

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи транспортних машина

Број индекса: 138/2015

Милован Р. Весић

Анализа и конструкционо решење ски лифта
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Родољуб Вујанац, доцент

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Прикаже кратак осврт на историјски развој транспортних уређаја.
- Истакне улогу и област примене уређаја непрекидног транспорта, њихове главне карактеристике и наведе класификацију истих.
- На изабраном типу уређаја непрекидног транспорта, ски лифту, потребно је да прикаже принцип прорачуна основних елемената уређаја и конструктивно извођење истих.

Препоручена литература:

- [1] Др. Миломир Гашић, Машински факултет Краљево, 1997. Транспортни уређаји
- [2] Др. Слободан Тошић, Машински факултет Београд, 1999. Транспортни уређаји-механизација транспорта

Крагујевац, октобар 2019. године

Ментор:

Др Родољуб Вујанац, доцент

Резиме

У оквиру овог рада дат је кратак осврт на транспортне уређаје, њихову примену и класификацију. Детаљно су описане и наведена је подела скијашких жичара, урађен је прорачун нискоужетне вучнице и одабрани су основни елементи склопа.

Кључне речи: ски лифт, нискоужетна вучница, жичара, скијашка жичара.

Summary

The aim of this final paper is to give a brief overview of the transporting devices, their application and classification. The ski lifts are described in detail, the rope tow lift is designed and the basic elements of the construction are selected. For the specific rope tow, a detailed calculation has been made.

Keywords: ski lift, rope tow, cable car, ski cable car.

Садржај

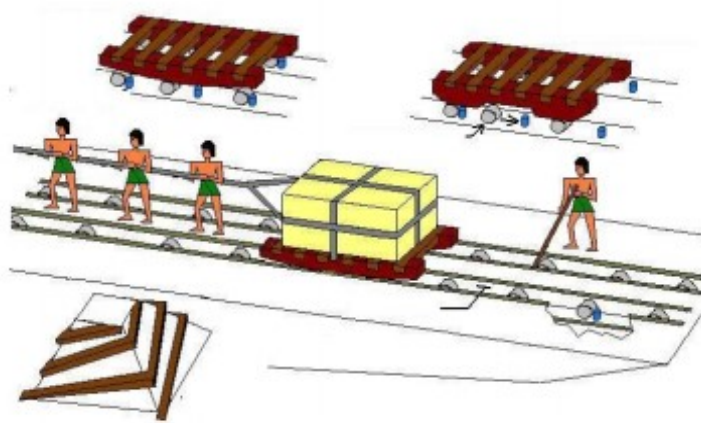
1. Увод	1
2. Улога и област примене уређаја непрекидног транспорта	3
2.1 Подела уређаја непрекидног транспорта	4
3. Улога и подела жичара	5
3.1 Путничке жичаре	7
3.2 Скијашке жичаре	9
3.3 Подела скијашких жичара	10
3.4 Нискоужетне вучнице	10
4. Коципирање и испитивање тржишта	12
4.1 Анализа тржишта	12
4.1.1 Нискоужетна вучница „Comfort Star“	13
4.1.2 Нискоужетна вучница „Pino cord“	14
4.2 Потребе купаца	15
5. Прорачун и избор елемената нискоужетне вучнице	16
5.1 Прорачун потребне вучне силе	16
5.2 Прорачун и одабир ужета	18
5.3 Димензионисање погонске катураче	20
5.4 Одабир погонског мотора	21
5.5 Прорачун преносног односа редукције	23
5.6 Провера потребне снаге мотора	24
5.7 Прорачун каишног преносника	25
5.8 Прорачун потребне силе преднатезања ужета вучнице	30
6. Закључак	32
Литература	33

1. Увод

Потреба за транспортним уређајима постоји од самог настанка човечанства. Први примитивни транспортни уређаји се појављују још 3000. год. п.н.е., што би значило да човечанство користи неку врсту транспортних уређаја већ више од 5000 година.

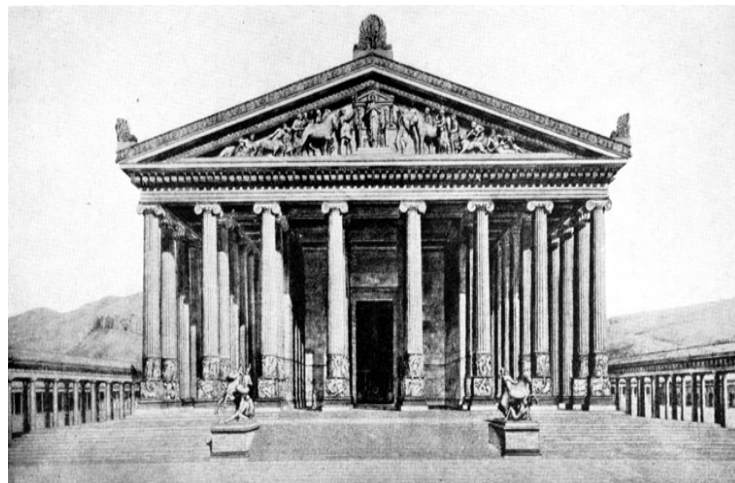
Проблем премештања и подизања терета помоћу примитивних транспортних уређаја решавају још древне цивилизације. Од тада па све до данас транспортни уређаји се све брже усавршавају, у почетку због све већих захтева земљорадње и грађевинарства, а данас због брзе и велике индустрије.

Као један од најбитнијих примера древних и примитивних транспортних уређаја могу се узети уређаји који су коришћени за подизање 5 t тешких блокова на 160 m високу Кеопсову пирамиду у Гизи која је грађена још 2900. год. п.н.е., слика 1.1. Тада је око 4000 зидара и 100 000 радника успело да сагради грађевину која и дан данас изазива дивљење, [1].



Слика 1.1 Изградња Кеопсове пирамиде [1]

Прва дизалица се појављује у античкој Грчкој око 530 година п.н.е. за потребе изградње Артемидиног храма у Ефесу, [2], слика 1.2. Тада су стубови висине 90 m изграђени помоћу првих дизалица. Овај уређај је смањио број људи потребних да би се подигао терет и временом омогућио дизање све већих терета, [1].

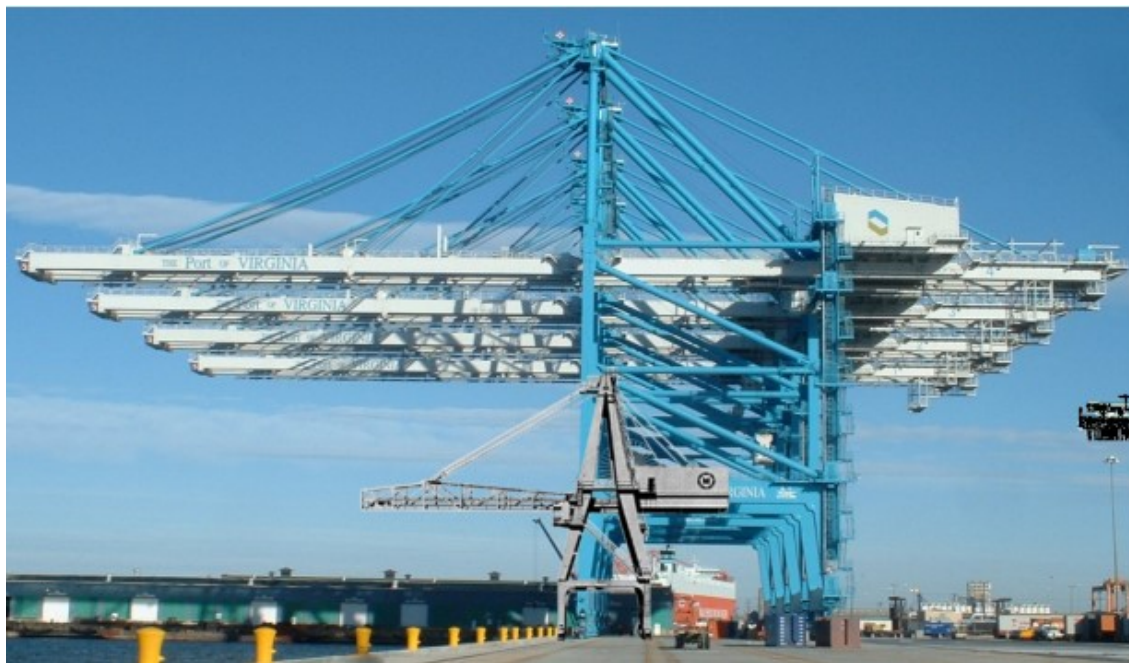


Слика 1.2 Артемидин храм у Ефесу [2]

Током ренесансе XIV-XVI века појављују се сјајни цртежи Леонарда да Винчија на којима се налазе идејна решења неких уређаја за транспорт.

Прва жичара се појављује у Кини око 1250. године, служила је за превоз робе преко канала, река и других неприступачних терена. Касније се жичаре развијају и попримају намену најчешће за превоз људи у ски центрима, данас имамо примере сјајних жичара које превозе велики број људи, [1].

И на крају долази до највећег развитка транспортних уређаја током индустријске револуције крајем XVIII и почетком XIX века, слика 1.3. Настају парне дизалице, хидрауличне дизалице и као најраспрострањеније данас електричне дизалице.



Слика 1.3 Модерни транспортни уређаји [1]

2. Улога и област примене уређаја непрекидног транспорта

Код уређаја прекидног транспорта премештање или подизање терета се врши у циклусима који се састоје од више корака. Кораца у циклусу транспорта, уређаја прекидног транспорта су: прихват терета, померање транспортног уређаја или његовог дела, спуштање терета и на крају враћање уређаја у првобитни положај. При последњем кораку у циклусу транспорта који обавља уређај за прекидни транспорт имамо такозвани празан ход који знатно успорава процес транспорта код ових уређаја.

За разлику од уређаја прекидног транспорта уређаји непрекидног транспорта немају прекиде у раду односно транспорту и та особина их битно издваја као ефикасније у односу на уређаје прекидног транспорта. Савремени транспортни уређаји непрекидног транспорта имају велике капацитете транспорта, чак до 50 000 t/h захваљујући својој особини да ни у једном тренутку не прекидају процес транспорта. Битно је поменути да се не може сваки терет преместити помоћу уређаја непрекидног транспорта. Неки терети својом специфичношћу габарита захтевају транспорт помоћу уређаја прекидног транспорта, [3].

Уређаји непрекидног транспорта имају веома широку област примене, од администрације до рада у рудницима, како за транспорт робе тако и за транспорт људи. Ови уређаји могу да раде одвојено од неког производног процеса или саставно са њим чиме се може постићи велики ниво аутоматизације неког производног процеса.

Основне предности машина и уређаја са непрекидним радом су:

- велики и постојан капацитет који не зависи од дужине транспортног пута,
- мали трошкови по тони транспортованог материјала,
- равномеран ток транспортованог материјала,
- претежно стационаран рад уређаја (ретко заустављање и покретање),
- релативно мали габарити и једноставна уградња,
- велика поузданост у раду и лако одржавање,
- у току транспортовања се могу вршити одређене технолошке операције (монтажа, бојење, прање), [3].

Недостаци ових машина и уређаја су:

- ограничена флексибилност,
- углавном нису погодни за остваривање просторне трасе,
- при непотпуном коришћењу техничких параметара мала рентабилност,
- непогодни су за транспорт терета већих димензија и тежине, [3].

2.1 Подела уређаја непрекидног транспорта

Транспортне уређаје непрекидног транспорта сврставамо у три основне групе:

- уређаји са вучним елементом,
- уређаји без вучног елемента и
- помоћни уређаји, [4].

У уређаје са вучним елементом спадају транспортери који транспорт врше помоћу бесконачног ланца, ужета или траке. Најбитнији уређаји из ове групе су:

- транспортери (тракасти, плочасти, грабуљасти...),
- конвејери (висећи, подни...),
- елеватори (кофичасти, са конзолним носачима...), [4].

Тракасти транспортери преносе материјал помоћу бесконачне траке. Имају велику примену због могућих извођења са великим капацитетима и релативно лаким конструктивним решењима и извођењима.

Плочасти транспортери преносе материјал помоћу плоча које леже на два паралелна бесконачна ланца. Погодни су за пренос комадних материјала.

Грабуљасти транспортери преносе растресите материјале помоћу попречних гребача који се налазе у кориту транспортера и који леже на једном или два бесконачна вучна ланца. Користе се за пренос материјала на мале раздаљине.

Конвејери су углавном транспортни уређаји са ланцем као вучним елементом. Могу се поделити на уређаје који врше транспорт у једној равни или пак на оне који то раде у простору. У зависности од врсте транспортованог материјала могу бити за пренос комадних или растреситих материјала.

Елеватори са виљушкама или љуљашкама служе за претовар или транспорт комадних материјала, са друге стране елеватори са кофицама се користе за пренос растреситих материјала. Код елеватора са кофицама материјал се само преноси вертикално или косо навише док код елеватора са виљушкама или љуљашкама материјал може да се подиже али и да се спушта. Ови уређаји могу бити стационарни или покретни и могу да раде самостално или у комбинацији са неким другим транспортним уређајем, [5].

У групу уређаја без вучног елемента сврставамо:

- пужне транспортере,
- ваљкасте транспортере,
- осцилаторне транспортере, [4].

Пужни (завојни) транспортери користе принцип завојнице и навртке за кретање и пренос материјала. Пужни транспортери са једном завојницом се користе за транспорт растреситих материјала, док се они са две завојнице користе за транспорт комадних материјала.

Ваљкасти транспортери се користе за пренос комадних материјала посредством окретања ваљака који су постављени један до другог у одређеном оквиру. Покретање ваљкастих транспортера је могуће извести помоћу електромотора, док се обртање и снага са једног ваљка на други суседни ваљак преноси помоћу ланчаних преносника.

Осцилаторни транспортери преносе материјал помоћу осцилаторног кретања носећег елемента. Разликујемо радни ход при којем се материјал креће по радном елементу и повратни ход при којем радни елемент проклизава под материјалом који се преноси, [5].

Помоћни уређаји су:

- бункери,
- затварачи,
- додавачи,
- уређаји за одмеравање итд, [4].

3. Улога и подела жичара

Чест је пример да се одређена природна богатства не налазе на лако доступним местима нити на уређеном терену који често нема ни нормалну саобраћајну комуникацију. Тако да се у зависности од изгледа терена, економичности, раздаљине између утоварне и истоварне станице, експлоатационог века самог налазишта, захтеваног капацитета, врсте материјала који се транспортује и томе слично употребљавају жичаре. Експлоатациони век жичара је вишегодишњи јер је само тако разумно изводити њену скупу конструкцију. Намењене су за пренос великих количина материјала на тешко приступачним теренима, често су и раздаљине транспорта велике.

Жичаре за транспорт користе вагонете закачене за челично уже. Њихова велика предност у односу на друге видове транспорта јесте велика раздаљина између носећих стубова, која може ићи и до 3000 m. Могуће је савладати нагибе и до 45°. Рад ових транспортера није ограничен стањем терена нити метеоролошким условима тако да се могу користити и при снеговима и снежним наносима. Могуће је савладати велике висинске разлике. Жичаре такође могу бити изведене и преко насељених места или саобраћајница. Дужина жичаре може бити 8 km па и више.

Недостаци жичара се огледају у томе да су јако скупе па треба добро размотрити исплативост инвестиције. Вагонети за пренос материјала су релативно

малог капацитета, има их доста на линији па за постизање великих капацитета треба обезбедити и велики капацитет утовара и истовара што поново изискује велика средства и упитна је исплативост.

Жичаре можемо поделити према месту уградње на:

- рудничке жичаре и
- ваздушне жичаре.

Ваздушне жичаре можемо поделити на:

- ваздушне жичаре са једним ужетом и
- ваздушне жичаре са два ужета.

У пракси се некада користе и жичаре које се могу лако монтирати, демонтирати и пренети на друго место, такве жичаре називамо преносне жичаре.

Жичара са једним ужетом или „Pendel system”, називана је и Енглеском због своје прве примене. Ова жичара остварује две функције са једним ужетом, уже је истовремено вучно и носеће. Обично се користе за привремене Transporte. Малог су капацитета 10 t/h до 15 t/h, а у рејим случајевима и до 30 t/h. Брзина кретања вагона је око 1,5-2 m/s. Дужина трасе им је од 2 km до 3 km.

Жичаре са два ужета или „Немачке жичаре“ углавном се постављају као стално решење за транспорт, јер нису лако расклопиве. Ове жичаре користе два ужета, једно врши функцију носећег док друго има задатак преноса силе вучења на вагонете. Капацитет ових жичара је велики од 20 t/h па у неким случајевима и до 300 t/h. Дужина њихове трасе је скоро неограничена, обично се са једним вучним уређајем премештава траса до 8 km али ове жичаре имају могућност настављања, тако да се из више потеза превазилазе велике раздаљине. Могу да се користе и две паралелно спрегнуте жичаре. Брзина транспорта се креће од 1 m/s до 3 m/s.

Жичаре можемо поделити и према начину кретања вагонета на:

- кружно кретање вагонета и
- кретање вагонета попут клатна (путничке, скијашке).

За конструисање ваздушних жичара су најбитнији следећи подаци:

- место на којима се налазе утоварна и истоварна станица,
- профил терена, растојање и висинска разлика између станица,
- жељени капацитет, годишњи, сменски и
- карактеристике изабраних вагонета.

Основни уређаји двоужетне жичаре су: утоварна станица, линија кретања, истоварна станица, покретна композиција вагонета и погон вучног ужета, [5].

Последња подела, али не и најмање битна су специјалне жичаре:

- путничке,
- туристичке и
- скијашке.

3.1 Путничке жичаре

Путничке жичаре примењују се углавном на планинским пределима или теренима са неповољним рељефом. Најчешће спајају крајње станице које имају велике висинске разлике.

Конструкције ових жичара варирају. Постоје такозване „седеће“ жичаре на којима се превози једна или више особа у седећем положају и код којих се особе током превоза налазе изнад површине тла. Конструктивна решења код којих се вуку особе на скијама, „сидро“, за превоз две особе на скијама и „тањираче“ на којима се превози једна особа на скијама. Такозване „седеће“ жичаре се користе и у бањама за транспорт туриста, за превоз радника од насеља до радних постројења која се налазе на високим планинама.

Индустријске путничке жичаре се изводе са клатненим кретањем и то са једним или два ужета. Вагони који користе два ужета, у циљу смањења притиска на носеће уже изарађују се са колицима која имају шест или осам точкова па и више. У зависности од жељеног капацитета вагони путничких жичара се рачунају за неколико путника или за пар стотина путника у неким случајевима.

Брзина вагона при клатненом кретању знатно је већа од брзине кретања теретних жичара па се креће у оквиру од 8 m/s до 10 m/s, а за веће раздаљине и до 12,5 m/s.

Код путничких жичара се велика пажња посвећује безбедности и сигурности путника при транспорту. Примењује се већи степен сигурности при израчунавању ужади у односу на онај који се користи код теретних жичара. Код двоужетних жичара се користи кочница за случај пуцања ужета, уграђују се хватаљке које се копчају за носеће уже. Користе се и средства сигнализације застоја, кварова и хаварија, а уже се редовно контролише и проверава се појава деформација и оштећења.

Пример жичаре (гондоле) у Сарајеву, приказан је на слици 3.1. Првобитна жичара је грађена у периоду 1956-1959 године. Њена траса је била дугачка 2100 m и савладала је висинску разлику од 577 m. Имала је 50 кабина у које је стајало 4 до 5 путника и успон је трајао 12 минута, за сат је могла да превезе 800 путника. Ова жичара је уништена током рата 90-их.

Данас имамо нову жичару у Сарајеву, у раду су 33 кабине које примају до 10 путника, вожња траје око 8 минута и жичара може да превезе 1200 путника у једном сату, [6].



Слика 3.1 Путничка жичара у Сарајеву [6]

На слици 3.2 приказана је једна од многобројних ски жичара инсталираних на нашој најпознатијој скијашкој дестинацији, планини Копаоник.



Слика 3.2 Скијашка жичара на Копаонику [7]

3.2 Скијашке жичаре

Скијашке жичаре настају почетком 20. века са популаризацијом скијања у Европи. На Алпима се тада отварају многи скијашки центри и све до 1934. године успони за скијаше су били веома захтевни и одузимају су доста времена, а 1934. године долази до револуционарног решења за успон скијаша, прве скијашке жичаре. У швајцарском градићу Давосу постављена је прва скијашка жичара. Изумео и патентирао ју је швајцарски инжењер Ernest Constan. Ова жичара је превозила људе на раздаљину од 240 m са висинском разликом од 60 m. Погонио ју је електромотор снаге 18 kW. У само првој скијашкој сезони ова жичара је превезла 70 000 људи, тако да је остварила велики успех. Већ 1934. године се поставља друга скијашка жичара и то у САД. Конструисао ју је Wallace Bertram и била је постављена у Вермонт, слика 3.3. Занимљива ствар у вези прве скијашке жичаре у САД-у јеста да је била погоњена помоћу мотора аутомобила Форд Модел Т и имала је уже дугачко 300 m.

Ово је био зачетак развоја опреме за ски центре. Касније су се развили далеко напреднији уређаји за транспорт скијаша као и машине за уређивање стаза, вештачко оснежавање итд. Данас имамо дијапазон разних жичара за превоз скијаша, почев од тзв. беби ски лифтова до гондола које истовремено могу да превозе и 50 људи на велике раздаљине великом брзином.



Слика 3.3 Први ски лифт у САД-у [8]

3.3 Подела скијашких жичара

Жичаре у односу на техничко решење деле се на:

- Успињаче,
- Висеће жичаре,
 - Жичаре са кружним током код којих су током рада возила расклопива од ужета,
 - Жичаре са кружним током код којих су током рада возила стално везана за уже.
- Вучнице
 - Фиксне вучнице које су за стално постављене на неку локацију (високоужетне),
 - Преносне вучнице са ниско постављеним ужетом (нискоужетне).

3.4 Нискоужетне вучнице

Нискоужетна вучница је жичара која вуче особе на скијама или другој одговарајућој опреми користећи вучне уређаје на вучној траси, а чије се уже налази испод главе скијаша.

Конструкцију нискоужетне вучнице чине:

- траса вучнице,
- носиве конструкције на траси,
 - погонска и повратна станица,
 - вучници.
- вучно и сидрено уже,
- погонска и повратна катурача,
- погонски уређај.

Траса вучнице је уређена површина, углавном затрављена, најмање ширине 1,5 m којом се особе крећу скијама или сличном опремом помоћу вучника које вуче уже. Вучник је механизам који се састоји од хватаљке помоћу које је причвршћен на уже и конструкције која је намењена за вучу особе по траси вучнице. Код нискоужетних скијашких вучница вучник може бити фиксни и одвојив или се може изоставити у случајевима када се особа вуче хватајући се за само уже.

Погонско постројење вучнице се по правилу налази на дну трасе и садржи техничку опрему помоћу које се остварује вучење, а то је:

- погонски мотор који обезбеђује стално једносмерно кретање ужета преко погонске катураче,
- омогућава аутоматски полазак особа са скијашком или неком другом прикладном опремом,

- повратна и погонска катурача су ротациони ослонци са жљебом који су постављени водоравно или косо на крајевима вучнице, обезбеђују пренос погона и промену смера кретања ужета.

Нискоужетне вучнице можемо поделити према величини на:

- вучнице чија погонска снага не прелази 11 kW и чија траса није дужа од 300 m, слике 3.4 и 3.5,
- вучнице чија је погонска снага већа од 11 kW и чија је траса дужа од 300 m.

Према врсти вучника нискоужетне вучнице могу бити:

- вучнице са вучником са одвојивом хватаљком,
- вучнице са вучником са неодвојивом хватаљком.



Слика 3.4 Нискоужетна вучница на Дивчибарама [9]



Слика 3.5 Нискоужетна вучница „Comfort Star” фирме „SunKid” [10]

4. Коципирање и испитивање тржишта

Конципирање као фаза развоја производа обухвата: схватање потреба купаца, анализу сличних производа, дефинисање техничких карактеристика производа, тестирање концепта, економску анализу и план развојних активности. У овом поглављу ће се обрадити две главне ставке овог процеса, анализа тржишта и схватање потреба купаца.

4.1 Анализа тржишта

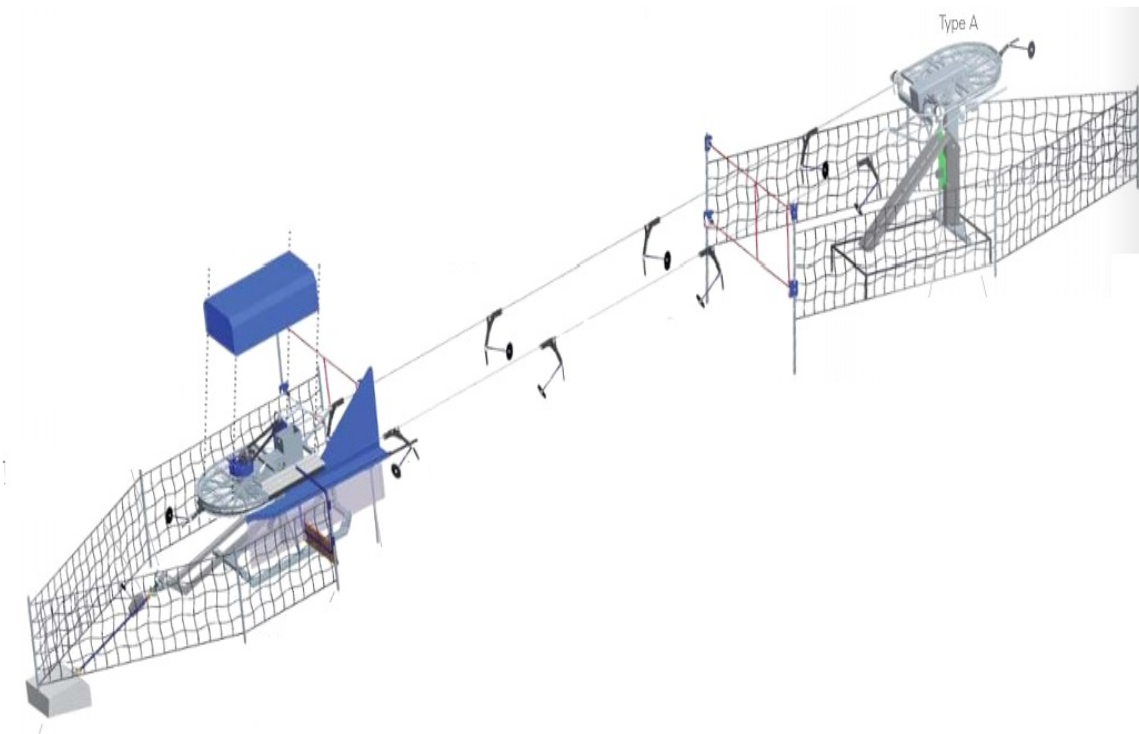
Као главни произвођач и лидер у изради нискоужетних вучница за скијаше почетнике свакако се показала фирма „SunKid“, основана 1996. године у Аустрији као сарадња великих произвођача ски лифтова и скијашких школа. Целокупни асортиман ски лифтова фирме „SunKid“ развијен је у сарадњи две компаније „Bruckschlogl GmbH“ и „Borer Lift AG“ који имају преко 50 година искуства у изради ски лифтова. Заједнички су се прихватили изазова и покушали да олакшају скијашима почетницима прве кораке на скијама. Прва револуционарна идеја коју су извели јесте покретна трака, то јест конвејер за превоз скијаша почетника који је много допринео ски школама јер је у многоме повећао сигурност и олакшао прве кораке на скијама, слика 4.1. Данас је у употреби широм света 2500 њихових скијашких конвејера и чак 4000 скијашких вучница. У свету скијања важе за лидера када су у питању скијаше вучнице до 400 m. Њихова производна палета се у сарадњи са још 45 фирми састоји од неколико скијашких вучница (ски лифтова), скијашких трака, целокупних забавних паркова и још много сличних производа. Тренутно запошљавају око 30 радника у развоју, производњи и сервису производа. Производна палета скијашких вучница се састоји од : „Mega Star“, „Comfort star“, „Swiss Cord“ и „Pino Cord“. У наставку анализе производа биће представљене две скијаше вучнице из ове палете.



Слика 4.1 Скијашки конвејер фирме „SunKid“ [11]

4.1.1 Нискоужетна вучница „Comfort Star“

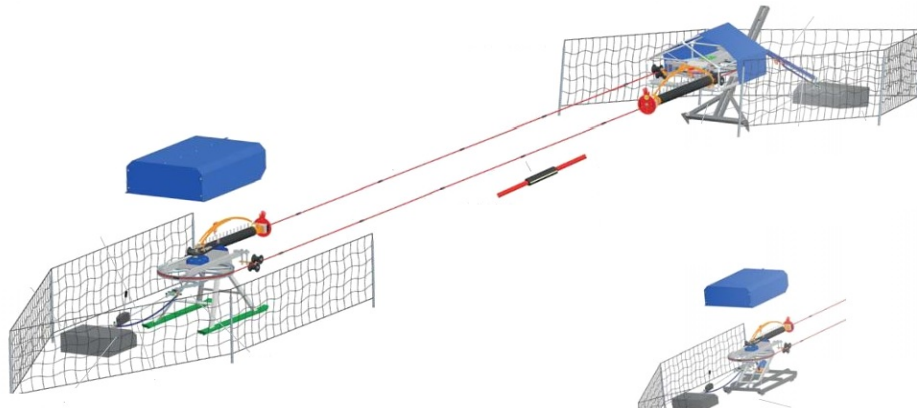
Нискоужетна вучница „Comfort Star“, слика 4.2, је вучница за скијаше почетнике. Траса ове вучнице може бити дугачка до 350 m и може савладати нагиб до 40%. Осим скијаша на овој вучници могу да се превозе и особе на даскама за скијање, што је омогућено захваљујући окретним дисковима који су прикачени за уже а имају улогу вучника. Могу се превозити како деца почетници тако и одрасле особе. Такође висина снега не представља проблем, с обзиром да ова вучница има механизам за подешавање висине ужета у зависности од висине снега. Састоји се од две станице: погонске (доње) и повратне (горње). Обе имају тежину од 600 kg до 800 kg. Ове вучнице се монтирају на стазу почетком сезоне и није их могуће премештати током исте. У зависности од верзије вучнице, нагиба и снаге погонског мотора ова вучница је у стању да превезе и до 720 особа по сату. У зависности од жељеног капацитета превоза као и од нагиба терена и осталих фактора може се поручити у верзијама са моторима од 4 kW до 15 kW. Највећа могућа брзина кретања овог ски лифта јесте 2 m/s али се уз вучницу добија и контролни механизам за фино подешавање брзине. Израђена је од челичне конструкције и користи челично уже од 9 mm. Сви елементи су поцинковани што омогућава дуг животни век. Цена ове вучнице се креће око 35 000 EUR.



Слика 4.2 Шема ски лифа „Comfort Star“ фирме „SunKid“ [12]

4.1.2 Нискоужетна вучница „Pino cord“

Скијашка вучница „Pino cord“, слика 4.3 и слика 4.4, намењена је нешто мање захтевним стазама. Ова вучница има капацитет повлачења 720 особа на сат и то на дужину од 125 m. Нагиб који може да савлада је 20% али се препоручује да за почетнике он буде 15%. Користи полиамидно уже од 16 mm. За погон користи електро мотор од 3 kW, који је способан да оствари брзину вучења од највише 2 m/s. Такође је брзину могуће фино подешавати преко контролног уређаја. Погонска (доња) и повратна (горња) станица имају могућност расклапања и премештања на другу локацију али уз помоћ дизалица или друге специјалне опреме коју скијашки центри поседују. Конструкција је направљена од алуминијума ради што веће уштеде на тежини. Чак и тако изведена тежи преко 300 kg док најтежи појединачни део има 180 kg. При монтирању захтева бетонска сидра или други вид причвршћивања за тло да би се уже могло правилно преднапрегнути и да би целокупна конструкција била стабилна и сигурна. Висина целе вучнице као и ужета може се контролисати ручно или помоћу електромотора. Цена једне овакве вучнице је око 20 000 EUR.



Слика 4.3 Шема ски лифа „Pino cord“ фирме „SunKid“ [13]



Слика 4.4 Ски лифа „Pino cord“ фирме „SunKid“ [13]

4.2 Потребе купаца

Основни задатак при конципирању било ког производа јесте схватање потреба купаца и корисника. Конструкција која ће задовољити највећи број захтева и потреба купаца јесте она која ће остварити и највећи успех, а успех је главни циљ сваког развоја производа. Данас тржиште нуди неколицину нискоужетних скијашких вучница. Ове вучнице се могу видети на почетничким стазама, у ски школама, приватним имањима итд. Углавном их користе скијаши почетници док кад нема већих стаза у рекреативне сврхе их користе и искусни скијаши. Модели који су доступни на тржишту се углавном разликују према: врсти погона, дужини трасе, брзини рада, капацитету превоза скијаша, вучницима, врсти материјала од којег су израђене и димензијама.

Испитивањем тржишта, претрагом доступних извора, анализом постојећих решења, из разговора са искусним скијашима и из личног искуства закључено је да су главни захтеви:

- ако је могуће погодно је да вучница буде мобилна,
- што лакше монтирање и фино подешавање,
- што мањи габарити,
- већа сигурност и безбедност за кориснике,
- што једноставније одржавање,
- што лакше управљање и подешавање,
- мања потрошња електричне енергије,
- мањи захтеви механизације за превоз,
- тиши рад,
- уравнотежен рад без успоравања независно од броја скијаша,
- ако постоји што конфорнији вучник.

5. Прорачун и избор елемената нискоужетне вучнице

У овом раду фокус ће бити на прорачуну основних елемената и конструкционом решењу нискоужетне вучнице (ски лифта) која би служила за превоз скијаша почетника било да су деца или одрасле особе у питању.

Основне карактеристике и претпоставке би биле да замишљена нискоужетна вучница:

- има могућност за превоз до 20 особа у истом тренутку,
- да траса вучнице буде до 300 m,
- да нагиб на којем ће вучница бити постављена није већи од 20%,
- да је у просеку максимална маса особе која се превози 85 kg.

Све горе наведене карактеристике и претпоставке јесу замишљене за почетничке стазе, то јест стазе означене плавом бојом чији нагиб није већи од 20%. У случају да се створи потреба или жеља за постављањем ове вучнице на већи нагиб или на стазе означене са црвеном па чак и црном бојом то се може остварити тако што ће се смањити капацитет, тј. број особа које се могу превозити у истом тренутку. Ова могућност неће бити разматрана у овом раду, већ ћемо се фокусирати на вучницу за почетнике која би била постављена на плавој стази са максималним нагибом од 20%.

Траса вучнице је замишљена у дужини до 300 m из сигурносних разлога јер је предвиђена за почетнике.

5.1 Прорачун потребне вучне силе

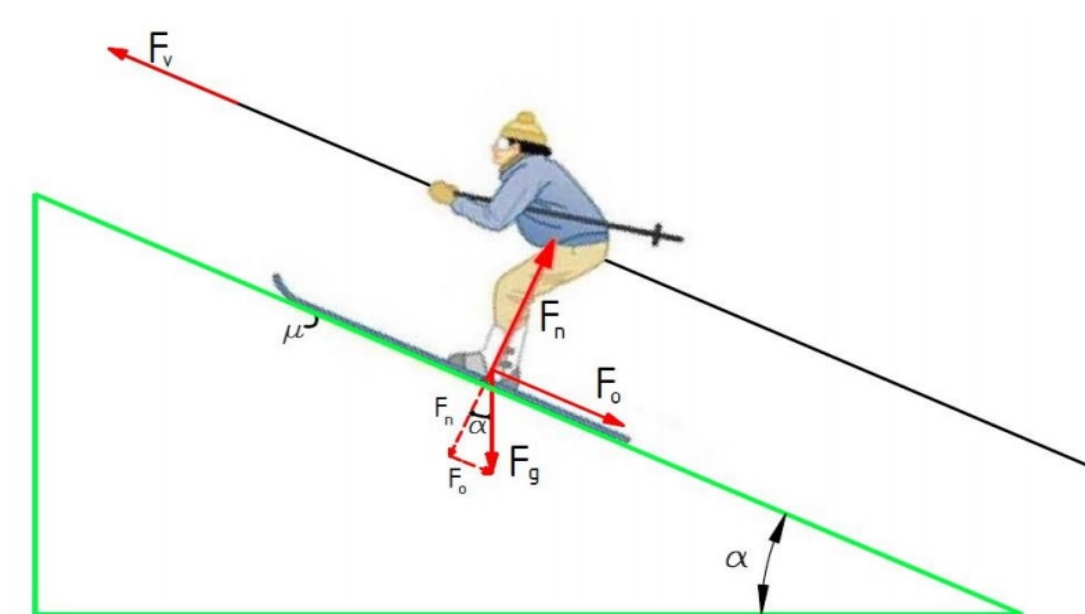
За прорачун вучне силе битно је да знамо, да је максимални број особа који се превози у истом тренутку 20 и да њихова максимална маса није већа од 85 kg. Такође је јачо битно за прорачун вучне силе да знамо нагиб терена, у овом случају је он 20%.

Из познавања да је максимални нагиб на којем ће вучница радити 20%, можемо израчунати угао који нам је потребан за даљи прорачун, слика 5.1.

Из формуле (5.1) долазимо до тога да је нагиб од 20% прерачунат у угао $\alpha \approx 10^\circ$.

$$\alpha = \arctg \frac{20}{100} = \arctg 0,2 = 11,3^\circ \quad (5.1)$$

Приликом прорачуна потребне вучне силе занемариће се утицаји снега, леда, бочног ветра и слично из разлога што на овако малој вучници они немају велики утицај. Узеће се у обзир губици трења на нагибу од 10° и такође маса максималног броја скијаша који се повлачи.



Слика 5.1 Силе при повлачењу скијаша [14]

Силе приликом повлачења скијаша су:

- Сила гравитације услед масе скијаша:

$$F_g = m \cdot g = 85 \cdot 9,81 = 834 \text{ N} \quad (5.2)$$

- Компонента силе гравитације:

$$F_n = F_g \cdot \cos(\alpha) = 833,9 \cdot \cos(10^\circ) = 821,2 \text{ N} \quad (5.3)$$

- Компонента силе гравитације:

$$F_o = F_g \cdot \sin(\alpha) = 833,9 \cdot \sin(10^\circ) = 144,8 \text{ N} \quad (5.4)$$

- Сила трења:

$$F_{tr} = F_n \cdot \mu = 821,2 \cdot 0,1 = 82,12 \text{ N} \quad (5.5)$$

Вучна сила потребна за повлачење једног скијаша је:

$$F_v = F_{tr} + F_o = 82,12 + 144,3 = 227 \text{ N} \quad (5.6)$$

Када смо израчунали потребну вучну силу за једног скијаша, морамо израчунати укупну вучну силу која је потребна за повлачење максималног броја скијаша.

Укупна вучна сила:

$$F_{vuk} = F_v \cdot N = 227 \cdot 20 = 4540 \text{ N} \quad (5.7)$$

где су:

N – максимални број скијаша,

F_{vuk} – укупна потребна вучна сила.

5.2 Прорачун и одабир ужета

Нискоужетне вучнице за повлачење користе ужад. То су углавном танка челична ужад или синтетичка. Ужад код ове врсте вучнице се користи у бесконачном облику. С обзиром на то да замишљена вучница неће имати уређаје за хватање особа које се превозе већ да ће се особе превозити држањем за само уже, потребно је да уже које се одабере уједно има и довољну вучну силу и да буде удобно за хватање. Према свему наведеном одговарајуће се чини уже које је израђено од полиестера.

Одабрано уже је „Matador Bull Rope” произвођача „Pelican Rope” из САД-а, каталожне ознаке „4BR-16C3“, слика 5.2. Ово уже је израђено од полиестера који ја изузетне снаге, отпоран је на хабање, лак и мекан, удобан за руковање. Ово уже се лако може извести у опцији бесконачног ужета до 300 m које је потребно за замишљену вучницу. Уже је такође отпорно на УВ зраке, уље, бензин и јако је добар изолатор који не упија воду, што је савршено за ову примену. Маса ужета је 110 g/m што нас доводи до тога да би укупна тежина ужета у нашем примеру износила око 65 kg.

Matador™ Bull Rope Family Code: **4BR**



BENEFITS & FEATURES

- ♦ Abrasion Resistant
- ♦ Shock Absorbent
- ♦ Even Balance
- ♦ Spliceable

SKU	DIAMETER INCHES	TENSILE STRENGTH LBS	WEIGHT PER 100FT LBS	COLOR
4BR-16C3	1/2"	10,000	7.7	Green
4BR-18C1	9/16"	12,200	9.6	Blue
4BR-20C5	5/8"	16,000	13.1	Orange
4BR-24CY	3/4"	25,000	17.2	Yellow
4BR-32C2	1"	45,000	30.9	Red

www.pelicanrope.com

Слика 5.2 Изабрано уже из каталога произвођача [15]

Одабрано уже је пречника 12,7 mm те је потребно израчунати рачунску прекидну силу и сигурност на кидање. Влакнаста ужад се димензионишу према прекидној сили и узима се степен сигурности од $S \geq 8$, [14].

Затезна чврстоћа ужета се условно може дефинисати изразом:

$$R_m \cong \frac{F_L}{\left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{4}\right)} = \frac{1.9 F_L}{d^2} \quad (5.8)$$

где су:

F_L — прекидна сила,

d — пречник ужета,

R_m — затезна чврстоћа.

Прекидна сила ужета F_L износи 44482 N па је затезна чврстоћа одабраног ужета:

$$R_m = \frac{1,9 \cdot 44482}{12,7^2} = 524 \text{ N/mm}^2 \quad (5.9)$$

Напрезање у ужету износи:

$$\sigma = \frac{F_{vuk}}{A} = \frac{F_{vuk}}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{4540}{126,6} = 3,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (5.10)$$

Добијена сигурност ужета:

$$S_{uz} = \frac{R_m}{\sigma} = \frac{524}{3,6} = 145,5 > 8 \quad (5.11)$$

Из формуле 5.11 се закључује да уже задовољава захтевани степен сигурности.

5.3 Димензионисање погонске катураче

Како би најлакше пренели снагу на уже треба осмислити систем катурача преко којих ће уже прелазити и преко трења добијати потребну вучну силу и брзину. Како се ради о релативно малим димензијама катурача и великој вучној сили додирна површина није довољна за остваривање довољне силе трења те се уже мора више пута обавити око катураче.

Механизам катурача који би задовољио ове услове се састоји од погонске катураче, повратне катураче и још једне повратне катураче која би се налазила на доњој станици вучнице. Контактне површине погонске катураче су обложене гумом како би се остварила што већа сила трења. Повратна катурача је слободно ротирајућа и служи само за повећање силе трења на погонској катурачи. Према препорукама произвођача минимални пречник катураче је $(6 \div 8)d$, где је d пречник ужета. У овом случају усваја се:

d_1 - пречник погонске катураче:

$$d_1 = 10 \cdot d = 10 \cdot 12,7 = 127 \text{ mm} \quad (5.12)$$

d_2 - пречник повратне катураче:

$$d_2 = 8 \cdot d = 8 \cdot 12,7 = 101,6 \text{ mm} \quad (5.13)$$

Пречник погонске катураче је узет да буде мањи због остваривања што већег обухватног угла.

5.4 Одабир погонског мотора

Претрагом тржишта одабран је електромотор произвођача „MOTOVARIO” из Италије модел „132M6“, слика 5.3, који задовољава све наше услове и доступан је на тржишту, [16]. Овај мотор остварује снагу од 5,5 kW при броју обртаја од 970 min^{-1} . Наменен је широкој примени у индустрији и могуће је упарити га са редуктором који је нама за ову примену потребан.

P_n [kW]		n_n [min ⁻¹]	I_n 400V [A]	M_n [Nm]	$\eta_n\%$	$\cos\phi_n$	$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{I_n}{I_n}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	J_T 1) 2) 10 ⁻⁴ Kg m ²	m_T 1) 2) [Kg]	Z_0 [10 ³ 1/h]	M_E [Nm]
0.09	63A6	930	0.6	0.95	40	0.56	3.4	2.3	4.3	3.5 4.1	3.8 5.3	12.5	3.5
0.12	63B6	890	0.68	1.3	44	0.57	2	2.1	2.1	4.5 5.1	4.3 5.8	12.5	3.5
0.15	63C6	900	0.9	1.6	45	0.58	3.3	2.4	4.2	4.5 5.1	4.3 5.8	11.8	3.5
0.18	71A6	930	0.65	1.9	59	0.68	1.8	2.8	2.1	9.2 10.3	5.2 7.4	11.2	5
0.25	71B6	940	0.85	2.6	62	0.69	2.5	3.7	2.7	12 13.1	6 8.2	11.2	7.5
0.37	71C6	900	1.2	3.9	62	0.72	2.2	3.2	2.3	14.8 15.9	6.8 9	10	7.5
0.37	80A6	930	1.3	3.8	64	0.64	2.5	4.1	2.7	22 23.6	9.3 12.7	9.5	10
0.55	80B6	930	1.8	5.6	66	0.68	2.2	4.1	2.4	28 29.6	10.9 14.4	9	15
0.75	80C6	900	2.2	7.7	66	0.78	2.2	3.4	2.4	31 32.6	11.7 15.2	7.1	15
0.75	90S6	930	2.2	7.6	75	0.68	2.1	3.6	2.3	40 41.6	12.1 15.6	7.1	15
1.1	90L6	930	3.2	11.5	75	0.67	2.2	3.6	2.4	55 58.5	15 20.6	5.3	26
1.5	100LA6	940	4	15.5	80	0.7	2.6	4.4	2.8	95 98.5	20 25.6	3.6	40
1.85	100LB6	945	4.7	18.7	80	0.74	2.3	5.3	2.7	120 124	24 29.6	3.2	40
2.2	112M6	950	5.7	23.2	81	0.7	2.4	4.5	2.6	120 129	28.9 38.6	2.8	60
3	112MS6	950	6.9	30.1	82	0.77	2.1	5	2.7	140 149	28.9 38.6	2.5	60
3	132S6	970	7.2	30.1	78	0.77	2.3	5.6	2.4	320 330	40 50.3	2.3	75
4	132L6	970	9.7	40.4	80	0.74	2.2	5.6	2.3	380 403	46.4 61.1	1.5	100
5.5	132M6	970	11.5	54.4	83	0.83	2.2	4.6	2.3	460 483	52.5 67.2	1.3	150

Слика 5.3 Каталог електромотора [16]

Овај мотор поред тога што одговара својим димензијама и снагом примени на оваквој скијашкој вучници, такође се може упарити и са редуктором који је доступан за куповину код истог добављача. Редуктор је свакако пожељан у оваквој примени због жељене брзине вучења а која се мора остварити на ужету. Применом редуктора ће се смањити број потребних преносника и њихове димензије за добијање жељеног преносног односа.

Жељени редуктор би требао да има преносни однос $i \approx 3$. Према томе се бира из каталога произвођача, [16], слика 5.4.



H Prestazioni / Performance / Leistungen / Performances / Prestaciones								
P1 (kW)	n2 (1/min)	M2 (Nm)	f.s.	i	Grandezza, Size, Größe, Taille, Tamaño		Fr2 (N)	← →
5.5	1079.2	47	4.2	1.30	H081	132S4	2950	120-121
	980.0	52	4.23	1.43			3032	
	725.0	70	3.27	1.93			3297	
	550.8	92	3.03	2.54			3547	
	430.8	118	2.62	3.25			3774	
	376.1	135	2.29	3.72			3899	
	350.0	146	2.20	4.00			3965	
	300.0	170	1.88	4.67			4000	
	252.8	202	1.64	5.54			4000	
	230.1	221	1.54	6.08			4000	
	186.7	273	1.28	7.50			4000	
	165.8	307	1.14	8.44			4000	

Слика 5.4 Каталог редуктора [16]

Одабрани редуктор је зупчасти редуктор преносног односа $i=3,25$ и предвиђен је да преноси снагу од 5,5 kW коју погонски мотор производи. Монтажа самог редуктора је олакшана јер је произвођач редуктора исти као и погонског мотора. Овај редуктор ће у многосте решаваче добијања жељене брзине кретања ужета.

5.5 Прорачун преносног односа редукције

Највећа захтевана брзина повлачења скијаша је 0,75 m/s. Она је усвојена из безбедносних разлога јер је вучница предвиђена за почетнике и децу. Зато је потребно обезбедити пренос снаге који ће остварити брзину у том оквиру. У односу на димензије погонске катураче и број обртаја мотора ће се прорачунати одговарајући преносни однос, те ће се уз урачунате губитке проверити да ли је одабрани мотор довољан за повлачење задатог броја скијаша.

Број обртаја механизма израчунавамо према задатој брзини ужета и броју обртаја мотора:

$$\omega_{pk} = \frac{v_k}{r_{pk}} = \frac{0,75}{0,0635} = 11,81 \text{ rad/s} \quad (5.14)$$

$$n_{pk} = \frac{30 \cdot \omega_{pk}}{\pi} = \frac{30 \cdot 11,81}{\pi} = 112,8 \text{ min}^{-1} \quad (5.15)$$

где је:

ω_{pk} – угаона брзина погонске катураче,
 r_{pk} – полупречник погонске катураче,
 n_{pk} – број обртаја погонске катураче,
 v_k – обимна брзина погонске катураче.

Да би вучница вукла скијаше брзином од 0,75 m/s потребно је да се погонска катурача обрће 112,8 min⁻¹. Број обртаја мотора је 970 min⁻¹.

Према томе израчунава се укупни преносни однос који редукција мора да оствари:

$$i_{uk} = \frac{n_{v1}}{n_{pk}} = \frac{970}{112,8} = 8,6 \approx 9 \quad (5.16)$$

где је:

i_{uk} – укупан преносни однос редукције брзине,
 n_{v1} – број обртаја погонског вратила мотора.

Знајући да се мотор купује заједно са редуктором, тај редуктор представља први степен редукције који се остварује. Преносни однос одабраног редуктора је $i = 3,25$. Остатак редукције је потребно остварити посредством других видова редукције. Може се употребити на пример: ланчани пренос, каишни пренос, зупчасти пренос и слично.

5.6 Провера потребне снаге мотора

Да би се обезбедио константан и сигуран рад без кварова мора се проверити да ли одабрани мотор задовољава све захтеване критеријуме. У склопу провере ће се урачунати и претпостављени губитци услед преноса снаге.

Претпостављени степени искоришћења:

- степен искоришћења каишног преноса $\eta_k=0,98$,
- степе искоришћења лежаја $\eta_L=0,99$ (по лежају),
- степен искоришћења фриксионог преноса код катураче $\eta_F=0,98$.

Укупан степен искоришћења:

$$\eta_{uk} = \eta_k \cdot \eta_L^2 \cdot \eta_F = 0,98^2 \cdot 0,97^2 = 0,9 \quad (5.17)$$

Потребна снага за вучу скијаша:

$$P_{uze} = F_{vuk} \cdot v_k = 4540 \cdot 0,75 = 3405 \text{ W} \quad (5.18)$$

где је:

P_{uze} – снага потребна за повлачење скијаша,

F_{vuk} – укупна вучна сила,

v_k – брзина погонске катураче.

Потребна снага на излазном вратилу мотора за брзину кретања ужета 0,75 m/s је:

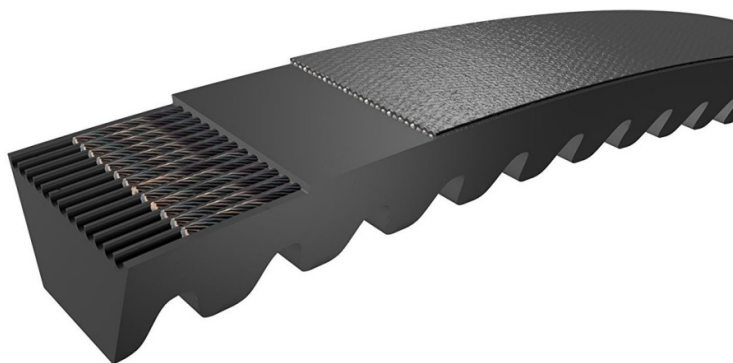
$$P_m = \frac{P_{uze}}{\eta_{uk}} = \frac{3405}{0,9} = 3784 \text{ W} \Rightarrow 4000 \text{ W} \Rightarrow 4 \text{ kW} \quad (5.19)$$

Према прорачуну се види да изабрани мотор својом снагом од 5,5 kW апсолутно задовољава потребну снагу за покретање вучнице брзином која је предвиђена.

5.7 Прорачун каишног преносника

Укупан потребни преносни однос износи $i_{\text{ук}} = 9$, док преносни однос који се остварује посредством редуктора који се добавља уз мотор износи $i_r = 3,25$, те је потребно остатак преносног односа остварити на други начин. Преносни однос који је накнадно потребно остварити јесте приближно $i = 2,77$. Остатак преносног односа се може остварити посредством каишног преносника који би спајао излазно вратило редуктора и вратило на којем се налази погонска катурача.

Због великог међуосног растојања захтеваног конструкцијом вучнице користиће се зупчасти каишни преносник, слика 5.5. Прорачун каишног преноса ће се прорачунати према каталогу произвођача ових преносника „SKF“, [17].



Слика 5.5 Зупчасти каиш произвођача „SKF“ [17]

- Фактор оптерећења C_2

Овај фактор пуно зависи од врсте погонског и радног механизма. За радне услове при којима се механизам лагано покреће и за рад до 10 сати дневно из таблице произвођача је узето $C_2 = 1$

Снага на погонском каишнику:

$$P_{k1} = P_m \cdot \eta_r \cdot \eta_s = 5500 \cdot 0,98 \cdot 0,97 = 5225 \text{ W} \quad (5.20)$$

где је:

P_{k1} – снага на погонском каишнику,
 P_m - снага на погонском вратилу мотора.

- Ударна снага

Каишни пренос се прорачунава за максималну снагу коју погонски мотор може да испоручи.

$$P_d = P_k \cdot C_2 = 5225 \cdot 1 = 5225 \text{ W} \quad (5.21)$$

где је:

P_d - ударна снага,
 P_k - преносива снага.

- Одабир типа каишника

На слици 5.6 дат је дијаграм произвођача из којег се према максималном броју обртаја и максималној снази на погонском каишнику одређује врста каиша.

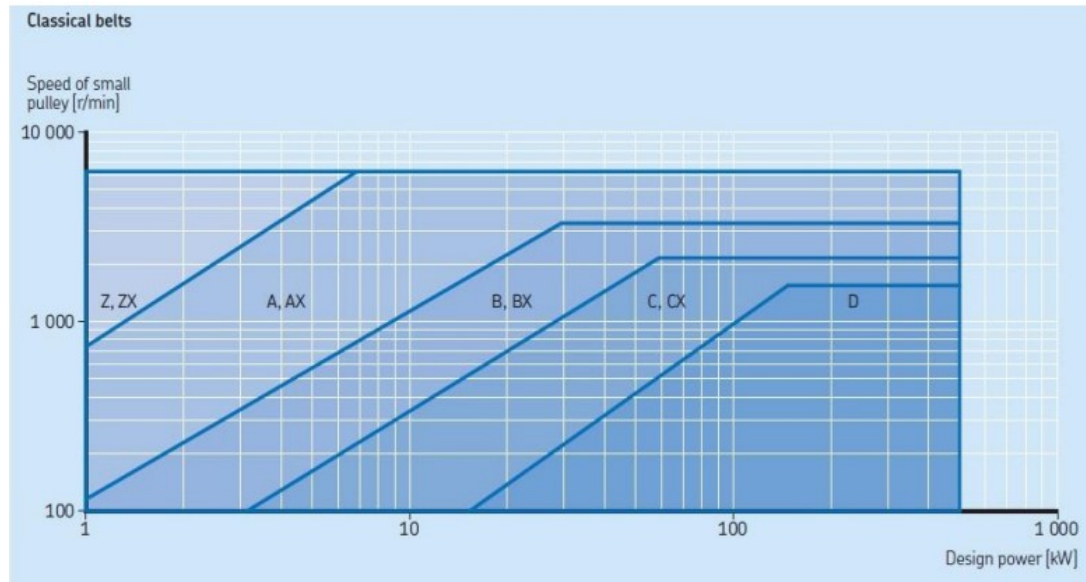
Број обртаја погонског каишника при максималној снази мотора износи:

$$n_{k1} = \frac{n_{v1}}{i_r} = \frac{970}{3,25} = 298,5 \text{ min}^{-1} \quad (5.22)$$

где је:

n_{k1} – број обртаја погонског каишника,
 i_r - преносни однос редуктора.

Из дијаграма са слике 5.6 према потребном преносу снаге и броју обртаја погонског каишника одабира се класични зупчasti каиш типа AX, ширине 13 mm и висине 8 mm.



Слика 5.6 Дијаграм за избор типа каиша произвођача „SKF“ [17]

- Одабир преносног односа и димензија каишника

Из таблице произвођача каишних преносника „SKF“ бирамо преносник са стандардним каишницима који би задовољили потребан преносни однос. Одабран је каишни преносник са преносним односом од $i=3,17$. Овај преносни однос се добија коришћењем стандардног погонског каишника пречника $d = 63 \text{ mm}$ и стандардног гоњеног каишника пречника $d = 200 \text{ mm}$. У таблици за препоручене стандардне каишнике произвођача стоји да за одабрани тип каиша минимални пречник погонског каишника управо јесте $d = 63 \text{ mm}$, што значи да неће бити проблема са савијањем каиша, [17].

- Минимално и максимално осно растојање

Осно растојање се дефинише према препорукама произвођача:

$$CC_{\min} = 0,7 \cdot (D + d) = 0,7 \cdot (200 + 63) = 184,1 \text{ mm} \quad (5.23)$$

$$CC_{\min} = 2 \cdot (D + d) = 2 \cdot (200 + 63) = 526 \text{ mm}$$

Из конструкцијских разлога и због економског аспекта за даљи прорачун употребићемо минимални осни размак из формуле (5.23) $CC_{min} = 184,1 \text{ mm}$.

- Активна дужина каиша

Израчунава се према претпостављеном минималном размаку оса:

$$L_k = 2 \cdot CC_{min} + 1,57 \cdot (d_{k1} + d_{k2}) + \frac{(d_{k1} + d_{k2})^2}{4 \cdot CC_{min}} = \quad (5.24)$$

$$= 2 \cdot 184,1 + 1,57 \cdot 263 + \frac{236^2}{4 \cdot 184,1} =$$

$$= 806,6 \text{ mm}$$

Према израчунатој дужини каиша бира се стандардни каиш из табеле дате на слици 5.7.

ТИП КАИША	ДИМЕНЗИЈЕ					
	Активна дужина	Унутрашња дужина		w	h	
—	mm		in.	mm		—
X13/AX	890	864	34,00	13	8	PHG AX34
	920	889	35,00	13	8	PHG AX35
	950	914	36,00	13	8	PHG AX36
	970	940	37,00	13	8	PHG AX37
	990	965	38,00	13	8	PHG AX38
	1 020	991	39,00	13	8	PHG AX39
	1 050	1 016	40,00	13	8	PHG AX40
	1 070	1 041	41,00	13	8	PHG AX41
	1 100	1 067	42,00	13	8	PHG AX42
	1 130	1 092	43,00	13	8	PHG AX43

Слика 5.7 Табела за избор каиша произвођача „SKF“ [17]

Одабран је стандардан зупчасти каиш „PHG AX41“ активне дужине 1070 mm и унутрашње дужине 1041 mm .

- Стварно осно растојање СС

Стварно осно растојање се рачуна према активној дужини одабраног каиша:

$$CC = \frac{a + \sqrt{a^2 - 8(D - d)^2}}{8} = \frac{1709,6 + \sqrt{1709,6^2 - 8(200 - 63)}}{8} = 421,84 \text{ mm} \quad (5.25)$$

Стварна дужина каиша је:

$$a = 2 \cdot L_d - \pi(D - d) = 2 \cdot 1070 - \pi \cdot (200 - 63) = 1709,6 \text{ mm} \quad (5.26)$$

- Називна снага каиша

Зависи директно од број обртаја погонског каишника и његовог пречника. Из таблице произвођача а за број обртаја $n \cong 300$ и за пречник погонског каишника од $d = 63 \text{ mm}$ добијамо да је називна снага једног каишника $P_b = 2,52 \text{ KW}$.

- Корекциски фактори C_1 и C_3

Повећањем активне дужине каиша повећава се способност преношења, јер се тиме смањује појава савијања и повећава животни век каиша. Тај утицај је приказан у табели произвођача и за каиш типа АХ и активну дужину од 1070 mm је $C_1 = 0,89$.

Што је мањи обухвати угао то је мања снага коју каишни преносник може да пренесе. У зависности од пречника погонског и гоњеног каишника те стварног осног растојања, из табеле се узима фактор $C_3 = 0,95$.

- Број потребних каиша N

Када се узме у обзир сваки фактор може се израчунати потребан број каиша:

$$N = \frac{P_d}{P_b \cdot C_1 \cdot C_3} = \frac{5225}{2520 \cdot 0,89 \cdot 0,95} = 2,45 \Rightarrow N = 3 \quad (5.27)$$

Прорачунати каишни преносник ће имати три каиша.

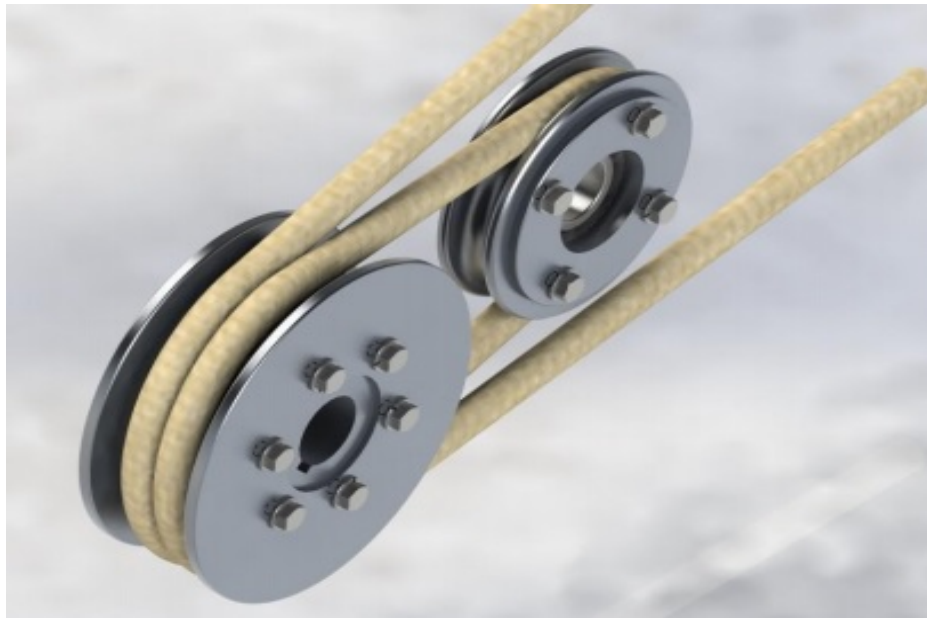
5.8 Прорачун потребне силе преднатезања ужета вучнице

Као што је претходно објашњено систем катурача се састоји од две катураче на погонском делу вучнице, слика 5.8, једне погонске и једне повратне и једне повратне катураче на повратном делу вучнице. Погонска и повратна катурача на погонској страни су пречника $d_{k1} = 127 \text{ mm}$ и $d_{k2} = 127 \text{ mm}$; док је повратна катурача на повратној страни вучнице пречника $d_{k3} = 101,6 \text{ mm}$. Пошто је повратна катурача на погонској страни слободнокрећућа и служи само за повећање силе трења на додирним површинама ужета и катураче узима се произвољни осни размак од погонске катураче. Усваја се осни размак од $a = 200 \text{ mm}$. На основу ових димеизија могуће је прорачунати обухватни угао на погонској катурачи:

$$\beta = 360 - 2 \cdot \arccos\left(\frac{d_{k1} - d_{k3}}{2a}\right) = 360 - 2\arccos\left(\frac{127 - 101,6}{400}\right) = 187,3^\circ \quad (5.28)$$

односно,

$$\beta = \frac{\pi}{180} \cdot \beta^\circ = \frac{\pi}{180} \cdot 187,3 = 3,27 \text{ rad} \quad (5.29)$$



Слика 5.8 Систем катурача на погонској страни [14]

Прорачун потребне силе преднатезања се прорачунава помоћу:

$$F_1 = F_3 \cdot e^{\mu \cdot \beta} \quad (5.30)$$

где су:

$$e^{\mu \cdot \beta} = m \quad (5.31)$$

и

$$F_1 = F_3 \cdot m \quad (5.32)$$

где су:

F_1 - сила на вучном делу ужета

F_3 - сила на слободном делу ужета

Ободна сила која се може пренети трењем преко ужета је функција обухватног угла и фактора трења:

$$F_o = F_{tr} = f(\beta, \mu) \quad (5.33)$$

Како би се остварила нормална сила на катурачу потребно је преднатегнути уже силом F_p .

Сума сила у зонама при мировању једнака је суми сила у зонама при кретању, из тога следи:

$$F_p = \frac{1}{2} \cdot F_o \cdot \frac{e^{\mu \cdot \beta \cdot N} + 1}{e^{\mu \cdot \beta \cdot N} - 1} = \frac{1}{2} \cdot 4540 \cdot \frac{e^{0,3 \cdot 3,27 \cdot 2} + 1}{e^{0,3 \cdot 3,27 \cdot 2} - 1} = 3012 \text{ N} \quad (5.34)$$

где су:

$\mu = 0,3$ – фактор трења између полиестерског ужета и гумом обложене катураче,

β – обухватни угао погонске катураче,

N – број намотаја ужета око погонске ужнице,

e – основа природног логаритма,

F_o – максимална вучна сила,

F_p – сила преднатезања ужета.

6. Закључак

У уводном делу представљен је историски развој транспортних уређаја и уређаја непрекидног транспорта. Наведени су први и најважнији примери уређаја за транспорт, све од старе Грчке па до модерних уређаја 21. века.

Представљена је улога и област примена транспортних уређаја непрекидног транспорта. Дата је подела уређаја непрекидног транспорта, а у посебном поглављу је акценат стављен на жичаре. Обрађена је тема путничких и скијашких жичара.

У првој половини 20. века популаризацијом скијања настају прве скијашке вучнице (ски лифтови). Нискоужетне вучнице као врста скијашких жичара представљају јако битан елемент у свету скијања. Ови уређаји омогућавају скијашима почетницима да лакше начине своје прве кораке и да се на безбедан начин превезу, док искуснијим скијашима обезбеђују скијање где нема већих скијашких жичара. Јако су корисне за скијашке школе. Предвиђене су за стазе са мањим нагибом и користе се за дужине превоза до 400 m.

На тржишту данас постоји добра понуда ски лифтова али њихова цена углавном прелази 20 000 EUR што представља велику препреку за мање скијашке центре. Приметан је недостатак ски лифтова малих габарита који се могу користити и на приватним имањима. Решење које је представљено у овом раду се може извести са далеко мање средстава без уштеде на квалитету или перформансама уређаја. Прорачунати су основни елементи уређаја и дата су могућа решења. Сви елементи који су одабрани су лако доступни и углавном се могу набавити на тржишту. Уже које је одабрано је од меканог материјала и могуће га је применити без додатних уређаја за вучу, што обезбеђује додатну уштеду. Мотор и редуктор су истог произвођача. Урађен је прорачун потребне снаге мотора и захтеване редукције. Пошто сам редуктор није довољан за постизање жељене брзине кретања и није погодан за директно монтирање на котурачу прорачунат је и одабран каишни пренос. Каишни пренос је такође лако доступан и стандардних је димензија. Каишни пренос би био задужен за редукцију и пренос снаге са излазног вратила редуктора на вратило на којем је постављена погонска котурача. Прорачунате су димензије котурача и одређен је њихов број и позиција.

Потребно је конструисати носаче елемената у погонској и повратној станици. Препорука би била да се израде од што лакшег материјала.

Литература

- [1] Др. Ненад Зрнић, катедра за механизацију Машински факултет у Београду, Историјат транспортних уређаја и машина
- [2] <http://www.znanje.org/i/i25/05iv11/05iv1101/1.html> приступљено 06.08.2019
- [3] <http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/10/Skripta-TRANSPORTERI1.pdf> приступљено 06.08.2019
- [4] Др. Миломир Гашић, Машински факултет Краљево, 1997. Транспортни уређаји
- [5] Др. Слободан Тошић, Машински факултет Београд, 1999. Транспортни уређаји-механизација транспорта
- [6] <https://sarajevo.travel/ba/tekst/sarajevska-zicara-ustpinjaca/631> приступљено 12.10.2019
- [7] <http://www.lovekopaonik.com/sr/sta-raditi/sport-i-rekreacija/panoramska-voznja-zicarom/> приступљено 12.10.2019
- [8] <http://www.sciencecompanion.com/first-ski-tow-rope-in-us/> приступљено 14.10.2019
- [9] <https://www.skijanje.rs/vesti/divcibare-ski-staza-centar-pocela-sa-radom> приступљено 14.10.2019
- [10] <https://www.sunkidworld.com/en/> приступљено 15.10.2019
- [11] <https://www.sunkidworld.com/en/sunkid-winter> приступљено 15.10.2019
- [12] <https://www.sunkidworld.com/en/lifts-comfort-star> приступљено 19.10.2019
- [13] <https://www.sunkidworld.com/en/lifts-pino-cord> приступљено 21.10.2019
- [14] Томислав Сабљак, Факултет стројарства и бродоградње Загреб, Завршни рад
- [15] <https://www.pelicanrope.com/pdfs/PelicanRope-Catalog-2015.pdf> приступљено 22.10.2019
- [16] <http://www.beotehnika.rs> приступљено 23.10.2019
- [17] <https://www.skf.com/rs/products/index.html> приступљено 23.10.2019