		90	0,80	0,88	0,98	1,09	1,20	1,31	1,48	1,51	1,55
	A/13	63	0,47	0,52	0,57	0,61	0,66	0,70	0,75	0,79	0,84
		90	1,25	1,32	1,38	1,45	1,52	1,58	1,66	1,73	1,81
		112	1,97	2,05	2,12	2,22	2,34	2,44	2,58	2,72	2,86
	B/17	112	2,24	2,34	2,45	2,57	2,65	2,74	2,80	2,87	2,94
		125	2,94	3,11	3,27	3,33	3,50	3,64	3,77	3,84	3,92
		180	4,97	5,28	5,51	5,75	6,11	6,57	6,87	7,06	7,27
	C/22- S/25	180	5,73	5,95	6,18	6,41	6,73	7,09	7,31	7,41	7,51
		200	7,73	8,21	8,51	8,82	9,28	9,66	9,87	9,99	10,09
		250	11,91	12,31	12,72	13,82	14,58	15,00	15,36	15,50	15,63
	D/32	330	20,94	21,61	22,01	22,97	23,50	24,50			
		355	24,83	25,90	26,49	26,87	27,25	27,66			
		410	30,16	31,49	31,72	32,00	32,07				

Табела 5.4.3 – Снага каиша за *Nu T Link* за бројеве обртаја од 1600 до 2800 [o/min]

Број обртаја [o/min]			1600	1700	1800	1900	2000	2200	2400	2600	2800
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10	50	0,44	0,48	0,55	0,62	0,66	0,72	0,78	0,82	0,88
		71	1,11	1,19	1,25	1,32	1,38	1,44	1,51	1,57	1,63
		90	1,61	1,62	1,72	1,78	1,80	1,86	1,91	1,95	1,99
	A/13	63	0,87	0,90	0,93	0,94	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03
		90	1,91	2,01	2,09	2,17	2,22	2,32	2,44	2,55	2,63
		112	2,99	3,12	3,24	3,37	3,46	3,62	3,72	3,81	3,89
	B/17	112	3,04	3,14	3,26	3,38	3,48	3,72	3,85	3,93	3,96
		125	4,05	4,19	4,40	4,54	4,68	4,85	4,90	4,99	5,01
		180	7,59	7,88	8,11	8,30	8,44	8,65	8,68	8,70	8,72
	C/22- S/25	180	7,62	7,64	7,95	8,00	8,18	8,28	8,34	8,58	8,70
		200	10,24	10,34	10,36	10,62	10,81	10,92	10,98		
		250	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70			

Табела 5.4.4 – Снага каиша за *Nu T Link* за бројеве обртаја од 2880 до 4800 [o/min]

Број обртаја [o/min]			2880	3000	3200	3500	4000	4200	4500	4800
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10	50	0,89	0,92	0,94	0,98	1,04	1,06	1,08	1,10
		71	1,65	1,69	1,73	1,79	1,82	1,82		
		90	1,99	2,00	2,03	2,08	2,11			
	A/13	63	1,04	1,06	1,08	1,13	1,18	1,20	1,23	1,23
		90	2,64	2,67	2,71	2,80	2,91	2,92		
		112	3,93	4,02	4,07	4,08				
	B/17	112	3,97	4,00	4,01					
		125	5,01	5,03						
		180	8,73							

Табела 5.5.1 – Снага каиша за *Power Twist Plus* за бројеве обртаја од 600 до 2000 [o/min]

Број обртаја [<i>o/min</i>]			600	720	800	960	1000	1200	1400	1440	1600	1800	2000
Тип каиша и пречници котура каишника	Z	56	0,19	0,22	0,25	0,29	0,30	0,35	0,39	0,41	0,45	0,51	0,57
		71	0,33	0,40	0,43	0,54	0,54	0,69	0,81	0,83	0,92	1,06	1,18
		90	0,50	0,61	0,66	0,83	0,88	1,05	1,23	1,24	1,43	1,54	1,63
	A	75	0,50	0,60	0,70	0,80	0,89	1,10	1,22	1,24	1,33	1,80	1,54
		90	0,75	0,90	1,10	1,24	1,28	1,45	1,63	1,67	1,80	1,98	2,16
		100	1,10	1,33	1,35	1,78	1,59	1,83	2,07	2,13	2,36	2,54	2,80
		112	1,12	1,35	1,57	1,81	1,87	2,16	2,43	2,48	2,68	2,92	3,16
		125	1,25	1,53	1,81	2,09	2,16	2,49	2,80	2,86	3,10	3,39	3,65
	B	125	1,60	2,00	2,39	2,72	2,80	3,19	3,54	3,61	3,86	4,15	4,42
		150	2,64	3,16	3,29	3,70	3,90	4,45	4,89	4,99	5,42	5,48	6,22
		180	3,39	4,05	4,21	4,72	4,85	5,77	6,43	6,55	7,03	7,56	8,02
		200	4,05	4,87	5,08	5,85	6,04	6,90	7,68	7,88	8,38	8,98	9,49
	C	180	4,50	5,10	5,51	5,80	6,52	7,24	7,40	7,50	7,89	8,27	8,53
		200	5,49	6,25	6,76	7,65	7,88	8,88	9,68	9,81	10,36	10,88	11,23
		224	6,98	7,96	8,62	9,78	9,70	11,34	11,85	12,01	12,66	13,27	13,66
		250	8,54	9,32	10,58	11,87	12,38	13,92	15,20	15,41	16,21	16,86	17,28

Табела 5.5.2 – Снага каиша за *Power Twist Plus* за бројеве обртаја од 2200 до 4000 [o/min]

Број обртаја [o/min]			2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000
Тип каиша и пречници котура каишника	Z	56	0,63	0,68	0,74	0,80	0,84	0,90	0,94	1,00	1,05	1,10
		71	1,27	1,41	1,49	1,55	1,61	1,64	1,67	1,71	1,76	1,78
		90	1,69	1,76	1,89	1,90	1,91	1,93	1,95	2,02	2,05	2,08
	A	75	1,65	1,74	1,82	1,90	1,97	2,04	2,09	2,14	2,19	2,23
		90	2,30	2,37	2,50	2,60	2,71	2,80	2,89	2,96	3,04	3,09
		100	2,98	3,07	3,16	3,25	3,38	3,50	3,60	3,69	3,77	3,83
		112	3,36	3,56	3,74	3,92	4,06	4,20	4,32	4,42	4,51	4,57
		125	3,89	4,12	4,33	4,51	4,68	4,82	4,95	5,04	5,12	5,17
	B	125	4,64	4,83	5,00	5,13	5,22	5,27	5,30	5,27	5,21	5,10
		150	6,54	7,03	7,05	7,12	7,30	6,98	6,96	6,70	6,50	6,30
		180	8,41	8,72	8,95	9,09	9,15	9,12	8,97			
		200	9,90	10,19	10,38	10,44	10,36					
	C	180	8,67	8,67	8,53	8,16	7,80					
		200	11,41	11,40	11,19	10,66	10,12					
		224	13,80	13,68	13,29							
		250	17,30	16,95								

5.4 Дужина сегментног каиша и фактор дужине каиша

Дужина сегментног каиша се рачуна на основу следећег обрасца, [26]:

$$b = 2 \cdot a + 1,57 \cdot (d_{p2} + d_{p1}) + \frac{(d_{p2} + d_{p1})^2}{4 \cdot a}, \quad (6)$$

где су:

a – дужина растојања оса вратила преносника (задата вредност) [mm],

d_{p1} - пречник мањег котура каишника (задата вредност) [mm] и

d_{p2} - пречник већег котура каишника (задата вредност) [mm].

На основу израчунате вредности дужине каиша и ранијег одабира типа каиша из табела 5.6.1 - 5.7.4 бира се одговарајући фактор дужине сегментног каиша [26].

Табела 5.6.1 – Вредности фактора дужине каиша од 512 до 1600 милиметара за *Super T Link*

Дужина каиша [mm]		512	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1500	1600
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	0,79	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,98	0,99	1,00
	SPA				0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92
	SPB								0,83	0,85	0,86	0,87
	SPC											

Табела 5.6.2 – Вредности фактора дужине каиша од 1800 до 5000 милиметара за *Super T Link*

Дужина каиша [mm]		1800	2000	2240	2500	2800	3150	3550	4000	4500	5000
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,15			
	SPA	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06			
	SPB	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,05
	SPC		0,85	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98

Табела 5.6.3 – Вредности фактора дужине каиша од 5600 до 9500 милиметара за *Super T Link*

Дужина каиша [mm]		5600	6300	7100	7500	8000	9000	9500
Тип каиша и пречници котура каишника	SPZ							
	SPA							
	SPB	1,07	1,09	1,11	1,12	1,13		
	SPC	1,00	1,02	1,03	1,04	1,05	1,07	1,08

Табела 5.7.1 – Вредности фактора дужине каиша од 622 до 1930 милиметара за *Nu T Link*

Дужина каиша [mm]		622	660	780	880	990	1090	1220	1350	1540	1730	1930
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10	0,94	0,95	0,99	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,14		
	A/13		0,80	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92	0,95	0,97	1,00	1,02
	B/17					0,83	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,97
	C/22									0,81	0,82	0,86
	D/32											

Табела 5.7.2 – Вредности фактора дужине каиша од 2040 до 3190 милиметара за *Nu T Link*

Дужина каиша [mm]		2040	2160	2270	2390	2590	2690	2840	3030	3190
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10									
	A/13	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,11	1,12	1,14
	B/17	0,98	0,99	1,00	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
	C/22	0,87	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
	D/32									0,86

Табела 5.7.3 – Вредности фактора дужине каиша од 3390 до 7558 милиметара за $Nu T$ Link

Дужина каиша [mm]	3390	3790	4030	4290	4540	5030	5340	6040	6375	7558
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10									
	A/13	1,15	1,17	1,19	1,20	1,22	1,24			
	B/17	1,09	1,11	1,13	1,14	1,15	1,18	1,19	1,22	
	C/22	0,97	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,10	1,11
	D/32	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,99	1,00

Табела 5.7.4 – Вредности фактора дужине каиша од 8058 до 16075 милиметара за $Nu T$ Link

Дужина каиша [mm]	8058	9058	10058	10675	12575	13275	15075	16075
Тип каиша и пречници котура каишника	Z/10							
	A/13							
	B/17							
	C/22	1,17	1,19	1,22				
	D/32	1,05	1,08	1,10	1,11	1,15	1,16	1,19

6. Закључак

Сегментни каишеви, поред својих добрих карактеристика и особина у односу на стандардне каишеве још увек немају адекватну заступљеност. Тренутно се производе и употребљавају у условима где стандардни каишеви не могу да се користе. Сегментни каишни преносници данас све више замењују обичне каишеве. Првенствено због тога што су сегментни каишеви супериорни у односу на стандардне каишеве, посебно у примени на специфичним и неприступачним местима. Пример може бити случај када осе вратила каишника нису у истој равни или су распоређени под неким већим углом. Битна чињеница везана за њих је да се дужина каиша може лако подешавати и мењати у односу на постављене захтеве без претходне демонтаже каишника.

Такође, због свог јединственог дизајна одлични су у лако и брзом отклањању насталог оштећења, што данас веома смањује трошкове уградње. Користе се уместо полу-V и трапезних врста каишева, а постоје и случајеви када сегментни каишеви замењују ланчани преносник. Материјал, захваљујући коме сегментни каишеви имају боље карактеристике у односу на остале каишеве, јесте модификовани полиестер. Три типа сегментних каишних преносника који се највише примењују у пракси су *Super T Link*, *Nu T Link* и *Power Twist*. Налазе примену у индустрији обраде дрвета, камена, цигле, могу бити на компресорима, моторима мањих бродова, терминалима распоређених по аеродромима, код ски-лифтова и тд.

Сегментни каишни преносници су релативно млади преносници, тако да постоји огроман потенцијал за њихов даљи развој и примену.

7. Литература

- [1] Б. Стојановић, М. Благојевић, Механички преносници, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2015. године
- [2] <https://www.alec.org/article/intellectual-property-rights-are-natural-rights/> - приступљено 10.3.2018. 12:10h
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Machine> - приступљено 10.3.2018. 12:11h
- [4] <https://www.minimania.com/part/COM785/Aluminum-Alloy-Vernier-Duplex-Timing-Chain-Set--Sprite--Mg-Midget--Mini> - приступљено 10.3.2018. 12:12h
- [5] <https://www.activescalemodels.co.uk/hpi-aluminium-threaded-pinion-gear-17x12mm-1m> - приступљено 10.3.2018. 12:15h
- [6] <http://www.informagiovaniumbertide.it/News/Ponti-Engineering-prorogata-scadenza-bando-corso-di-formazione-MANUTENTORE-DI-MACCHINE-ED-IMPIANTI-INDUSTRIALI> - приступљено 10.3.2018. 12:17h
- [7] <https://www.quora.com/What-is-the-use-of-a-drive-shaft> - приступљено 10.3.2018. 12:20h
- [8] <http://www.dayco.com/timing-belt-in-oil-bio-system> - приступљено 10.3.2018. 12:22h
- [9] <https://www.amazon.com/Catapult-Kit-Wooden-Medieval-Warfare/dp/B001K74SHS> - приступљено 10.3.2018. 12:23h
- [10] <https://www.turbosquid.com/3d-models/catapult-obj/404392> - приступљено 10.3.2018. 12:26h
- [11] <https://wallpaper.wiki/hd-big-ben-background.html/wallpaper-wiki-big-ben-desktop-background-pic-wpb002176> - приступљено 10.3.2018. 12:28h
- [12] <http://www.vashdom.ru/browse3016307-planetarnyi-reduktor.htm> - приступљено 10.3.2018. 12:29h
- [13] <https://www.indiamart.com/proddetail/planetary-gear-11577265530.html> - приступљено 10.3.2018. 12:30h

[14] <http://serpentinebelthq.com/2003-lincoln-navigator-5-4l-serpentine-belt-diagram/> - приступљено 10.3.2018. 12:34h

[15] В. Николић, Машински елементи, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2004.

[16] <http://chestofbooks.com/crafts/machinery/Shop-Practice-V2/Belting.html> - приступљено 10.3.2018. 12:38h

[17] www2.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_kaini_prenosnici.pdf - приступљено 10.3.2018. 12:39h

[18] <http://engineering.myindialist.com/2015/twenty-three-short-answer-questions-on-power-transmission/#.Wq8YzfnwaM8> - приступљено 10.3.2018. 12:41h

[19] <https://www.scribd.com/doc/217667284/Kaišni-prenosnici> - приступљено 10.3.2018. 12:45h

[20] <https://www.beltingonline.com/specialty-belts-1168/flat-belts-1065/> - приступљено 10.3.2018. 12:47h

[21] <https://www.gates.com/power-transmission/v-belts/round-belts/c/115> - приступљено 10.3.2018. 12:48h

[22] <http://www.bearingshopuk.co.uk/c-section-nutlink-belting/> - приступљено 10.3.2018. 12:49h

[23] <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/13ec/0900766b813ec7d4.pdf> - брошура компаније Fenner Drives (High Performance Composite V-Belts) за 2014. годину, приступљено 10.3.2018. 8:52h

[24] <http://passion-usinages.forumgratuit.org/t1737-courroie-agrable-fenner-drives-powertwist-plus-nutlink-supertlink> - приступљено 10.3.2018. 12:52h

[25] <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-612551211-correa-power-twist-seccion-c-JM> - приступљено 10.3.2018. 12:53h

[26] <http://www.skft.hu/data/fenner-nutlink-supertlink.pdf> - брошура компаније Fenner Drives (High Performance Composite V-Belts), приступљено 10.3.2018. 9:52h

[27] <https://me-mechanicalengineering.com/belt-drives/> - приступљено 10.3.2018. 12:54h

[28] https://www.spinet.biz.pl/katalogi/3998/FENNER_DRIVES_katalog_pasow_segmentowych_NUTLINK,SUPERTLINK,TWIST_PLUS.pdf. - брошура компаније BLT (Detachable Drive Belts), приступљено 10.3.2018. 11:24h

[29] <http://www.onlinetoolreviews.com/reviews/powertwistplus.htm> - приступљено 10.3.2018. 12:57h

[30] <http://www.fennerdrives.com/> - приступљено 10.3.2018. 6:10h

[31] https://simplybearings.co.uk/shop/p356004/NuTLink-C/22-High-Performance-Composite-V-Belt-22mm-Width/product_info.html - приступљено 10.3.2018. 12:58h

[32] др. Слободан Танасијевић, Механички преносници, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 1994.

[33] <http://www.fennerdrives.com/productliterature/> - каталог компаније Fenner Drives (All Product Catalog) – приступљено 10.3.2018 5:56h

[34] <http://toolsdepotgroup.com/download/Fenner%20Design%20Manual%20-%20Belt%20Drive.pdf> - каталог компаније Fenner (design manual belt drive), приступљено 10.3.2018. 5:28h