

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Транспортни уређаји и машине

Број индекса: 422/2017

Ивана Д. Живановић

Ваљкасти транспортери опште намене

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене ваљкастих транспортера као уређаја унутрашњег транспорта.
- Прикаже кратак осврт на историјски развој ваљкастих транспортера.
- Наведе и опише одговарајуће конструктивне елементе транспортера, истакне њихове главне карактеристике и метод прорачуна.
- Изврши прорачун свих потребних параметара и усвоји основне елементе транспортера. Полазни подаци:
 - капацитет транспорта: $Z = 250 \text{ kom/h}$,
 - дужина деонице: $L = 30 \text{ m}$,
 - нагиб: $\beta = 3^\circ$
- За предложено решење изврши моделирање елемената транспортера применом одговарајућег CAD софтвера.

Препоручена литература:

- [1] Гашић, М., Транспортни уређаји – непрекидни транспорт, Машински факултет, Краљево, 1997.
- [2] Гашић, М., Транспортне машине – изводи из теорије са примерима, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Краљево, 2017.
- [3] Тошић, С., Транспортни уређаји - Механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.
- [4] P. M. McGuire, Conveyors: application, selection, and integration, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2010
- [5] Јевтић, В., Транспортне машине - за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Ниш, 2001.

Крагујевац, 10. 03. 2019.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

Резиме

У оквиру рада, извршено је прикупљање литературе везане за начин рада и прорачун транспортних уређаја са непрекидним радом, са посебним освртом на ваљкасте транспортере. Описан је историјски развој ових уређаја, карактеристике, примена и поделе, и посебан осврт на унутрашњи транспорт везан за ову врсту транспортера. Разматране су предности и недостаци ваљкастих транспортера у односу на друге видове транспорта терета. Приказан је комплетан прорачун погоњених ваљкастих транспортера, CAD модел и техничка документација.

Кључне речи: *унутрашњи транспорт, ваљкасти транспортер, ваљак, комадни материјал*

Summary

In the scope of this paper, a collection of literature related to the mode of operation and calculation of transport devices with continuous operation was made, with special review to roller conveyors. The historical development of these devices, characteristics, applications and divisions are described, as well as a special review of internal transport related to this type of conveyor. The advantages and disadvantages of roller conveyors in relation to other modes of cargo transportation are discussed. The complete calculation of driven roller conveyors, CAD model and technical documentation is presented.

Keywords: *internal transport, roller conveyor, roller, piece material*

Садржај

1. Увод.....	1
2. Историјски развој	3
3. Примена транспортера	7
4. Основни параметри уређаја непрекидног транспорта	14
4.1. Капацитет транспорта.....	14
4.2. Маса транспортованог материјала по јединици дужине	15
4.3. Шеме траса.....	17
4.4. Карактеристике материјала	17
5. Основна подела и карактеристике ваљкастих транспортера	21
5.1. Ваљкасти транспортери без погона – гравитациони	21
5.1.1. Гравитациони транспортери са точкићима	23
5.1.2. Гравитациони транспортер са ваљцима	25
5.2. Флексибилни транспортери.....	26
6. Транспортери са погоном.....	27
6.1. Ваљкасти транспортери са погоном преко каиша	28
6.2. Ваљкасти транспортери са погоном преко ланца.....	32
6.2.1. Погоњени ваљкасти транспортер са једним ланцом.....	32
6.2.2. Погоњени ваљкасти транспортер са ланцима од ваљка до ваљка	33
7. Карактеристична извођења ваљкастих транспортера	35
7.1. Акумулациони транспортери	35
7.2. Ваљкасти транспортер са погоном унутар ваљака	36
7.3. Вишенаменски ланчани транспортер.....	37
7.3.1. Скретнице.....	37
7.3.2. Додаци	38
7.4. Модуларни транспортери	38
8. Прорачун ваљкастог транспортера	40
9. Израда 3D модела ваљкастог транспортера.....	45
10. Закључак	50
11. Литература	51

1. Увод

Транспортери представљају битну компоненту многих погона и без њих се не могу замислити савремени индустријски погони као ни савремена индустрија. Врсте и примене транспортера су разнолике и транспортер као уређај налази примену у скоро свим гранама индустрије, металној, прехранбеној, хемијској, грађевинској, текстилној итд.

Транспорт игра све већу улогу у интегрисаном управљању логистиком полупроизвода и протока компоненти. За производне компаније важно је повећати коришћење производних ресурса и оптимизовати процес у смислу трошкова производње и времена. Коришћење специфичних средстава превоза и правилна организација тока материјала су од суштинског значаја како би се осигурао континуитет производње.

Сврха производних погона је да у најкраћем могућем року произведе високо квалитетне производе, осигуравајући компанији највећи приход. Ово је разлог, зашто се компаније стално развијају. Такође су у потрази за методама које доприносе бољем искоришћењу капацитета како би се повећала продуктивност система.

Потребно је узети у обзир и захтеве које постављају купци: извршење наруџбине на време, висок квалитет и одговарајуће цене готових производа. Стога је проблем планирања протока материјала у систему један од основних задатака управљања предузећем. Разлог је тај што скраћивање пута, који је потребан да би се полупроизводи обезбедили на правом месту, има директан утицај на скраћивање времена испоруке и смањење производних трошкова. Тако је последњих година област транспорта постала важна тачка разматрања при формулисању стратегије производних процеса за компаније [1].

Различите области примене транспортних машина, у циљу остварења транспорта великих количина материјала, насипних или комадних, условиле су различита извођења тих машина. Специфичност насипних материјала и потреба за сигурним транспортом, манипулацијама и технолошким процесима или премештању великих количина руде у рударству директно утичу на развој низа транспортних машина чија је карактеристика непрекидан начин рада. Насипни материјали се често пакују у кутије или џакове па се у том случају третирају као комадни терети. У аутомобилској индустрији процеси производње и монтаже, тачније монтажне линије се не могу замислити без непрекидног транспорта. Такође, жичаре и покретне степенице спадају у уређаје непрекидног транспорта који се користе за превоз људи на местима велике фреквенције саобраћаја (тржни центри) или на туристичким планинским местима у случају примене жичаре. Транспортне машине својим континуалним радом остварују захтеване капацитете без обзира на дужину захтеване путање транспорта [2,3].

Транспортери се примењују као самосталне машине а могу бити и део неког производног циклуса при истоварним радовима великих капацитета. Поред остваривања захтеваних капацитета као основне предности, транспортере одликују [3]:

- релативно мали габарити и једноставна монтажа,
- равномеран ток транспортованог материјала,
- мали трошкови по јединици масе транспортованог материјала,
- велика поузданост у раду и лако одржавање,
- могућност обављања технолошких операција у току транспортног процеса,
- могућност формирања просторних траса,

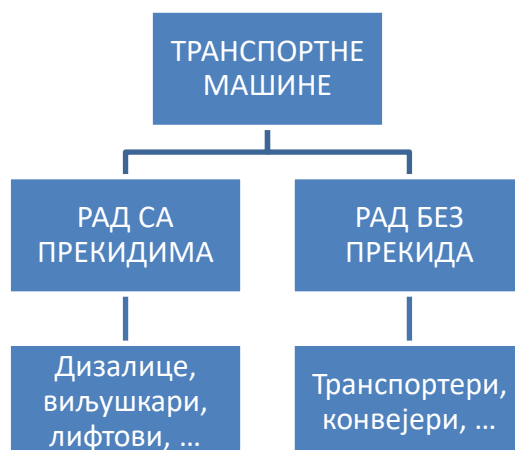
- ограничена флексибилност,

За потребе транспорта сировина, производње и складиштења насипних или комадних материјала, делова или готових производа примењује се „унутрашњи транспорт“. Транспортне машине које се користе за потребе унутрашњег транспорта се према режиму рада деле на [3]:

- транспортне машине са прекидним радом,
- транспортне машине са непрекидним радом.

Транспортне машине које се одликују прекидним радом као што су дизалице, виљушкари и други се најчешће примењују за комадне терете. За разлику од њих, транспортне машине са непрекидним радом у које спадају разне врсте транспортера и жичаре се најчешће користе за пренос насипних терета.

Избор одговарајуће транспортне машине највише зависи од карактеристике материјала који се транспортује или врсте терета, док се конструктивно решење прилагођава захтеваном капацитету, технолошком процесу, усвојеној транспортној путањи, просторним, монтажним условима и стандарду [2].



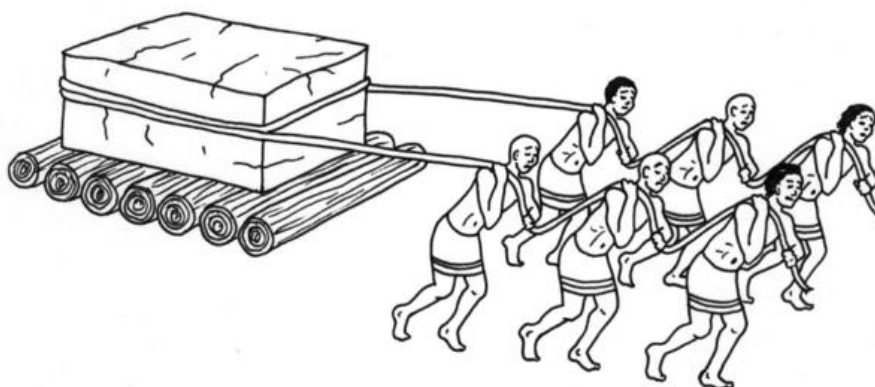
Слика 1. Основна подела транспортних машина намењених за унутрашњи транспорт, [2]

У зависности од начина остваривања транспортног процеса, транспортне машине се могу сврстати у машине са вучним елементом и машине без вучног елемента. Транспортери се примењују за премештање терета по хоризонтали и под малим углом према хоризонтали. Срећу се и решења која налазе примену за транспорт терета под углом који је близак вертикалном правцу. Транспортери са таквим решењима се израђују у различитим варијантама а најраспрострањенији су тракасти, ваљкасти, плочасти и грабуљасти.

2. Историјски развој

Историја руковања материјалом сеже у далеку прошлост. Различите технике руковања материјалом, различити облици механичких направа перманентно су коришћени током развоја људског друштва. Потреба за променом своје околине и руковањем материјалом је била увек присутна у самој природи човека. Када моћ човека као појединца или групе људи није била довољна за задовољење човекових потреба дошло је до појаве првих изума. Први изуми и принципи транспорта који су се користили тада и то системи ужади, котурова, полуга, различитих триболошких процеса се и до данашњих дана нису много променили.

Зенит грчке (V – II век п.н.е.) и римске цивилизације (I век п.н.е.) доноси нове изуме и утиче на напредак у свим областима људског стварања. Архимед се (287-212 п.н.е.) бавио практичним огледима и испитивањима машина што је у многome утицало на развој тадашњих градова. Још један од великих изумитеља који је својим делима променио свет филозоф, конструктор и инжењер Леонардо да Винчи (1452-1219). Његова достигнућа и изуми су добрим делом остали недокучиви и до данашњих дана. Примена транспортних система представља неизоставан део и модерне индустрије. Развој транспортера, који имају могућност да превозе практично било који расути или комадни материјал на хиљаде тона на сат у континуалном и јединственом току, била је једна од најважнијих иновација за модерну индустрију. Концепт гравитационих ваљкастих транспортера је присутан од почетка документоване историје. Сматра се да је техника за транспорт ваљцима коришћена за транспорт свих тешких терета па су вероватно ту технику користили при изградњи древних египатских пирамида и Стоунхенџа у Енглеској, међу многим другим стварима. Древни народи су користећи балване као ваљке преносили тешке терете попут великих камених блокова за изградњу палата и храмова.



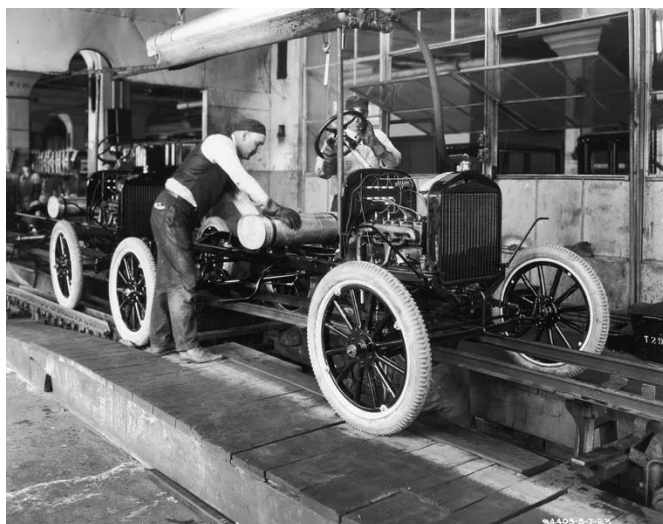
Слика 2. Транспорт камених блокова помоћу балвана, [4]

Док су примитивни ваљкасти транспортери постојали још од старог века, та технолошка иновација није искоришћена и разрађена у целости за нов изум све до 19. века. Отприлике у то време је био концепт да неколико људи може ефективно да премести робу од тачке А до тачке Б. Нема сумње да су технике транспортних трака које се крећу помоћу ваљака биле основни принцип за управљање материјалом више од стотину година, иако њихово порекло траје и пре ове ере.

Транспорт расутог материјала помоћу тракастог транспортера сеже од 1795. године. Највећу примену овај вид транспорта је нашао у утовару зрнасте робе на бродове, што је умногоме убрзало и олакшало процес утовара. Транспортери су такође били заступљени у тешкој индустрији у подземним рудницима и коришћени су за премештање угља. Први транспортни системи су направљени са дрвеним оквиром, а траке су понекад биле од гуме или тканине [5].

Парна машина је пронађена много пре појаве модерних транспортних трака, тако да није требало много времена да се те технологије споје. Прву транспортну траку на пару је користила британска морнарица 1804. године за прављење кекса за своје морнаре.

Најзначајнија прекретница догодила се 1908. године када је Химли Годард из компаније Logan патентирао први ваљкасти транспортер. Почетком 1910-их, Хенри Форд¹ је изградио нову фабрику дизајнирану тако да користи нову технологију и развија производну линију за производњу. Размишљао је да уколико сваки радник остане на једном месту са једним тачно одређеним задатком, аутомобил ће бити обликован знатно брже уколико се креће од одељења до одељења и на тај начин би се уштедело много уложеног рада. Овај изум модерног доба је подигао компанију Форд у сам врх светске индустрије и по њој се развила и грана индустријске филозофије по називу Фордизам² [6].



Слика 3. Линија за монтажу Хенрија Форда [6]

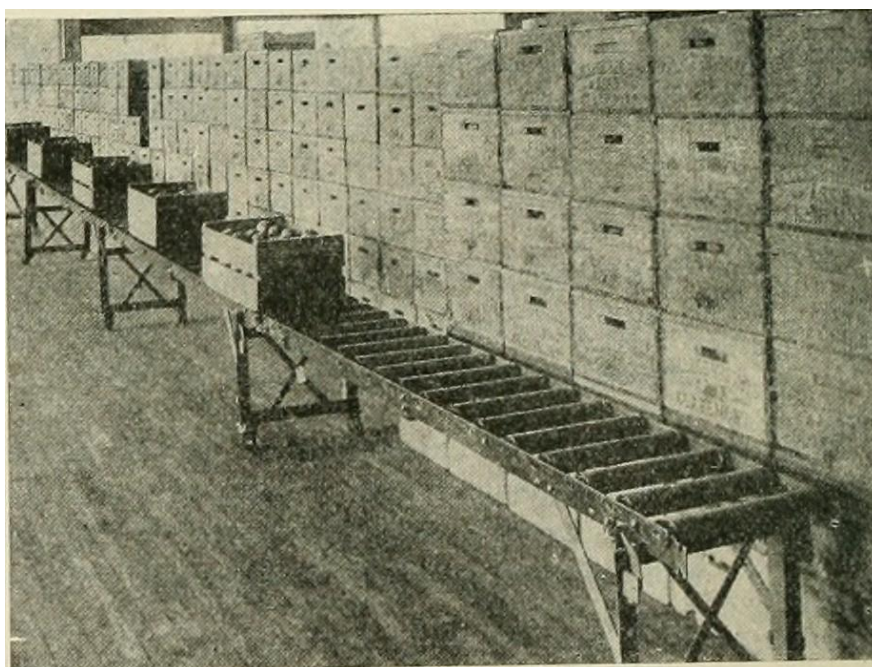
Нова фабрика је могла да направи аутомобил за 93 минута, милион аутомобила годишње. Масовна производња је смањила трошкове и омогућила Форду да своје производе пласира широј јавности, (ова технологија је такође коришћена у производњи трактора Фордсон).

¹Хенри Форд као власник компаније Ford Motor Company је заслужан за „Фордизам“: масовну производњу јефтиних производа у комбинацији са високим платама радника.

²Фордизам (енгл. Fordism) је у основи модерни економски и социјални систем, базиран на индустријализованој, стандардизованој масовној производњи и масовној потрошњи.

Године 1913. Хенри Форд је створио историју увођењем производне траке за главну индустрију употребом ваљкастог транспортера за револуционирање кретања материјала. Исте године појавио се познати модел “Т”, а 1913. развијена је техника потребна за покретну производну траку, те је Форд производио 50% свих аутомобила у Сједињеним Државама. До појаве Форда, аутомобили су већином били занатски или малосеријски производ, те је њихова цена била изван досега многих. Овај тренд је смањио потребе за ручним радом и убрзао производњу. Већ од 1913. до 1919. године многе друге аутомобилске компаније почеле су да користе транспортере, што је било револуционарно за ту грану индустрије [7].

Двадесетих година прошлог века осмишљена су решења транспортних трака са ваљцима за пренос производа на веће удаљености од оригиналних кратких растојања. Прва подземна напредна инсталација са слојевима гумених и природних облога од памука је направљена да премести угаљ на удаљености од 8 km. За време Другог светског рата, као резултат недостатка природних материјала коришћени су вештачки материјали. Ово је означило брзу технолошку експанзију у побољшаним транспортним системима [8].



Слика 4. Изглед ваљкастог транспортера у новијој историји, [9]

Америчка асоцијација за стандарде је 1947. године развила почетне стандарде за сигурност транспортних трака. До 1970-их, ниво буке транспортера је постао проблем за Управу за здравље и безбедност на раду, што је резултовало развојем прецизних лежајева, мирних ваљака и дуготрајних делова како би се елиминисало прерано хабање које је изазивало звецкање. Током седамдесетих, осамдесетих и деведесетих година прошлог века остварен је напредак у циљу побољшања одржавања транспортних трака. Иницијални транспортни системи нису били у могућности да испуне једноставне поправке, често захтевајући да буду замењени због једноставних кварова. Нова машина, као и застоји у инсталацији, правили су значајне трошкове власницима фабрика. Тако су “инжењери транспортне опреме развили и усавршили унутрашње покретне ваљке и моторне ременице које су елиминисале скупе потребе за одржавањем” [8].

Један од најдужих тракастих транспортера је дугачак 17,5 километара и креће се између Индије и Бангладеша ради транспорта кречњака и шкриљаца. Тренутно се најдужа транспортна трака која се налази у рудницима фосфата у Западној Сахари и простира се на 97 km, [10].



Слика 5. Транспортна трака у Западној Сахари [10]

Иако тракасти транспортер има своје недостатке, индустријска постројења масовно користе погодности тракастих транспортера, јер исти дозвољавају аутоматску акумулацију производа, и лако се инсталирају у већ постојеће системе. Решења и тракастих и ваљкастих транспортера користе се у аутомобилској, компјутерској, пољопривредној, прехранбеној, фармацеутској, авионској, индустрији конзервирања итд. [10].

3. Примена транспортера

У складу са потребама корисника, односно зависно од области у којој се транспортери примењују у циљу остварења транспорта великих количина различитих материјала, развијали су се транспортери најразличитијих конструкционих решења. Ове машине својим континуалним радом могу остварити захтеване капацитете без обзира на даљину транспортованог материјала, врсту материјала или услове рада. Примењују се као самосталне машине за транспорт материјала или чине саставни део неког производног циклуса при претоварно-истоварним радовима различитих капацитета [11]. Поред ових основних предности транспортере одликују и:

- мали трошкови по јединици масе транспортованог материјала;
- равномеран ток транспортованог материјала;
- релативно мали габарити;
- редноставна монтажа;
- велика поузданост у раду уз лако одржавање;
- могућност обављања техничких операција у току транспортног процеса;
- лака аутоматизација;
- лако управљање.

Потребе одређених области примене транспортера утицале су на појаву различитих типова тих машина, па је веома тешко направити једну поделу која би обухватила све потребне карактеристике транспортера као таквих. Из тог разлога могу се формирати поделе транспортера према одређеним карактеристикама.

У зависности од начина остваривања транспортног процеса транспортни уређаји могу бити:

- са вучним елементом,
- без вучног елемента

Групи транспортних уређаја који поседују вучни елемент припадају уређаји као што су:

- транспортери,
- конвејери,
- елеватори.

Транспортери се примењују за транспорт терета на одређене удаљености по хоризонталној траси или по траси која има мали угао према хоризонтали. Такође, постоје одређена решења транспортера чија је транспортна траса нагнута под великим углом који је близак вертикалном правцу.

У транспортере спадају:

- тракасти,
- плочасти,
- ваљкасти,
- грабуљасти транспортери.

Транспортери који због своје релативно једноставне конструкције и лаке израде имају широку примену, јесу тракасти транспортери који транспорт врше преко бесконачне траке. Примењују се за пренос насипних и комадних материјала различитих облика. Транспорт је могуће остварити по хоризонтали, под углом или комбиновано. Радни део траке се ослања на носеће ваљке а нерадни на доње носеће ваљке. Носећи ваљци су

постављени тако да спрече велике угибе трака. У случају када је потребно траком транспортовати комадни материјал радни део траке се ослања на равне и глатке плоче од дрвета, пластике или метала [11].



Слика 6. Тракасти транспортер у експлоатационим условима, [12]

Грабуљасти транспортери се користе за пренос растреситог и ситнозрног материјала по кориту на којем се налазе попречне стругаче које су везане са једним или два бесконачна вучна ланца. Такође, грабуљасти транспортери могу имати кофице уместо стругача које су везане за покретни вучни елемент.



Слика 7. Грабуљасти транспортер у експлоатационим условима, [13]

Транспортери који се чешће користе за транспорт комадних а ређе зрнастих материјала су плочасти транспортери. Траса по којој се материјал креће се састоји из плоча које су везане бесконачним ланцима. Поред ланца као вучни елемент примену може наћи и челично уже. Примењују се за транспорт великих и тешких комадних материјала оштрих ивица, посебно материјала чија је температура виша од 60°C као и хемијско абразивних материјала. Транспорт траком, материјала са поменутим карактеристикама се показао као неадекватан због великог хабања траке.



Слика 8. Плочасти транспортер, [13]

Машине које имају могућност непрекидног транспорта у хоризонталној и вертикалној равни или у простору су висећи конвејери. Ова врста транспортера има посебну могућност формирања најразличитијих траса, што је погодно када се у разматрање узме и уштеда фабричког простора. Конвејери користе ланац као вучни елемент и у зависности од врсте материјала који се транспортује примењују се за растресите или комадне материјале. Висећи конвејери за транспорт комадних терета се примењују као део неке технолошке линије при транспорту делова у серијској производњи неке фабрике. Такође, примену налазе и у процесима производње који су опасни по здравље човека као што су фарбаре, проточне пећи за жарење, пећи за сушење фарбе и слично.



Слика 9. Висећи конвејер у текстилној индустрији, [14]

Поред висећих конвејера постоји засебна врста транспортера са називом подни конвејери (слика 10). Главна карактеристика ове врсте транспортера се огледа у положају носећег елемента. Вучни елементи који носе терет су у облику платформи са колицима, које помоћу вучног елемента превозе дуж транспортне трасе. Подни конвејери могу бити са хоризонталном или са вертикалном затвореном трасом. Конвејери чија је траса вертикална налазе примену код монтажних операција тешких и

великих машина и уређаја, као и при монтажи и ремонту система односно његових елемената. Подни конвејери се користе при транспорту терета мањих габарита.



Слика 10. Подни конвејер у аутомобилској индустрији, [14]

Следећи тип транспортера јесу елеватори, то су транспортне машине које имају могућност транспорта у вертикалном правцу. Користе се за транспорт комадних, зрнастих и прашкастих материјала а као вучни елемент могу користити гумене траке или ланце. Зависно од врсте материјала који се транспортује захватни уређаји елеватора могу бити у облику кофица, конзолних и висећих носача. Јасно је да се елеватори са кофицама користе за транспорт ситнозрнастих материјала док се елеватори са конзолним и висећим носачима користе за претоварно-транспортне токове материјала комадног облика. Налазе примену у лукама, пристаништима, складиштима и силосима при обављању претоварно-утоварних радова, као и за унутрашњи транспорт у машинској индустрији. Мана елеватора са кофицама јесте та што му је примена сужена само на транспорт сувог материјала, из простог разлога што се влажан материјал лепи за кофице транспортера.



Слика 11. Кофичасти елеватор у експлоатационим условима, [14]

Групи транспортних машина без вучног елемента припадају:

- пужни транспортери,
- осцилаторни транспортери,
- клизнице, и
- ваљкасти транспортери [15].

Ваљкасти транспортери налазе примену код транспорта коадних терета. Спадају у групу уређаја без вучног елемента. Састоје се из ваљчића поређаних један до другог у рамовима одређених облика и величина тако да као целина креирају секцију, спајањем тих секција остварује се жељена траса ваљкастих транспортера. Више речи о ваљкастим транспортерима биће у наредним тачкама рада [15].



Слика 12. Ваљкасти транспортер у експлоатационим условима, [16]

Пужни транспортери се користе за транспорт насипних материјала а често се користе и као машине за одређене технолошке операције као што су на пример мешање материјала, пуњење итд. Најчешће се састоје из једне или две завојнице, за транспорт се користе са једном завојницом. Постоје и одређена извођења пужних транспортера која се користе за транспорт коадног терета [15].



Слика 13. Пужни транспортер, [16]

Код осцилаторних транспортера (слика 14) њихов главни радни део, који је у виду олука или цеви, врши осцилаторно кретање изазивајући при томе у радном ходу кретање материјала. У повратном ходу долази до заостајања кретања материјала у

односу на радни део осцилаторног транспортера, односно, материјал проклизава у односу на радни део што изазива смањење брзине транспорта [11, 15].



Слика 14. Осцилаторни транспортер у експлоатационим условима, [17]

За спуштање материјала упакованог у цакове, вреће или кутије користе се транспортери у облику завојница који се називају клизнице (слика 15). У зависности од попречног пресека олука завојне клизнице могу бити правоугаоног, кружног попречног пресека или косоугле контуре. Израђују се у секцијама од дрвених, металних или пластичних материјала које се међусобно спајају вијцима. Како би се повећала крутост, унутрашњи зидови секција причвршћују се за заједнички централни стуб.



Слика 15. Изглед клизнице у облику завојнице, [18]

Поред основних уређаја за транспорт важно је поменути и помоћне уређаје у које спадају:

- бункери,
- дозатори,
- затварачи,
- уређаји за одмеравање, и др.

Како би се одржао континуалан транспорт често је потребно вршити привремено или дуже складиштење материјала. Ту функцију обављају бункери који представљају посуде одређеног облика и запремине, најчешће се израђују од челичних лимова.

Затварање и отварање излазног отвора као и контролисање брзине истицања материјала из бункера се регулише помоћу затварача. Могу се активирати ручним или моторним погоном а најчешће се израђују у облику шибера или клапни. Постизање равномерног оптерећења уређаја непрекидног транспорта је могуће коришћењем уређаја за одмеравање. Одмеравање се најчешће врши у посудама када је у питању запреминско одмеравање, а када је у питању масено одмеравање користе се ваге [15].

4. Основни параметри уређаја непрекидног транспорта

Сврха производних погона је да у најкраћем могућем року произведе високо квалитетне производе, осигуравајући компанији највећи приход. Такође компаније су у сталној потражи за методама које доприносе бољем искоришћењу капацитета како би се повећала продуктивност система. Различите области примене транспортних машина, у циљу остварења транспорта великих количина материјала, насипних или комадних, условиле су различита извођења тих машина. Специфичност насипних материјала и потреба за сигурним транспортом, манипулацијама и технолошким процесима или премештању великих количина руде у рударству директно утичу и на развој низа транспортних машина чија је карактеристика непрекидан начин рада.

Без обзира што уређаји овог типа не захтевају велика инвестициона улагања и нису захтевни у погледу одржавања, избор и прорачун транспортних машина захтевају познавање [15,17]:

- капацитета транспорта,
- масе транспортованог материјала по јединици дужине,
- шема траса,
- карактеристика материјала,
- режима рада.

4.1. Капацитет транспорта

Капацитет је основна карактеристика транспортних машина и представља количину транспортованог материјала у јединици времена. Јединица мере је тона на час (t/h) или метар кубни на час (m^3/h).

За количину материјала коју је потребно транспортовати изражену у t/h, за рад у смени Q_{sm} за дан Q_d или у години Q_g и радно време у смени T_{sm} , се може израчунати потребни капацитет транспорта [12]:

$$Q = \frac{Q_{sm} \cdot k}{T_{sm} \cdot k_v} = \frac{Q_d \cdot k}{m \cdot T_{sm} \cdot k_v} = \frac{Q_g \cdot k}{n \cdot m \cdot T_{sm} \cdot k_v} \quad (t/h) \quad (4.1)$$

где су:

- k – коефицијент неравномерности насипања материјала,
- T_{sm} – радно време у смени,
- $k_v = t_m / T_{sm}$ – коефицијент временског искоришћења рада машине,
- t_m – сварно време рада уређаја непрекидног транспорта у смени,
- m – број смена на дан,
- n – број радних дана у години.

Коефицијент неравномерности има следеће вредности у зависности од режима рада уређаја:

- $k = 1,0$ за веома лаки режим рада,
- $k = 1,1$ за лаки режим рада,
- $k = 1,2$ за средњи режим рада,
- $k = 1,3$ за тешки режим рада,
- $k = 1,5$ за врло тешки режим рада.

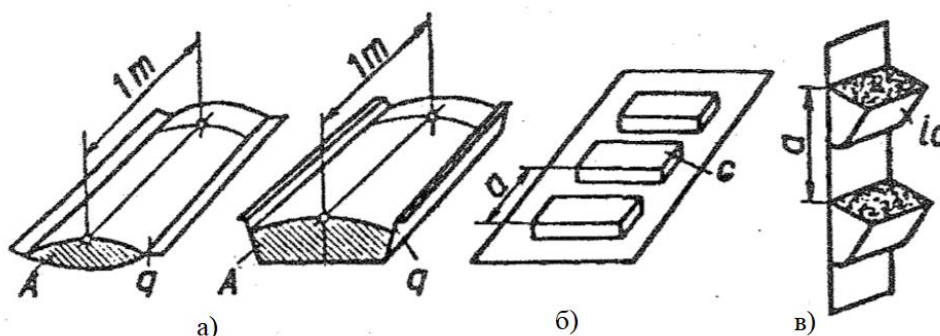
Запремински капацитет транспорта се дефинише:

$$V = 1000 \cdot \frac{Q}{\rho} \quad (m^3/h) \quad (4.2)$$

где је ρ (kg/m^3) – густина транспортованог материјала.

4.2. Маса транспортованог материјала по јединици дужине

При прорачуну транспортних машина подразумева се да је материјал равномерно распоређен по дужини транспорта, тако да се може дефинисати маса материјала по јединици дужине. На слици 16. дат је приказ транспорта насипних материјала, комадних материјала као и изглед транспорта материјала у посудама [11].



Слика 16. Варијације облика масе транспортованог материјала, а) насипни материјали, б) комадни материјали, в) материјали у посудама (кофицама) [11].

Погонска маса насипних материјала се дефинише као:

$$q_M = A \cdot \rho \quad (kg/m) \quad (4.3)$$

где су:

A (m^2) – површина попречног пресека струје материјала,
 ρ (kg/m^3) – густина материјала.

Погонска маса комадног терета се дефинише као:

$$q_M = \frac{m}{t} \quad (kg/m) \quad (4.4)$$

где су:

m (kg) – маса једног комада,
 t (m) – растојање између два суседна комада, корак.

На слици 17. дат је приказ транспорта комадног терета.



Слика 17. Транспорт комадног терета, [20]

Погонска маса пре транспорту материјала у кофицама се дефинише као:

$$q_M = \frac{i_0 \cdot \rho \cdot \psi}{t_k} (kg/m) \quad (4.5)$$

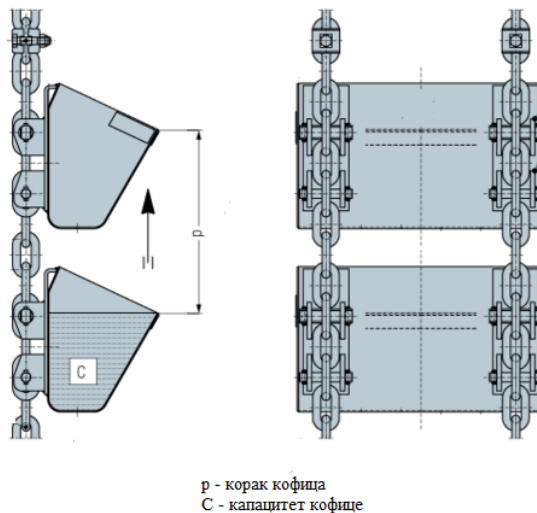
где су:

- $i_0 (m^3)$ – запремина кофице,
- ψ – коефицијент пуњења кофице (однос запремине материјала у кофици према запремини кофице),
- $t_k (m)$ – корак кофица.

Коефицијент пуњења ψ представља однос запремине материјала V_m и кофице i_0 :

$$\psi = \frac{V_m}{i_0} \quad (4.6)$$

па се из тога јасно може увидети разлог због којег се запремина кофице изражава у литрима, односно у dm^3 .



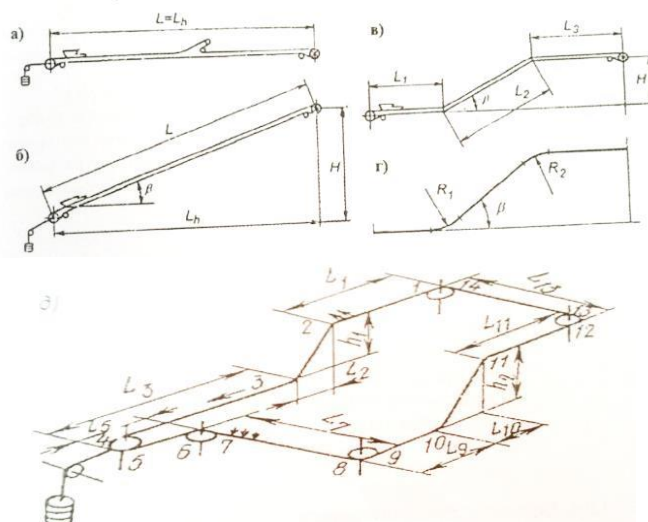
Слика 18. Транспорт материјала кофицама, [20]

4.3. Шеме траса

Шема траса (слика 19) представља неки путању којом се терет преноси од места утовара до места истовара. Димензије траса као и њен изглед зависе од многих фактора. Ти фактори су дужина пута која је потребна за транспорт, облик траса који зависи од локације (рељефа површине на којој се транспортер налази у случају да се не налази у производној хали нпр. рудници) самог транспортера, од производних операција уколико се налази у фабрици. Постоје различита извођења траса за транспорт материјала. Постоји могућност транспорта у једној или више равни као и могућност транспорта у простору [15].

Шему траса дефинишу следећи параметри:

- дужина L ,
- угао нагиба β ,
- висина дизања H ,
- дужина делова комбиноване траса ($L_1, L_2, L_3, \dots$),
- полупречници кривина.



Слика 19. Шеме траса – а) хоризонтална, б) коса, в) комбинована, г) комбинована са лучним деловима, д) просторна, [15]

4.4. Карактеристике материјала

Материјали који се транспортују овим машинама се деле на:

- насипне,
- комадне материјале.

Једна од карактеристика насипних материјала је да су њихове честице ограничене покретљивости. Степен покретљивости честица код насипних материјала директно зависи од унутрашњих сила трења као и од међусобне повезаности честица. Насипни материјали имају следећа својства, [21]:

- гранулометријски састав,
- густина,
- влажност,
- угао природног пада,
- абразивност,
- лепљивост,
- особина слегања,
- понашање на ниским температурама,
- коефицијент трења

Комадни материјали представљају појединачне терете који се јављају у свом реалном облику (машине, уређаји и њихови делови, полуфабрикати металургије, цигла, цреп) или су настали паковањем ситнозрнастог материјала у кутије, цакове и слично. Тежина терета одређује носивост а његова величина димензије елемената транспортера [22].

Гранулометријски састав

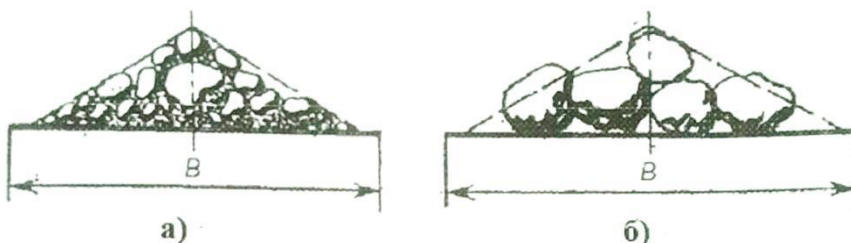
На процес транспортовања насипног материјала велики утицај има сортираност материјала (слика 21) која се дефинише коефицијентом k_0 . Гранулометријски састав се одређује методом просејавања (слика 20) а дефинише крупноћу комада као и њихову количину у транспортованом материјалу [19].



Слика 20. Уређај за просејавање у експлоатационим условима [20]

При односу димензија највећег (a_{min}) и најмањег комада (a_{max}), већим од 2,5 материјал је несортиран, а ако је тај однос мањи од 2,5 материјал је сортиран.

Ако кажемо да је маса највећих комада m_0 која се налази у пробном узорку масе m , онда се може дефинисати однос $c = m_0/m$ који је меродаван за утврђвање димензије карактеристичног представника комада a' .



Слика 21. Сортираност материјала. а) несортирани материјал, б) сортирани материјал, [15]

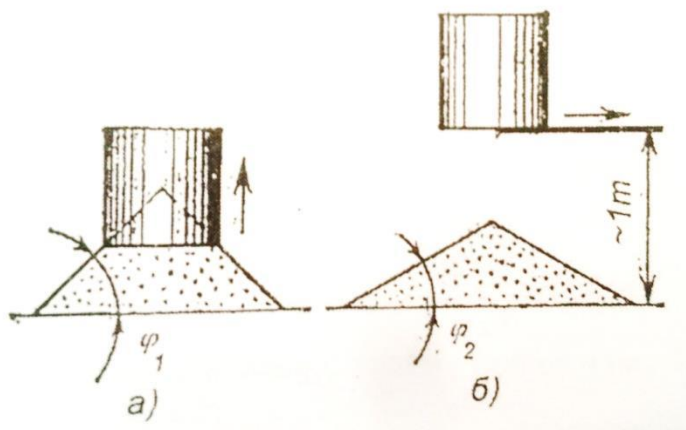
Абразивност, лепљивост, слегање

Приликом транспорта настипних материјала врше трење у односу на површину транспортера. То својство настипних материјала се назива абразивност. У зависности од степена абразивности настипних материјали се деле на: неабразивне, малоабразивне, средњеабразивне и веома абразивне.

Лепљивост је својство материјала да се при премештању материјал лепи за површину по којој се креће. Степен лепљивости се мери силом отпора смицања таквог материјала на залепљеној површини. Слегање је особина материјала да губи покретљивост својих честица при дужем стајању [15].

Угао природног пада

Највећи угао нагиба конуса према хоризонталли представља угао природног пада материјала који се означава са φ . Угао природног пада сачињава слободна површина настипног материјала. Разматрају се случајеви кад је материјал у стању мировања φ_1 и када је у стању кретања φ_2 (слика 22).



Слика 22. Одређивање угла природног пада – а) у стању мировања
б) при кретању, [15]

Експерименталним путем утврђено је да је однос између угла природног пада при кретању и при мировању приближно једнак вредности 0,7.

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \approx 0,7 \quad (4.7)$$

Из приложеног се може закључити да је φ_2 мањи од φ_1 а разлог томе је трансформација потенцијалне енергије при падању материјала у кинетичку енергију која изазива додатно кретање материјала, односно долази до смањења угла нагиба конуса слободне површине материјала према хоризонталли.

Отпор трења

Отпор који се јавља при премештању материјала по површини зависи од коефицијента трења μ . Код транспортних машина које преносе материјал помоћу траке која је и вучни и носећи елемент, угао највећег нагиба према хоризонталли зависи од угла трења. Коефицијент трења се дефинише за случај када је материјал у стању мировања μ_1 и стању кретања μ_2 . Између њих постоји следећа зависност, [15] :

$$\mu_2 \approx (0,7 \div 0,9)\mu_1 \quad (4.8)$$

$$\mu_1 = \tan(\rho_1) \quad (4.9)$$

где је ρ_1 - угао трења у стању мировања

У случајевима где се транспортују високи комади код којих је висина h већа од дужине ослањања a на траку угао нагиба при транспорту се проверава из услова:

$$\tan \beta_{max} \leq \frac{a}{h} \quad (4.10)$$

Режим рада

Све транспортне машине се могу разврстати у погонске класе, односно режиме рада. За дефинисање режима рада неопходни су параметри који ближе дефинишу радно стање уређаја. У зависности од временског искоришћења (k_v) и релативног капацитета (k_Q) могу се дефинисати пет режима рада, [11]:

- веома лаки режим рада (VL)
- лаки режим рада (L),
- средњи режим рада (S),
- тешки режим рада (T),
- врло тешки режим рада (VT).

Режими рада транспортних машина имају велики утицај на радни век, који се креће у границама:

- за тракасте транспортере од 5 до 8 година
- за плочасте до 10 година,
- за пужне до 8 година,
- за ваљкасте транспортере до 16 година.
-

Прорачун капацитета

За прорачун капацитета транспортера разматрају се три основна случаја у зависности од тога да ли се транспортују насипни, коадни или материјали у посудама. У сва три случаја основни параметри за прорачун капацитета су погонска маса $q_M(kg/m)$ и брзина транспорта $v(m/s)$. И капацитет се одређује према изразу, [11]:

$$Q = 3,6 \cdot q_M \cdot v \ (t/h) \quad (4.11)$$

За транспорт насипних материјала:

$$Q = 3,6 \cdot q_M \cdot v = 3,6 \cdot (A \cdot \rho) \cdot v \ (t/h) \quad (4.12)$$

За транспорт коадних материјала:

$$Q = 3,6 \cdot q_M \cdot v = 3,6 \cdot \frac{m}{t} \cdot v = 0,001 \cdot m \cdot Z \ (t/h) \quad (4.13)$$

Где је Z - број комада који се премести за један час.

$$Z = 3600 \cdot \frac{v}{t} \ (kom/h) \quad (4.14)$$

На основу претходних израза се може закључити да при транспорту насипних материјала да величина капацитета, поред густине материјала и брзине транспорта, зависи и од површине попречног пресека струје материјала $A(m^2)$.

5. Основна подела и карактеристике ваљкастих транспортера

Ваљкасти транспортери налазе примену код транспорта коадних терета. Спадају у групу уређаја без вучног елемента. Састоје се из ваљчића поређаних један до другог у рамовима одређених облика и величина тако да као целина креирају секцију, спајањем тих секција остварује се жељена траса ваљкастих транспортера. Ови транспортери се често користе за транспорт комада од једне до друге машине према захтеву технолошког процеса. Ваљкасти транспортери могу бити са или без погона.



Слика 23. Систем транспорта коадних терета у чијем саставу су претежно ваљкасти транспортери, [23]

5.1. Ваљкасти транспортери без погона – гравитациони

Гравитациони транспортери јесу тип транспортера који своју функцију обављају без погона, наиме они користе силу гравитације за пренос терета. Две основне врсте гравитационих транспортера су транспортер који као котрљајне елементе садрже ваљке и оне који као котрљајне елементе садрже точкове.

Угао нагиба гравитационих транспортера зависи од масе и врсте материјала. Брзина кретања терета код гравитационих ваљкастих транспортера се креће у границама од 0,35 до 2 m/s. Ширине ваљака су за 50 ÷ 100 mm веће од димензија комада мерене нормално на правац кретања. Често се дешава да на гравитационим транспортерима долази до застоја, из тог разлога је неопходно обезбедити слободан приступ транспортеру како би оператер био у могућности да приђе транспортеру и реши застој. Управо због могућих застоја није препоручљиво коришћење гравитационих транспортера у системима који су потпуно аутоматизовани. Избор одговарајуће врсте гравитационих транспортера зависи од више фактора. Један од фактора који утиче на избор гравитационог транспортера је маса и облик терета. На пример празне картонске кутије и лагани терет путују боље на точковима него на ваљцима јер је сила која је потребна да се превазиђе инерција за покретање неколико точкова далеко мања од силе која је потребна за покретање једног ваљка. Дакле, точкови су бољи од ваљка за мања оптерећења. Ако је брзина протока материјала мање масе мала, ваљкасти транспортери са већим нагибом су боље решење у поређењу са транспортером са точковима јер у овом случају маса ваљка делује као успоривач.

Гравитациони транспортери су једна од најчешће виђаних решења коадног транспорта. Могу преносити коадни терет различитих величина на различита растојања од једног до преко 30 метара. Такође дијапазон терета јесте широк, од финих, кртих предмета па све до бетонских блокова, дрвета, пластике итд.

Гравитациони транспортери са точковима се по правилу користе за руковање контејнерима са глатким дном, дрветом, влакнима, валовитом или пластичном посудом. Гравитациони транспортери са точковима се не препоручују за руковање сандуцима са отвореним дном или влажним, меким картонима. Сваки точак као ослонац може створити удубљење на дну картонске кутије, тако да је важно ограничити оптерећење тачке без додавања толико точкова како трошкови производње не би били превисоки. Овај аспект утовара постаје врло важан при раду када је предмет транспорта спакован у врећама. Ако је производ сувише клизав, није могућ транспорт оваквом врстом транспортера. Уколико постоје сумње да је производ клизав потребно је извести пробно транспортовање производа на постојећем транспортеру да би се утврдило погодно кретање транспортера, [19, 24].

Гравитациони ваљкасти транспортер се такође користи за манипулацију контејнерима од дрвета са глатким дном, влакнима, валовитим или пластичним посудама, али је ефикасан и за транспорт сандука. Као што се може приметити, широк спектар врста пакета може се преносити помоћу ваљака, али где је погодније користити точкове могуће је заменити ваљке точковима и тако се може направити одговарајућа траса.

Ако се користе ове врсте транспортних система без погона, важно је погледати угао или висину на којој ће транспортер бити постављен. У просеку, висина потребна за валовите картоне износи 150 mm на 3 m. Производи са тврдим или чврстим дном захтевају мањи нагиб, а производи са меким дном захтевају већи нагиб. Захтеви нагиба смањују се како се повећава тежина транспортног терета. Искуство и тестирање су једине практичне методе за утврђивање стварних потреба за висином.

Табела 2. Зависност угла нагиба транспортера у односу на масу и врсту материјала, [12]

Врста материјала	Масе терета (kg)	Угао нагиба транспортера (°)
Контејнери од челичних лимова	< 30	2 ÷ 3
	30 ÷ 150	2 ÷ 2,5
	150 ÷ 500	1,5 ÷ 2
	500 ÷ 1000	1 ÷ 1,5
Дрвна грађа и сандуци од дасака	< 25	2 ÷ 2,5
	25 ÷ 125	1,5 ÷ 2
	100 ÷ 600	0,5 ÷ 1,5
	500 ÷ 1200	0,5 ÷ 1,5
Дрвене летве, стругане даске	До 15	2 ÷ 5
Челичне плоче, бетонски блокови	До 30	1 ÷ 3
	до 100	2 ÷ 3

Потребни нагиб ће варирати у зависности од тога да ли су точкови или лежајеви на ваљцима подмазани или не, такође може варирати и у зависности од температуре и влажности околине. У случају гравитационих транспортера са ваљцима, прво паковање ће започети окретање ваљка. Другом пакету, уколико следи близу иза првог, биће довољна мања сила да искористи инерцију ваљка и путоваће мало брже од првог пакета, а трећи пакет би путовао још брже. Такође, карактеристика транспорта на већим даљинама је стварање већих брзина које могу оштетити производе при заустављању, узрокујући прелаз преко кривина услед налета. За гравитационе транспортере дуже од 6 m, где се производи могу нагомилати на кривини транспортне трасе, пожељно је погледати препоруке конструисање транспортера у таквим условима рада. Кад год су потребни дужи захвати трасе погоњени гравитационом силилом, неопходно је пажљиво анализирати таква решења. Уколико се ради о транспортерима са точковима и неким ваљцима са малим пречником, могуће је затегнути осовине да би се остварило кочење групе точкова или ваљка да би се успорио производ. На располагању су и уређаји за успоравање као што су инертни точкови који помажу у контроли ове ситуације, [24].

5.1.1. Гравитациони транспортери са точкићима

Гравитациони транспортери са точкићима (слика 24) су такође у примени јер се основна компонента првобитно заснивала на старомодним челичним точковима. Иако постоји много полемике у њиховој историји, објављено је да су први транспортери за скретне точкове развијени током прохибиције да помогну у уклањању опреме из затворених пивара [24].



Слика 24. Гравитациони транспортери са точкићима, [23]

Точкови се могу уградити или високо или ниско у оквир (види слику 25). Високо постављени точкови постављени су тако да је врх точкића изнад бочних оквира. Гравитациони транспортери са точковима обично се праве са рамовима направљеним од челика или алуминијума. Точкови су доступни са различитим пластичним или гуменим премазима или гумама, а могу се израђивати и од пластике. Оквири и точкови од алуминијума се користе код транспортера за пренос комадног терета, иако

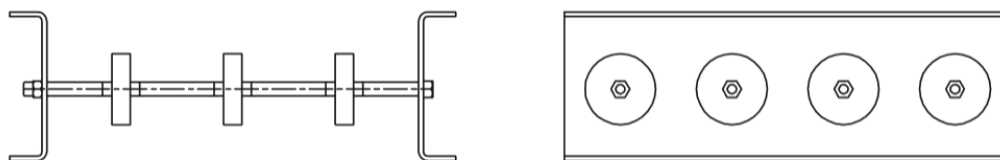
алуминијумски оквир не може да издржи исто оптерећење као оквир од челика. Важно је осигурати да оквир издржи задато оптерећење.

Две димензије које су посебно важне када се конструишу гравитациони транспортери су ширина трасе и распоред и димензије точкова. Ширина трасе директно зависи од ширине производа који се транспортује. Ако су точкови постављени ниско, транспортер би требао бити шири од најширег пакета. Ако су точкови постављени високо, није реткост да се види како производ долази до ивица гравитационог транспортера све док се не изврше измене транспортера у биду додатних граничника. Да би то било могуће, транспортна траса мора бити без препрека, а производ мора бити довољно чврст како не би дошло до оштећења. Битно је водити рачуна при усвајању кривина, обично производ може бити 25 одсто шири од транспортера у тим деловима.

Распоред и димензије точкова представљају функцију најмањег производа којим се рукује, како у дужини тако и у ширини. Сваки ред точкова монтиран је на заједничкој осовини, а осовине су најчешће монтиране на 70 mm од центра до центра точкова, међутим могу бити на центрима мањим од 15 mm или већим од 150 mm. Размак између осовина темељи се на дужини производа. Међусобни размак осовине не сме бити већи од једне трећине најкраћег производа с који се транспортује. Размак између точкова или броја точкова на свакој осовини одређује се ширином најмањег пакета као и максималним оптерећењем које треба превести, [24].



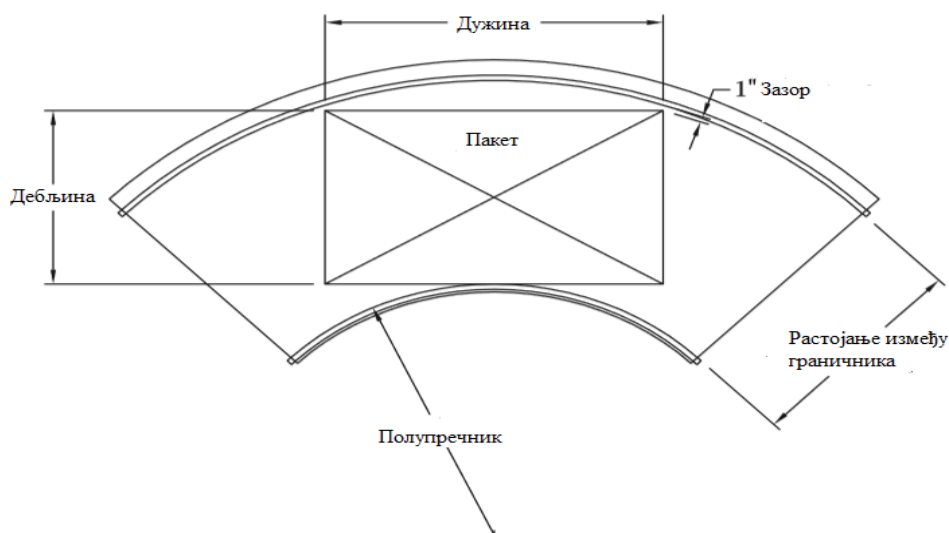
Точкови постављени у горњем делу рама



Точкови постављени у доњем делу рама

Слика 25. Опције постављања точкова у односу на рам, [24]

Производе се сегменти у облику кривине који по конструкцији одговарају суседним равним сегментима. Полупречник криве се одређује производом који се преноси. Димензије дужине и ширине производа који се транспортује одређују ширину криве и, генерално, ширина кривине одређује ширину суседног спојног сегмента.



Слика 26. Димензионисање кривине на основу димензија дела који се транспортује, [24]

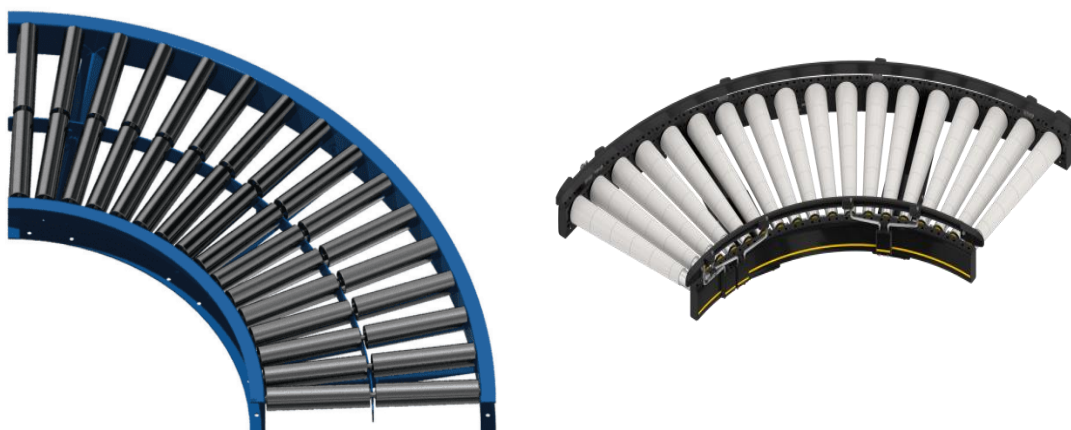
Ако је предмет који се транспортује посебно дугачак, слично као кутија са цевима, суседни прав сегмент био би преширока за такав производ. Овај услов захтева скупу израду транспортера. Ова ситуација се може избећи коришћењем уже кривине и помицањем заштитних граничника да би се омогућило да производ може да прође кроз кривину (види слику 26), [24].

$$\text{ШТ} = \sqrt{(\text{Полупречник} + \text{Дебљина})^2 + \frac{\text{Дужина}^2}{2}} - (\text{Полупречник} + 1) \quad (5.1)$$

Где је ШТ-Ширина трасе одн. растојање између граничника.

5.1.2. Гравитациони транспортер са ваљцима

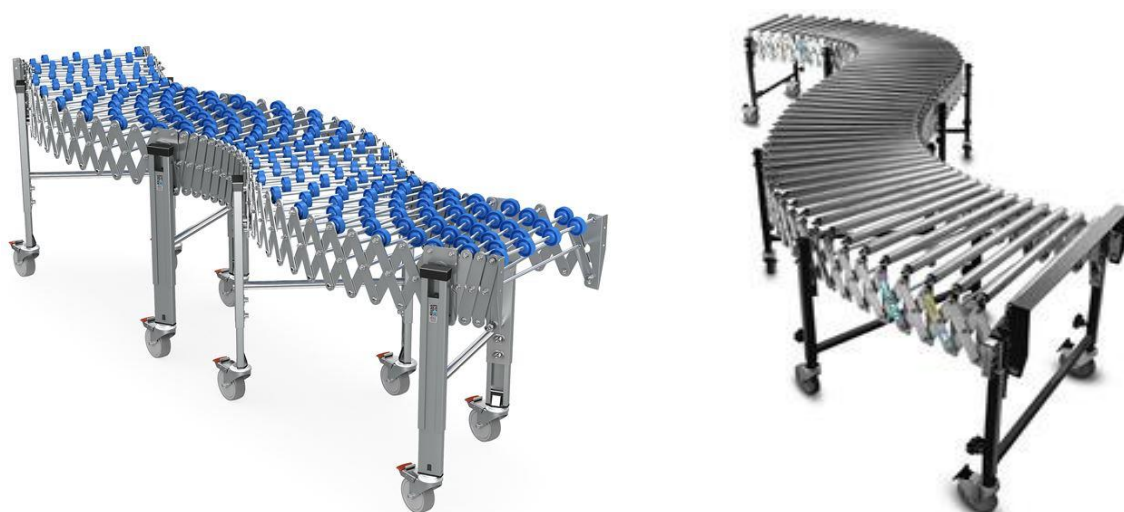
Гравитациони ваљкасти транспортер следи исте концепте као и гравитациони транспортер са точићима. Правила за димензионисање транспортера су готово иста, осим тога што не постоји размак точкова. Оквири се могу израдити од челика или од алуминијума, а има и много више различитих конструкционих решења. Величине ваљака се крећу од 42 mm до 159 mm у пречнику. Најпопуларније величине су пречника су 60 и 76 mm. Ваљци обично имају челичну шкољку или кућиште, док су ваљци мањих пречника доступни и у челичним и у алуминијским шкољкама. Гравитациони ваљкасти транспортер се састоји од низа ваљака са кораком од 70, 90 или 150 mm, постављених између бочних оквира. Попут точића ваљци се могу монтирати високо или ниско у оквиру. Код креирања кривине транспортера, могу се користити и равни и конични ваљци (слика 27 десно). Равни ваљци (слика 27 лево) су неупоредиво јефтинији али код њихове примене постоји проблем повлачења производа ка спољашњем граничнику, па се често зарад решавања овог проблема, на осовину или вратило уместо једног ставе два ваљка уз то што ће се спољни ваљак брже окретати зарад бољег одржања правца кретања.



Слика 27. Извођење кривине са правим ваљцима у два реда и извођење кривине коничним ваљцима, [23]

5.2. Флексибилни транспортери

Флексибилни транспортери су врста ваљкастих транспортера. Они имају као специфичну особину флексибилност конструкције. Могу се савити где је потребно без употребе традиционалних крутих оквира. Ова врста опреме је погодна за утовар и истовар камиона, као и за привремену употребу. Флексибилни транспортери су доступни и са точковима и са ваљцима (слика 28). Верзија са точковима омогућава боље праћење производа од верзије са ваљцима, производ ће боље задржати оријентацију у односу на транспортер. Међутим, има иста ограничења преносивости производа као и гравитациони транспортер са точићима. Један аспект који треба размотрити код флексибилних транспортера је да, када се транспортер истегне, растојања између осовина почињу да се повећавају. За такве случајеве користе се граничници. Они омогућавају подешавање међусобних растојања осовина на дужину која одговара дужини пакета који се преносе. Међутим, ове границе проширења такође утичу на однос проширене и компримоване дужине транспортера, [24].



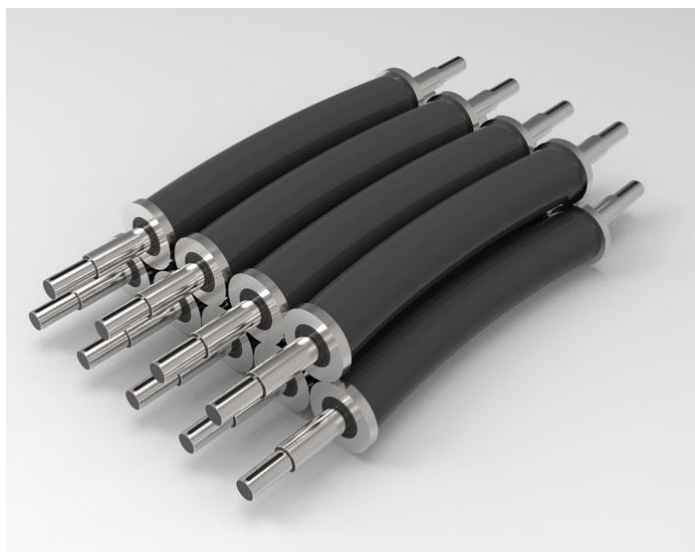
Слика 28. Извођења флексибилних транспортера са ваљцима и са точковима [25]

6. Транспортери са погоном

Код транспортера са сопственим погоном сваки ваљак посебно прима погон. Најчешће се такав систем састоји из погонског електромотора и редуктора као погонске целине, при чему је излазно вратило редуктора спојено са ваљком. Поред овог начина постоје и транспортери код којих се погони сваки други или трећи ваљак тако да у току транспорта терет добија погон бар од једног ваљка. Код групног погона ваљака примењују се решења са ланцем или каишем.

Ваљак је основни и најважнији део ваљкастог транспортера чији су стандардни пречници 42, 60, 76, 108, 159 mm а стандардне дужине ваљака 160, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800 mm. Шкољка ваљка, спољна површина која је видљива, састоји се од округле цеви са дебелином зида од 16 до 12 mm. У зависности од примене, шкољка ваљка може бити обична челична или поцинкована. Развијено је неколико решења са сврхом да умањи буку коју ваљак ствара приликом обртања у оквиру транспортера.

У зависности од примене, ваљци се могу обложити клизним уретанским или тефлонским омотачем. Пресвучени ваљци користе се за облагање тврде челичне површине или за повећање трења између површине ваљка и производа који се превози. Потребно је узети у обзир да се често, зависно од примене, користе најразличитија извођења ваљака. На пример, за дизајнирање транспортера за руковање ролнама фотографског папира, да не би дошло до нагњечења ивице папира, ваљци морају имати већу глаткост површина од типичних транспортних ваљка. Код оваквог транспортера сви ваљци су израђени, у одређеној мери, благо у облику банане као што се може видети на слици 29, [24].



Слика 29. Закривљени ваљци у облику банане [26]

Ваљак у облику банане има одређени лук у уздужном смеру, фиксиран је помоћу кугличног лежаја и окретан. Када се филм ротира кроз ваљак, он ће се развући у уздужном смеру због одређене закривљености закривљеног гуменог ваљка. Ваљак може развући филм да елиминира боре и заустави материјал у процесу сечења. Другим речима, закривљена осовина је фиксирана, да би се савијајући гумени ваљак добро окретао. Широко се користи за папир, филм, текстил и сличне машине и опрему.

Бука коју ствара ваљкасти транспортер потиче од прстена ваљка. Ово је првенствено узроковано лежајевима који се користе у већини ваљака. Временом је дошло до унапређења лежајева тако да стварају мању буку. Обично су тихи лежајеви скупљи, па се користе за веће брзине, обично веће од 1 m/s. Бука коју стварају јефтинији лежајеви подношљива је при нижим брзинама. Ако је бука забрињавајућа, тиши лежајеви се могу користити и при нижим брзинама. Транспортери са ваљцима могу се покретати различитим облицима каишева или ланчаним преносником, [24] .

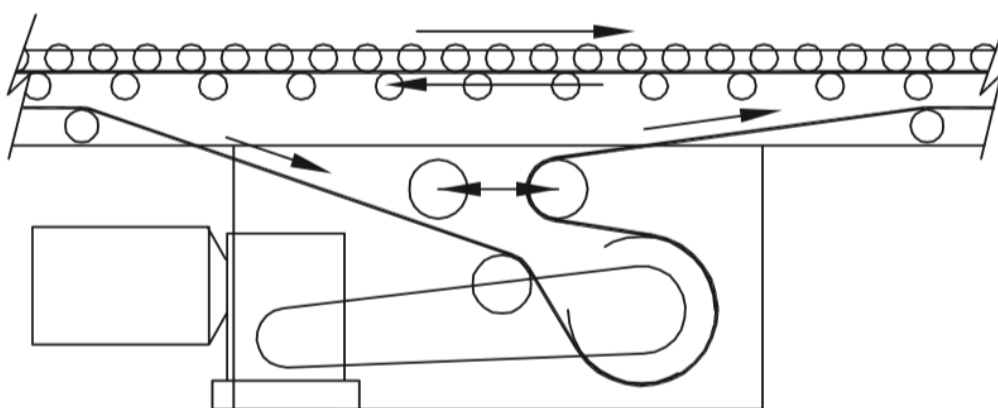
6.1. Ваљкасти транспортери са погоном преко каиша

Погоњени ваљкасти транспортер као преносник између електромотора и ваљака може поседовати каиш (ремен) на два начина:

- један велики каиш са затезачима,
- више мањих каишева који повезују погонски ваљак са наредним.

Постоји више верзија равних каишева, користи се за дуже транспортере, док се округли или клинасти каишеви користе за краће транспортне трасе. Равни каиш може покретати само равне транспортере. Округли или клинасти каиш могу се користити за покретање комбинације правих и закривљених транспортних траса.

Погон на верзији са равним каишем, пошто је каиш основа транспорта, практично је идентичан погону транспортних равних трака. Најчешће овакви транспортери са равним каишем користе средишњи погон. Средишњи погон нуди не само веће искоришћење снаге, већ омогућује једноставније затезање погонске траке. Као што је приказано на слици 30, средишњи погон је готово идентичан као код равних транспортних трака. Неки произвођачи заправо користе потпуно исти вид погона и за ваљкасти транспортер погоњен помоћу каиша и равне транспортне траке, [24].

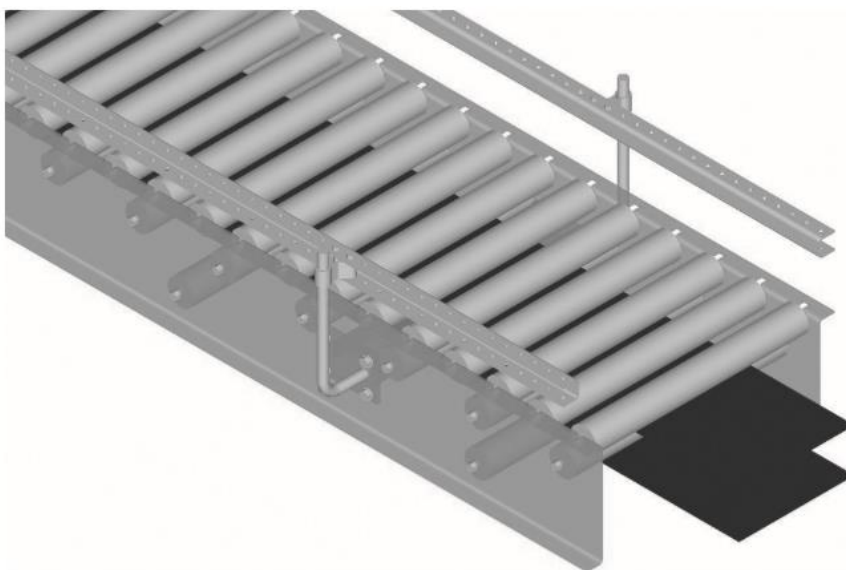


Слика 30. Изглед погона ваљкастог транспортера изведен помоћу каиша, [24]

Погон округлих или клинастих облика каишева је веома једноставан. На свим, осим најкраћим транспортерима, предвиђено је довољно простора, обично са опружним погоном, да се каиш затегне. Важно је узети у обзир да се каиш креће у супротном смеру од производа који се превози.

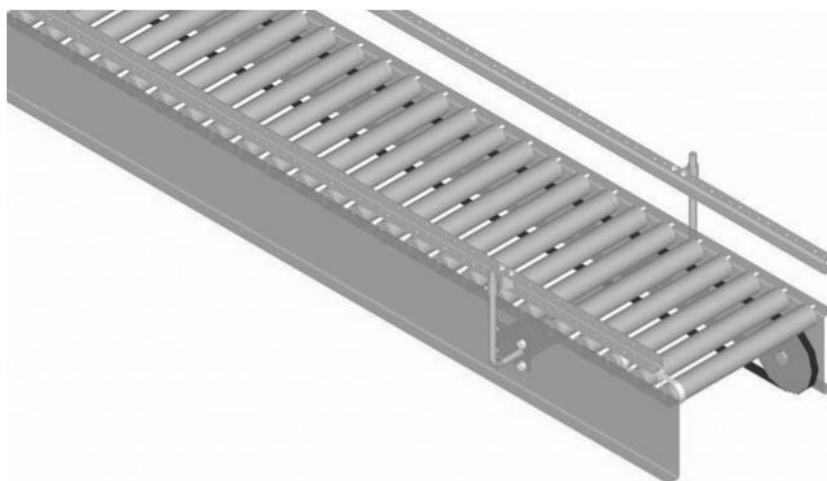
Транспортери са средишњим погоном су обично направљени од два бочна носача са отворима на које је ослоњен први сет ваљака, а други сет ваљка се налази испод погонског каиша (види слику 31). Други сет ваљака притиском омогућава да каиш буде

у контакту са првим сетом ваљака. Постоји трећи сет ваљка који затежу повратни каиш, а они су удаљени од прва два сета ваљака.



Слика 31. Положај и распоред ваљака у односу на каиш, [24]

Код округлих или клинастих верзија каишева, горњи и доњи ваљци се замењују малим сноповима (види слику 32). Тамо где равни каиш обично иде испод средишта ваљка, округли и клинасти каиш су обично позиционирани дуж једне или друге стране.

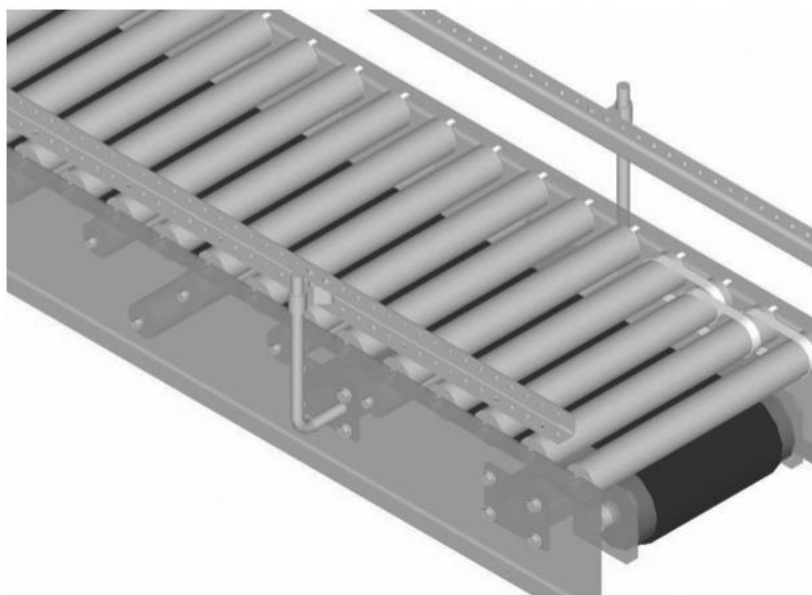


Слика 32. Примена округлог или клинастог каиша, [24]

Како би било омогућено жељено затезање каиша већина произвођача нуди методу затезања помоћу подешавања пртиска ваљка у односу на каиш. Неки ваљци су подесиви појединачно, а други користе шипку за подешавање серије ваљака одједном. То омогућава да се смањи затезање где се производ треба повремено акумулирати или повећати у подручјима спајања сегмената.

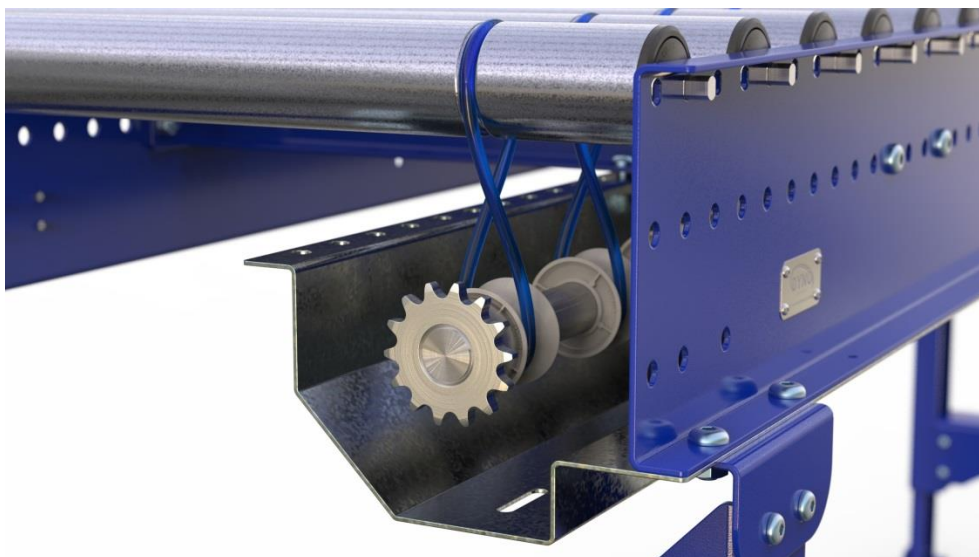
Ваљкасти транспортери са погоном обично имају лежачеве на крајевима ваљака којима не ослањају на носач ваљка. У ове лежачеве су уграђени котурови и ваљак на крају њих.

Због просечне величине каиша последњих пар ваљака не долази у контакт са погонским каишем. Да би се избегла мртва зона у ваљцима, ови иначе непогоњени ваљци се обично слажу помоћу једног или два задња ваљка са погоном. Кретање ових непогоњених ваљака може се извести ваљцима са жлебом за траке и округлим полиуретанским тракама или употребом танких равних трака од уретана од 12 до 25 mm, као што је приказано на слици 33.



Слика 33. Изглед монтираних трака за пренос кретања са погоњених на непогоњене ваљке, [24]

Валькасти транспортери са полиуретанским тракама (слика 34) су јединствени по томе што омогућавају најразличитија извођења. Сваки ваљак покреће се појединачним полиуретанским тракама покретаним пластичним (ацетилним) калемима који се постављају на челичну осовину која иде дуж лежишта (види слику 34). Калемови имају клизно подешавање на осовини, а затегнутост уретанских трака пружа довољно трења између калема и осовине за покретање ваљка. Како би повећали погонску силу за теже производе, може се користити краћа полиуретанска трака. На пример, ако је стандардна дужина траке 267 mm, 260 mm може се користити за повећање трења између калема и осовине. Испод сваког ваљка је обликован пластични калем који је урезаном траком повезан с ваљком. Трака је обично полиуретана кружног попречног пресека и пречника 4,7 mm начињена у бескрајну траку. Како се осовина окреће, природна је тенденција калемова да се крећу дуж осовине и на тај начин стварају прекомерно напрезање трака. Да би спречили ово кретање, произвођачи користе разне методе које држе калемове мање или више непомицне дуж осовине. Неки користе спајалице са уграђеним пластичним клиповима, а други користе пластичне цеви. Обоје раде добро, али сваки има недостатак. Спајалице морају бити премештене на другу страну осовине ако се транспортер креће у другом смеру или се клипови морају поставити са обе стране ваљка ако ће транспортна траса бити двосмерна. Једини стварни недостатак одстојника је додатно време потребно за демонтажу и састављање вратила за одржавање. Правилно постављање свих цеви различитих дужина може бити напорно и дуготрајно.



Слика 34. Ваљкасти транспортер са полиуретанским тракама које повезују посебно сваки ваљак са погоном, [27]

Такође, полиуретанским тракама је могуће остварити пренос снаге тако што се свака трака повезује са наредним ваљком (слика 35) истим принципом као и код неких извођења преноса снаге помоћу ланца.



Слика 35. Ваљкасти транспортер са уретанским тракама које повезују сваки наредни ваљак, [27]

Погон транспортера може бити било где дуж линије транспорта, изузев на кривини. Погон се обично налази испод транспортера и састоји се од мотора и редуктора који једноставно покрећу осовину, обично се користе ланац и ланчаници. Због једноставности дизајна погона, многи произвођачи нуде различите конфигурације погона како би се прилагодили одређеној потреби.

Ваљкасти транспортери са полиуретанским тракама имају неке јединствене предности у односу на остале типове погоњених ваљкастих транспортера. Једна је способност да се истовремено покрећу ваљци у оба смера на истој траси. Једноставним окретањем

полиуретанске траке у супротном смеру око ваљка, они ће се кретати у другом правцу. Ово може бити права уштеда новца у одређеним врстама примене. Друга јединствена карактеристика је употреба калемова за убрзање. Неки произвођачи нуде веће калеме за замену стандардних калемова. То омогућава линијској осовини могућност да ради на две различите брзине на истом погону.

6.2. Ваљкасти транспортери са погоном преко ланца

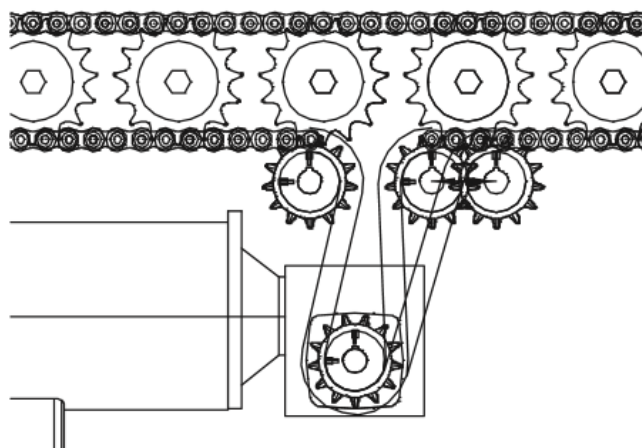
Ваљкасти транспортер са погоном преко ланца је врло сличан ваљкастом транспортеру са погоном преко каиша, али уместо каиша, користи се ваљкасти ланац са уретанским јастучићима. Ланац је преднапрегнут, тако да се не савија и не увија дуж транспортера.



Слика 36. Изглед ваљака са наставком ланчаника, [28]

6.2.1. Погоњени ваљкасти транспортер са једним ланцом

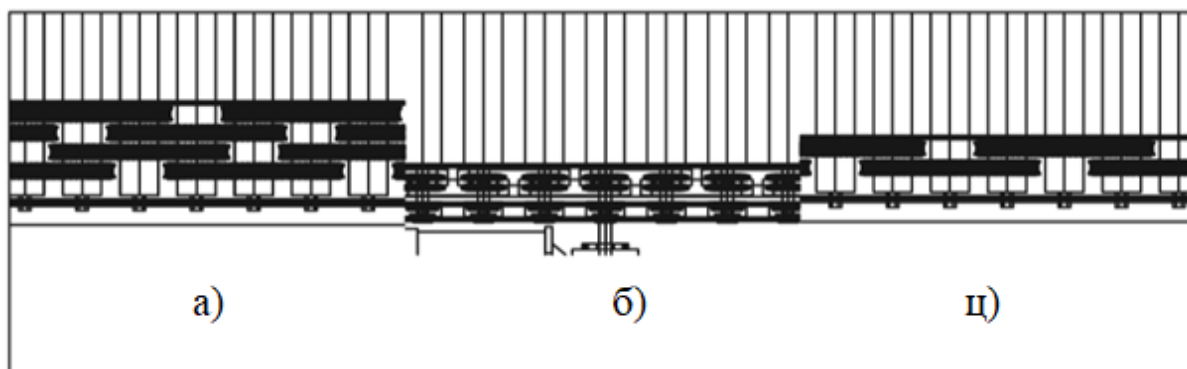
Погоњени ваљкасти транспортер са једним ланцом се обично користи за оно што би се сматрало средњим оптерећењем јединице. Као што је раније споменуто, ваљке покреће један или два ланца који захватају ваљке одозго и испод. Код ове врсте транспортера капацитет транспорта је ограничен чврстоћом ланца. Ланац може бити једноструки или двоструки. Ваљци су најчешће дебљег зида пречника 48 mm. Обично се ланац држи наспрам зупчаника употребом вођица ланца. Ове вођице су направљене од хладно ваљаног челика. Погон за континуални ланац обично је монтиран испод транспортера. На слици 37. је приказан средишњи погон. Корак ваљка дефинише врсту терета који се транспортује. Минимални размак одређује се спољним пречником зупчаника који су заварени за ваљке [24].



Слика 37. Приказ погона ваљкастог транспортера преко непрекидног ланчаног преносника, [24]

6.2.2. Погоњени ваљкасти транспортер са ланцима од ваљка до ваљка

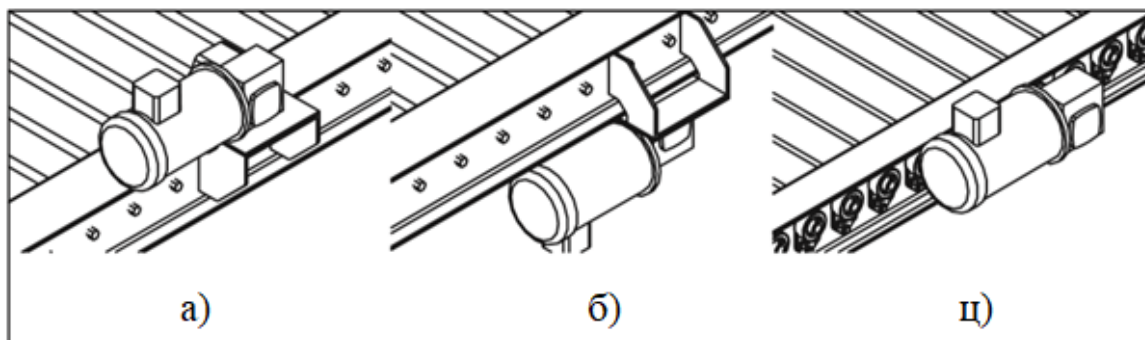
Погоњени ваљкасти транспортер са ланцима од ваљка до ваљка је најпопуларнији и користи се за превоз много тешких терета. Као и код свих ваљкастих транспортера, корак ваљка дефинише врсту терета који се транспортује. Слика 38. приказује концепције оваквог погона. Састоји се од два комплетна сета ланаца ваљка до ваљка сваки покреће сваки други ваљак.



Слика 38. Алтернативни распореди ланца погонског склопа: (а) погон на сваком ваљку, (б) погон на осовини преко зупчаника сваког ваљка, (ц) погон на сваком дугом ваљку, [24]

Једно од могућих извођења је када су ваљци покретани зупчаницима на осовини ваљка. Овде, уместо фиксних осовина и ваљка који имају типичне лежајеве на крајевима ваљка, лежајеви су на оквиру, а ваљак и осовина се окрећу.

Да би смањили број погоњених ваљака а тиме смањили и трошкове, неки произвођачи нуде погон преко ланчаних преносника уз сваки други погон на ваљак, као што је приказано на слици 38 ц). Непогоњени ваљци терет преносе помоћу гравитационе силе. Од опција уградње погона најчешће се примењује горњи погон, као што је приказано на слици 39.а. На слици 39.б је приказан погон на доњем положају као потпорни погон, што захтева да транспортни механизам буде издигнут од пода.



Слика 39. Опције уградње у погону: (а) горњи погон, (б) потпорни погон, (ц) погон на осовини, [24]

Важно је узети у обзир да мора постојати довољно простора за уклањање штитника ланца. Обично је потребно додатних 300 mm или више испод штитника. И горњи и доњи носачи погона морају имати могућност подешавања ради исправног затезања погонских ланаца. Трећа врста погона је погон у правцу осовине. На слици 39. ц види се да је ваљак на који је погон постављен на лежајевима који су монтирани на бочним оквирима. Иако погон на осовини у почетку кошта више, најлакши је за одржавање. Снага за погон ових транспортера зависи од оптерећења трасе и од дужине транспортера. Као и код сваког ланчаног погона, јављају се губици снаге због ланца. Стога ће свака петља ланца смањити снагу која се преноси на следећи ваљак како се удаљују даље од погона. Због тога се погон обично налази према средини транспортера, [24].

7. Карактеристична извођења ваљкастих транспортера

7.1. Акумулациони транспортери

Као и друга извођења ваљкастих транспортера, акумулациони транспортери користе ваљке и друге сличне компоненте. Примарна разлика је у томе што акумулациони транспортери имају метод заустављања ваљка на контролисани начин. За неке врсте се користи кочница како би се зауставило окретање ваљка, неки једноставно уклањају погонску силу, а одређене врсте заправо контролишу погон у свакој зони. Када се расправља о акумулационим транспортерима, дужина зона се често узима у обзир. Зона представља групу ваљка који се заједно контролишу, заустављају и покрећу као група. Зоне могу бити различитих дужина, у зависности од врсте транспортера и техничких захтева. Без обзира на врсту транспортера, све имају једну заједничку ствар: методу за препознавање присутности производа у некој зони. То се ради на различите начине. Најједноставнија, али најскупља метода детекције је употреба фото-ока (енг. photo-eye)³. Овај електрични уређај је усмерен на циљни рефлектор. Кад нешто блокира рефлектор, он шаље сигнал ономе што он контролише. Фото-око мора бити монтирано у положају који му омогућава да види било који од производа који се преносе било где преко ширине транспортера [24].



Слика 40. Уређај фото-око на транспортеру, [29]

Мање скупа метода детектовања производа је употреба сензорског ваљка. То је обично пластични ваљак мањег пречника који се налази мало изнад осталих ваљка. Када се производ пребаци преко сензорског ваљка, он се притисне и активира гранични прекидач. Гранични прекидач може бити електрични уређај, мали пнеуматски вентил или механичка спона. Неопходно за препознавање производа је да сви производи који се преносе морају бити довољно тешки да притисну ваљак сензора. У неким

³ фото-око (енгл. photoelectric sensor или photo-eye) је опрема која се користи за откривање удаљености, одсуства или присуства предмета помоћу предајника светлости, често инфрацрвеног, и фотоелектричног пријемника. Они се у великој мери користе у индустријској производњи.

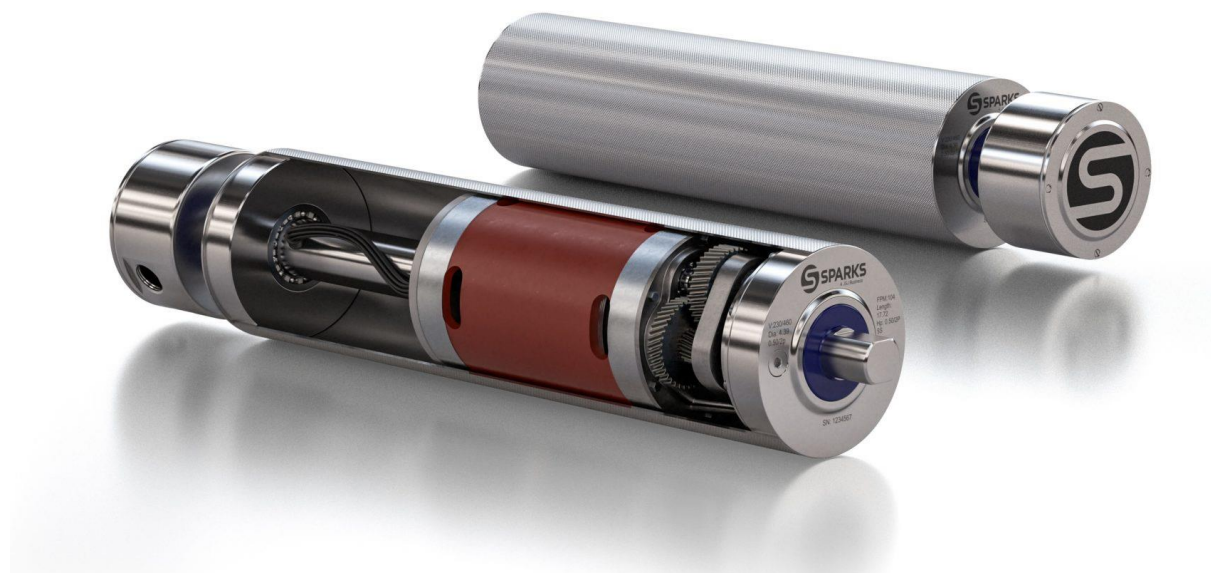
случајевима се дешава да врло лаган производ како наилази на ваљак сензора се зауставља, чиме се оштећује када дође следећи тежи производ.

Последњих година неколико произвођача је развило фото-око које има интегрисани пнеуматски вентил. Ово елиминише потребу за прекомерним ојачањима и не зависи од тежине производа. Комбинација фото-ока и вентила мора бити монтирана у положају који омогућава фото-оку да види било који од производа који се преносе било где преко ширине транспортера. Када се користи фото-око за контролу гомилања производа, неопходно је да се обезбеди одговарајући угао фото-ока према транспортеру.

Углавном, акумулациони транспортери користе исте погоне као и слична извођења. Примарна разлика је у томе што погоњени ваљци нису монтирани фиксно у оквиру, већ у покретном подоквиру који омогућава њихово спуштање, уклањајући погон са ваљака. Већина акумулационих транспортера ради помоћу пнеуматских уређаја за задржавање погонског каиша на дну ваљака. Соленоидни вентил се обично користи за контролу прве зоне транспорта. Када се вентил покрене, погонски каиш испадне, уклањајући погон са ваљка. Следећи производ убацује се у зону и активира сензор (ваљак или фото-око). Ово заузврат уклања погон из претходне зоне. Следећи производ смешта се у ту зону и активира сензор, а поступак се понавља изнова и изнова док се све зоне не попуне [24].

7.2. Ваљкасти транспортер са погоном унутар ваљака

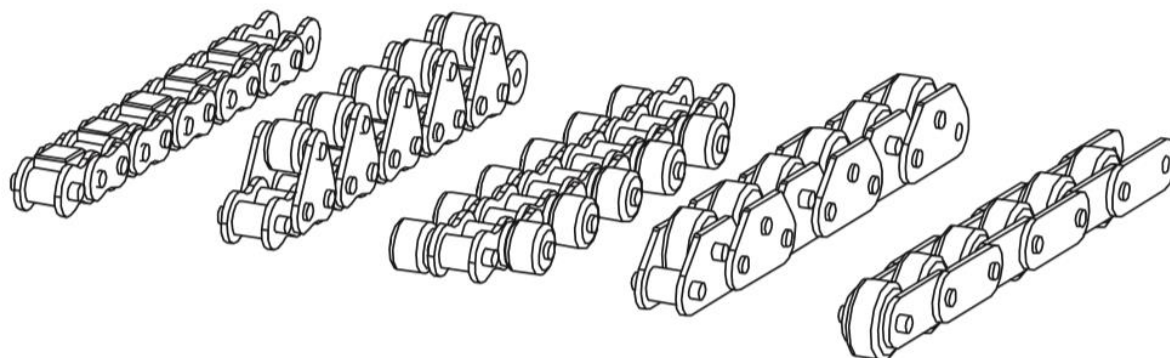
Још један тип погоњеног ваљкастог транспортера је моторизовани ваљак (слика 41). Ову врсту транспортера покрећу мали мотори уграђени у неки од ваљка. Користећи уретанске траке, један моторизовани ваљак покреће серију од неколико ваљака да би створио зону акумулације.



Слика 41. Моторизовани ваљак, [30]

7.3. Вишенаменски ланчани транспортер

Вишенаменски ланчани транспортери типично се састоје од два ланчана преносника. Ланац може бити у различитим облицима: са стандардним ваљчићима, ваљчићи са уметнутим пластичним јастучићима или ланац са предимензионисаним ваљчићима. На слици 42. приказано је пет најчешће коришћених врста ланаца. Први је представљени ланац, стандардни ланац са пластичним јастучићима ниског трења. Јастучићи се налазе у сваком другом кораку тако да се зubi ланчаника могу уклопити у отворене просторе. Када се плочице скупе, јастучићи са ниским трењем омогућавају ланцу да клизне испод плочице [24].



Слика 42. Најчешће коришћене врсте ланаца, [24]

Следеће три врсте носе плочице на ваљцима; ланац је осигуран малим средњим ваљцима. Производ се креће брзином ланца, а ваљци омогућавају да се производ акумулира, док ланац и даље ради испод. Ваљци умањују притисак у линији. Завршни ланац делује на потпуно другачији начин. Ланац се креће у једном правцу преко великих ваљака, а палете се возе на врху ваљка који се крећу у супротном смеру двоструко већом брзином ланца.

7.3.1. Скретнице

За промену смера у модуларном систему користе се три основне методе. Прва представља сет конусних ваљака који креирају кривину. Обично су посебно дизајнирани са врло уским унутрашњим полупречником како би се смањили захтеви за простор. Овакво извођење скретнице је и најекономичније. Други је окретница. Окретница нуди мањи траг за прављење окрета за 180 степени и нема опасности да производ изгуби оријентацију, као што то може бити са ваљцима. Трећа и последња метода је скретање помоћу каишева. Као и окретница, не постоји могућност се изгуби оријентација и завоји каиша могу се обликовати с врло малим унутрашњим радијусом. Окретање каишева има најмањи траг од ове три, али често је најскупља алтернатива [24].



Слика 43. Изглед окретнице ваљкастог транспортера, [23]

7.3.2. Додаци

Сваки произвођач нуди разне додатке за сопствени систем. Укључују кутије за посебне делове и радне станице оператера које се постављају на транспортер, као и мноштво других опција. Њихове три најчешће функције су, [24]:

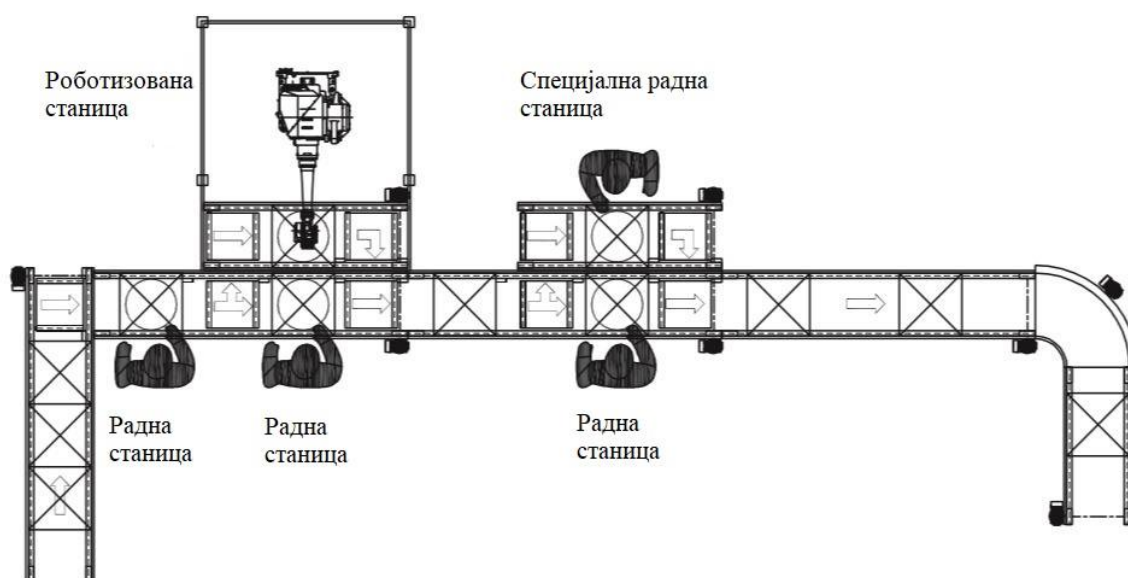
- зауставне палете - ови уређаји се користе за заустављање производа на транспортеру у сврху акумулације,
- пребацивачи - ови уређаји се обично постављају између каишева или ланца и састоје се од два уска каиша. Производ се зауставља током преноса и предајна јединица се подиже, обично помоћу актуатора са ваздушним погоном, траке се покрећу, а производ се преноси на други транспортер или у радну станицу,
- искачуће окретнице - Користе се за подизање производа са транспортера и заокретање било за операцију која ће се на њему обавити код саме окретнице или за поновно постављање у нову оријентацију у припреми за неке операције на даљем току трасе.

7.4. Модуларни транспортери

Модуларни транспортери су јединствена група транспортера која се не уклапају у било коју другу општу групу. Најчешће се користе у производним системима који поседују висок ниво управљања транспортом. Сам транспортер обично има екструдирани алуминијски оквир са тракама за ношење за вођење ланца или каиша. Ова екструзија такође помаже при монтирању додатака. Неки такође имају уграђене жице за управљање и пнеуматске главе за напајање уређаја са ваздухом.

На већини модуларних транспортних система производ се креће на одређеној траси која се обично више пута користи. Као што је већ споменуто, модуларни транспортни системи користе се за процесне производне системе. Један од разлога је тај што се систем може преуредити за нови систем. Када један производ покрене свој животно циклус, транспортери се могу конфигурисати за производни процес другог производа. Због својствено уских толеранција, модуларни транспортери се често користе за аутоматизоване системе са роботима који обављају неке од операција.

Модуларни транспортери могу се користити за операције склапања различитих модела. На пример, компанија може да састави низ различитих штампача на једном систему транспортера. Додавање ознаке за радиофреквентну идентификацију (РФИД) на сваку палету указује на врсту штампача на којој се палета налази, тако да управљачки систем може усмерити палету на исправне радне станице. Предност у овом случају је та што су многи штампачи прошли кроз исте процесе. Палете са штампачима којима је потребан јединствени поступак преусмеравају се на то радно место, а други којима тај процес није потребан пролазе поред њих (види слику 44).



Слика 44. Шема модуларног транспортера при вршењу своје функције у унутрашњем транспорту [24].

Модуларни транспортни системи су скупљи од класичних традиционалних транспортних система због садржаја тешких контрола. Уштеде долазе у два облика: Инсталација је бржа и јефтинија, а модуларни транспортери нуде флексибилност и могућност употребе аутоматске опреме. Са једном реконфигурацијом система, виши додатни трошкови оригиналног система су мали у поређењу са трошковима другог новог традиционалног система. Неки произвођачи покушавају да примене овај концепт модуларности на своју пуну линију производа. Овај концепт такође има веће почетне трошкове за опрему, али је уградња много бржа и јефтинија [24].

8. Прорачун ваљкастог транспортера

Полазни подаци за прорачун погођеног ваљкастог транспортера:

Капацитет транспорта $z=250 \text{ kom/h}$

Дужина деонице $L=30\text{m}$

Угао нагиба у дносу на хоризонталу $\beta = 30^\circ$

Димензије комадног терета $a \times b \times c = 1000 \times 500 \times 500 \text{ mm}$

Тежина терета $G_t=15\text{kN}$

Корак терета $t_z = 3\text{m}$

1. Временски интервал пристизања терта на трасу, t :

$$z = \frac{3600}{t} \rightarrow t = \frac{3600}{z} = \frac{3600}{250} = 14,4\text{s} \quad (8.1)$$

2. Коефицијент временског искоришћења K_v :

-трајање једне смене је $T_{sm} = 8\text{h}$

-стварно време рада $T_{st} = 7\text{h}$

$$K_v = \frac{T_{st}}{T_{sm}} = \frac{7}{8} = 0,875 \quad (8.2)$$

3. Брзина кретања терета по траси, v :

$$z = 3600 \frac{v}{t_z}, \text{ kom/h} \quad (8.3)$$

$$v = \frac{z \cdot t_z}{3600} = \frac{250 \cdot 3}{3600} = 0,2 \text{ m/s} \quad (8.4)$$

4. Број комада терета који се истовремено налазе на ваљкастом транспортеру, z_0 :

$$z_0 = \frac{z \cdot L}{3600 \cdot v}, \text{ kom} \quad (8.5)$$

L – дужина транспортера

$$z_0 = \frac{250 \cdot 30}{3600 \cdot 0,2} = 10,41 \text{ kom} \quad (8.6)$$

5. Димензије ваљака

- Дужина ваљка

$$l_v = b + (50 \div 100) = 500 + (50 \div 100) = (550 \div 600)\text{mm} \quad (8.7)$$

Усваја се прва већа стандардна дужина ваљка $l_v = 650\text{mm}$

- Корак ваљка

Корак ваљка се одређује из услова да се терет ослања најмање на два, а највише на четири ваљка.

$$0,2 \cdot l_t \leq t_v \leq 0,45 \cdot l_t \quad (8.8)$$

Из најнеповољнијег услова, корак ваљка износи:

$$0,2 \cdot 1000 \leq t_v \leq 0,45 \cdot 1000$$

$$200 \leq t_v \leq 450$$

Усваја се корак ваљка $t_v = 315 \text{ mm}$.

- Средње оптерећење ваљка:

Средње оптерећење за један ваљак усвојено је из табеле Т.9.3

$$F_v = 3 \cdot t_v \leq t_v \leq 4 \cdot t_v \quad (8.9)$$

$$F_v = 3 \cdot 315 \leq 1000 \leq 4 \cdot 315$$

$$F_v = 945 \leq 1000 \leq 1260$$

$$F_v = 0,33 \cdot m \cdot g = 0,33 \cdot 15000 = 4950 \text{ N}$$

На основу дужине и средњег оптерећења ваљка из табеле Т.9.2 се усваја ваљак дужине $l_v = 650 \text{ mm}$, пречника $D = 108 \text{ mm}$ (тебела Т.9.2), који максимално може да издржи оптерећење $F_v = 9800 \text{ N}$.

Табела 3. Стандардни пречници и дужине ваљака, [15]

Пречник ваљка		Дужина ваљка (mm)								
Обрађени	Необрађени	160	200	250	320	400	500	650	800	1000
		Оптерећење ваљка (N)								
40	42	980	930	980	980	980	784	588	-	-
57	60	-	2940	2940	1960	1960	1568	980	980	-
73	76	-	4900	4900	4900	4900	4900	3920	3920	2940
105	108	-	-	-	9800	9800	9800	9800	9800	7840
155	159	-	-	-	19600	19600	19600	19600	19600	19600

6. Силе отпора кретању свих комада који се налазе на ваљкастом транспортеру, W :

- Коефицијент отпора кретању терета по ваљцима -за металне терете -
 $f = 0,0005$

- Коефицијент трења за у рукавцу ваљка – за средње услове рада

$$\mu = 0,04 \text{ (тебела Т.9.5)}$$

- Пречник рукавца ваљка

$$d \approx 0,2 \div 0,5 D \rightarrow \quad (8.10)$$

$$d = (0,2 \cdot 108 \div 0,5 \cdot 108) = (21,6 \div 27) \text{ mm}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

- Број ваљака транспортера

$$z = \frac{L}{t_v} = \frac{30}{0,315} = 95,23 \approx 96 \text{ kom} \quad (8.11)$$

- Маса ваљка $m_v = 18 \text{ kg} \rightarrow$ (табела Т.9.4)

$$W = m \cdot g \cdot z_0 \cdot \left[\left(2 \cdot \frac{f}{D} + \mu \cdot \frac{d}{D} \right) \cdot \cos 3^\circ \pm \sin 3^\circ \right] + m_v \cdot g \cdot z \cdot \frac{\mu \cdot d}{D}, [N] \quad (8.12)$$

$$W = 15000 \cdot 10,41 \cdot \left[\left(2 \cdot \frac{0,0005}{0,108} + 0,04 \cdot \frac{0,022}{0,108} \right) \cdot \cos 3^\circ \pm \sin 3^\circ \right] + 18 \cdot 9,81 \cdot 96 \cdot \frac{0,04 \cdot 0,022}{0,108}$$

$$W = 10912,37 \text{ N}$$

7. Прорачун електромотора

$$P_0 = \frac{W \cdot v}{\eta}, \text{ W} \quad (8.13)$$

$$P_0 = \frac{10912,37 \cdot 0,2}{0,95} = 2297,34 \text{ W} = 2,297 \text{ kW}$$

- Коефицијент корисности погона од електромотора до ваљка

$$\eta_{meh} = (0,75 \div 0,85) \rightarrow \eta_{meh} = 0,80 \quad (8.14)$$

- Снага електромотора

$$P_{EM} = \frac{P_0}{\eta_{meh}} = \frac{2,297}{0,80} = 2,87 \text{ kW} \quad (8.15)$$

Потребан број обртаја ваљка

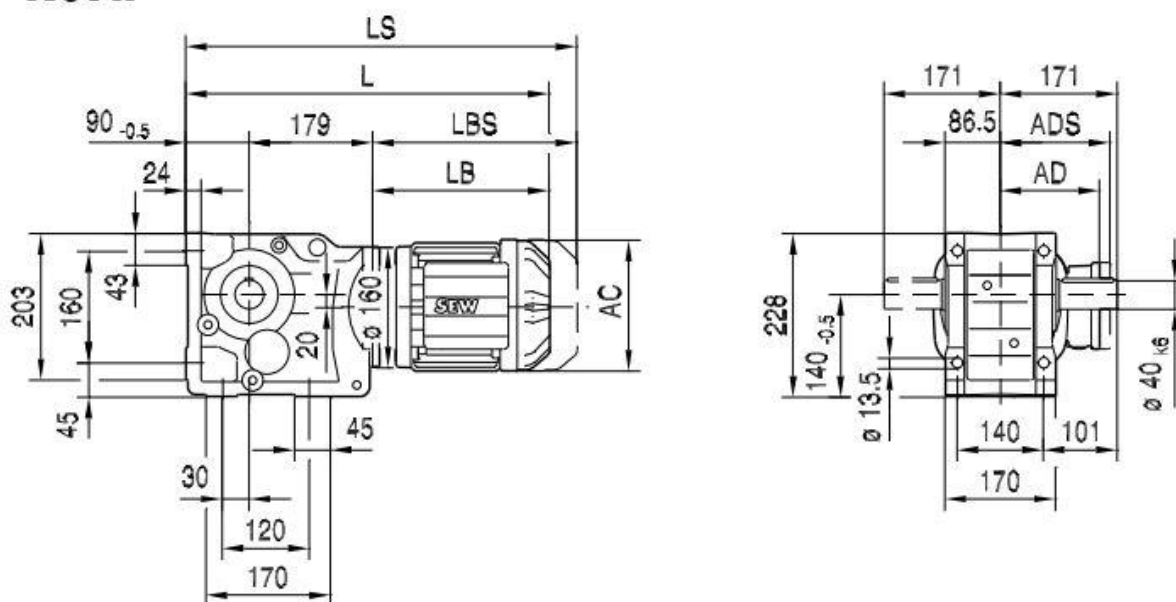
$$n_v = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_v} \text{ min}^{-1} \quad (8.16)$$

$$n_v = \frac{60 \cdot 0,2}{\pi \cdot 0,108} = 35,38 \text{ min}^{-1}$$

7. 1. Усвајање електромотора

Из каталога немачког произвођача електромотора SEW усваја се електромотор са конично-завојним и цилиндрично-косим редуктором ознаке K67 DRN 100L4 снаге $P_{EM} = 3 \text{ kW}$ са бројем обртаја на редуктору $n_{red} = 37 \text{ min}^{-1}$ преносним односом редуктора $i = 37,26$ масе склопа редуктора и електромотора 67 kg , моментом на излазном вратилу редуктора $M_{red} = 770 \text{ Nm}$, највећем дозвољеном оптерећењу $F_{max} = 10100 \text{ N}$.

K67..



Слика 44. Димензије усвојеног електромотора са редуктором,[31]

8. Прорачун осовине

На основу усвојеног електромотора са редуктором број обртаја вратила једнак је броју обртаја редуктора и износи : $n_{red} = 37 \text{ min}^{-1}$

Потребно је одредити пречник вратила који се налази у склопу ваљка и то на основу података о броју редуктора, моменту на излазном вратилу. За материјал вратила усвојен је конструкциони челик Е 295, са следећим карактеристикама:

$$\text{Савојна издржљивост: } \sigma_{D(-1)} = 220 \div 270 \text{ MPa} = 250 \text{ MPa} \quad (8.17)$$

$$\text{Затезна чврстоћа: } R_m = 500 \div 600 \text{ MPa} = 550 \text{ MPa} \quad (8.18)$$

$$\text{Препоруке за усвајање степена сигурности су } S = 1,5 \div 2,5 = 2 \quad (8.19)$$

$$\text{Фактор К: } K = 2,4 \div 3 = 2,7 \quad (8.20)$$

Дозвољени напон:

$$\sigma_{Doz} = \frac{\sigma^D(-1)}{K \cdot S} = \frac{250}{2,7 \cdot 2} = 46,296 \text{ МПа} \quad (8.21)$$

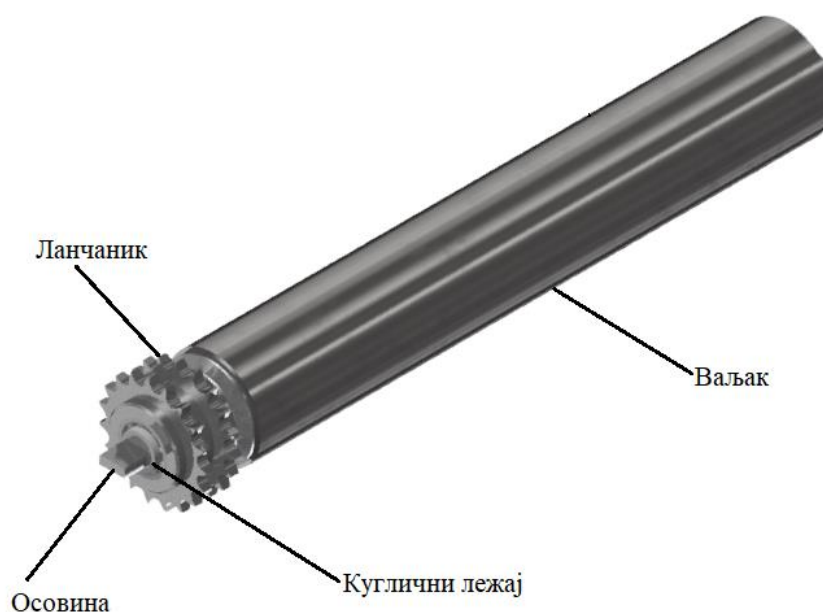
Када је израчунат дозвољени напон може се израчунати и пречник вратила:

$$di = \sqrt[3]{\frac{10 \text{ Ми}}{\pi \cdot \sigma_{doz}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 385000}{\pi \cdot 46,29}} = 29,8 \text{ mm} \quad (8.22)$$

Усваја се пречник вратила $di = 30 \text{ mm}$.

9. Израда 3D модела ваљкастог транспортера

Након комплетног прорачуна а пре израде 3D модела ваљкастог транспортера и техничке документације потребно је направити грубу скицу саме машине а затим је разрадити до детаља. Неопходно је узети у обзир све захтеве по питању функционалности, сигурности при раду, дизајна, уштеде материјала, унификације делова, једноставности израде. Такође треба водити рачуна и о инвестицијама и роковима за израду пројекта. Потребно је пронаћи оптималан начин израде самог транспортера, затим одредити подсклопове конструкције, начине остваривања веза, осмислити дизајн, спецификацију итд. У пројектовању новог производа погодно је користити методу „браинсторминг“ (енгл. brainstorming).⁴



Слика 45. Подсклоп ваљка

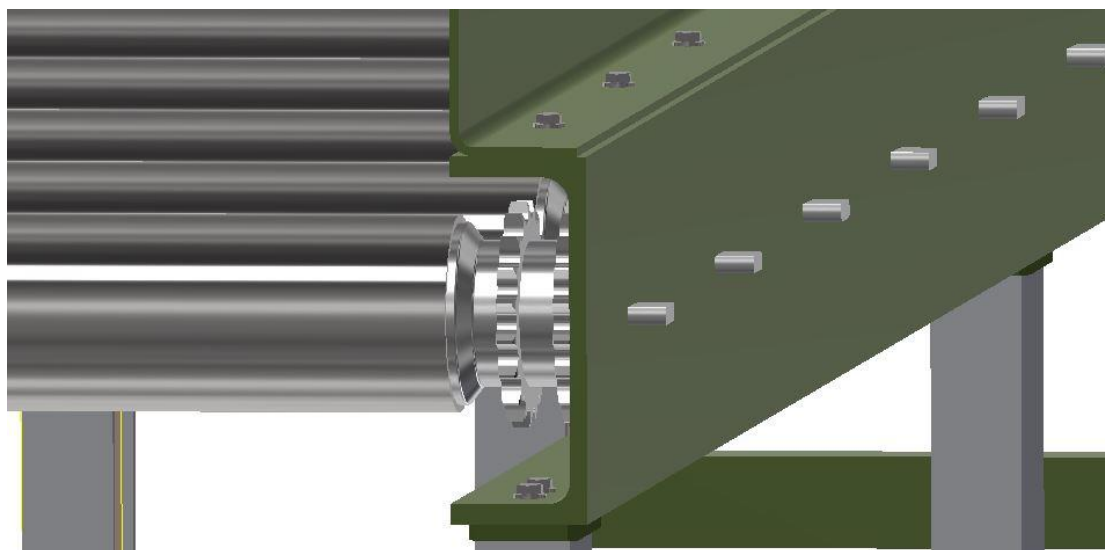
С обзиром на то да је један од захтева конструкције да дужина транспортера буде 30 m, сама подела транспортера на сегменте представљала је важан задатак. Како би се остварила унификација, типизација и разменљивост што већег броја делова, такође важно је омогућити и што једноставнију монтажу, осмишљено је да се транспортер састоји из 6 сегмената (целина) дужине траса од по 5 m који се међусобно разликују само по висини ножица. Висина ножица се разликује због захтева да цела траса транспортера буде под нагибом од 3° у односу на хоризонталу.

Процес моделирања је започет израдом носећих ваљака (слика 45) чије су димензије добијене прорачуном у претходном поглављу рада. Заварени склоп ваљка се састоји из

⁴ Браинсторминг је техника групне креативности којом се покушавају наћи закључци за одређени проблем тако што се прикупи листа идеја које су спонтано допринели њени чланови. Другим речима, браинсторминг је ситуација у којој се група људи састаје да би створила нове идеје и решења око одређеног подручја интересовања уклањањем инхибиција. Људи могу слободније да размишљају и предлажу што више спонтаних нових идеја. Све идеје се бележе без критике, а након сесије браинсторминг идеје се процењују.

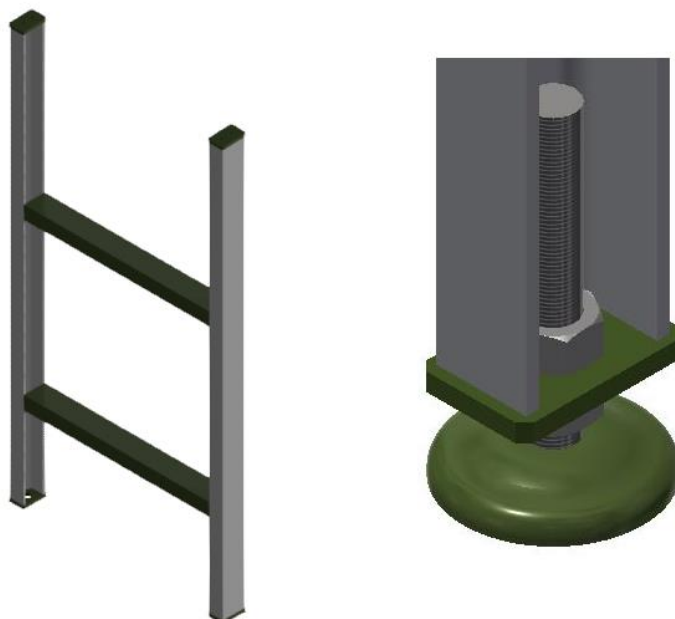
осовине која је на крајевима обрађена механичком обрадом глодања, ваљка пречника 108 mm и дужине 650 mm, двоструког ланчаника и усвојених стандардних кугличних лежачева. Веза између ваљка и ланчаника је остварена завареним спојем као и веза између ланчаника са првим лежачем и веза између ваљка и другог лежача.

Након креирања носећег ваљка на реду је моделирање основне носеће конструкције ваљака која се састоји од стандардних UPN профила. Статичким прорачуном усвојен је профил UPN200 дужине 5m. Крајеви профила су засечени под углом од 3° према вертикали како би се добио што оптималан изглед профила у складу са захтевом да транспортер има нагиб од 3° . По средини профила пробушене су рупе са димензијама које одговарају крајевима осовине ваљка ради што једноставније монтаже. Предвиђено је да се при монтажи на крајеве склопа ваљка ставе дистантне чауре које ће спречити трење између склопа ваљка и носећих UPN профила. На овај начин омогућена је једноставна замена ваљка или његових делова у случају да је то потребно. На слици 46. дат је приказ носећег профила и његове везе пре свега са ваљком али и везе са заштитним лимом горе као и ножицама носеће конструкције доле. Ради заштите система преноса снаге носећи профил је окренут тако да крајеви стопица профила буду окренути ка унутрашњости.



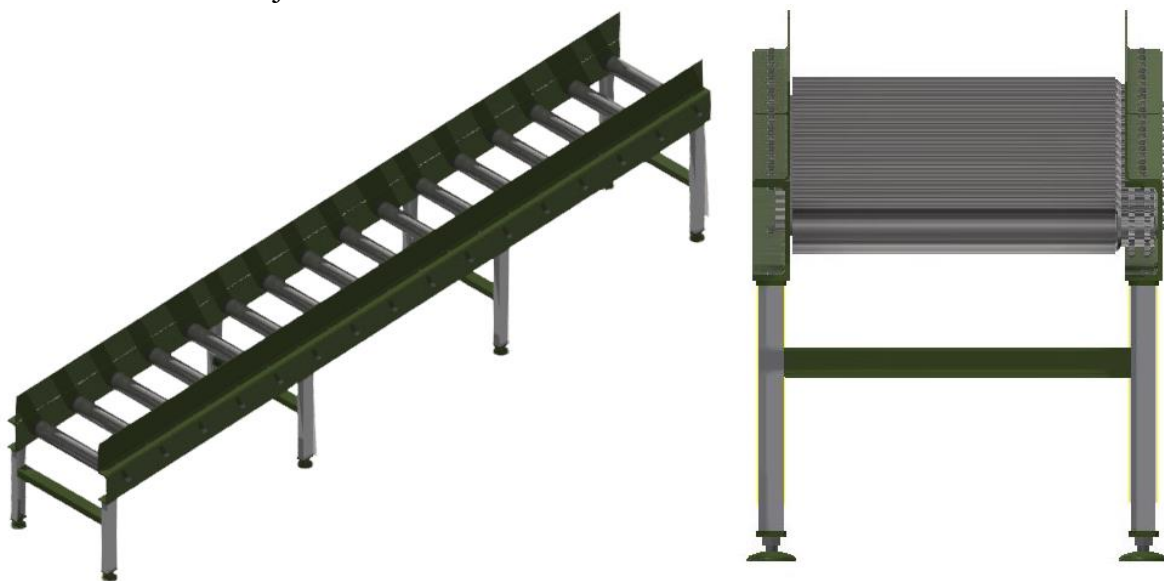
Слика 46. Спој носећег профила са ваљком, заштитним лимом као и ножицама конструкције

На горњи део носећег профила је могуће монтирати граничник који представља савијену плочу која помоћу завртњева остварује везу са носећим профилем. Улога граничника је да ограничи кретање терета по транспортеру и спречи терет да испадне ван трасе. Веза између граничника и носећег профила је остварена завртњевима тако да је могуће извршити замену граничника или уклањање истог. Као што је већ поменуто, за доњи део носећег профила завртњима је остварена веза са ножицама носеће конструкције. Ножице су такође попут носећег профила израђене од U профила у складу са захтевима носивости. Идеја је да један сегмент транспортера садржи 4 сета међусобно повезаних ножица. Један сет ножица (слика 47) се састоји из две вертикалне ножице које садрже U профил на чије крајеве су заварене плочице које представљају везе са суседним деловима, као и један или више хоризонталних U профила који су заварени за вертикалне профиле.



Слика 47. Изглед сета ножице са стопицом

На дну ножице се налази подесива стопица која се састоји из стопе заварене за завртањ и две навртке причвршћене уз доњу плочицу ножице, чијим се завијањем или одвијањем подешава висина транспортера. На слици 48. се може видети изглед једног сегмента са свим својим саставним деловима.

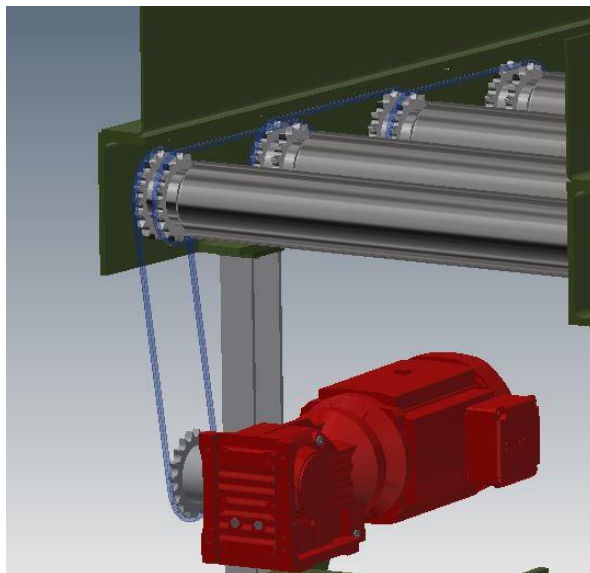


Слика 48. Сегмент са свим саставним деловима

Овом конструкцијом испуњени су сви захтеви као што су носивост, компактност, угао нагиба траспортера, одговарајући габарити као капацитет транспорта.

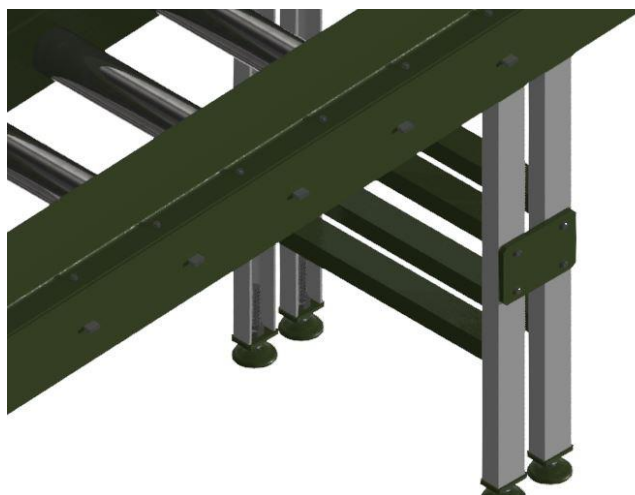
Није било потребе за моделирањем електромотора јер се исти сматра стандардним "елементом" па је преузет његов степ модел са SEW сајта произвођача и конвертован у подсклоп софтверског пакета Autodesk Inventor. Електромотор је смештен на почетку трасе транспортера и на његовом излазном вратилу је постављен погонски ланчаник, док је веза вратила и ланчаника остварена посредством клина. Сам погон тренспортера

је остварен ланчаним преносом који повезује свака суседна два ланчаника одн. ваљка. На слици 49. је приказан електромотор марке SEW са преносом кретања међу ваљцима помоћу ланаца. Сам електромотор је смештен на почетку трасе испод првих погонских ваљака, тиме је сам транспортер компактан и складан а мотор не заузима простор ван транспортера. Осмишљена је и заштитна кутија електромотора као и његово постоље које се ослања на профиле носеће конструкције и ојачана ребрима.



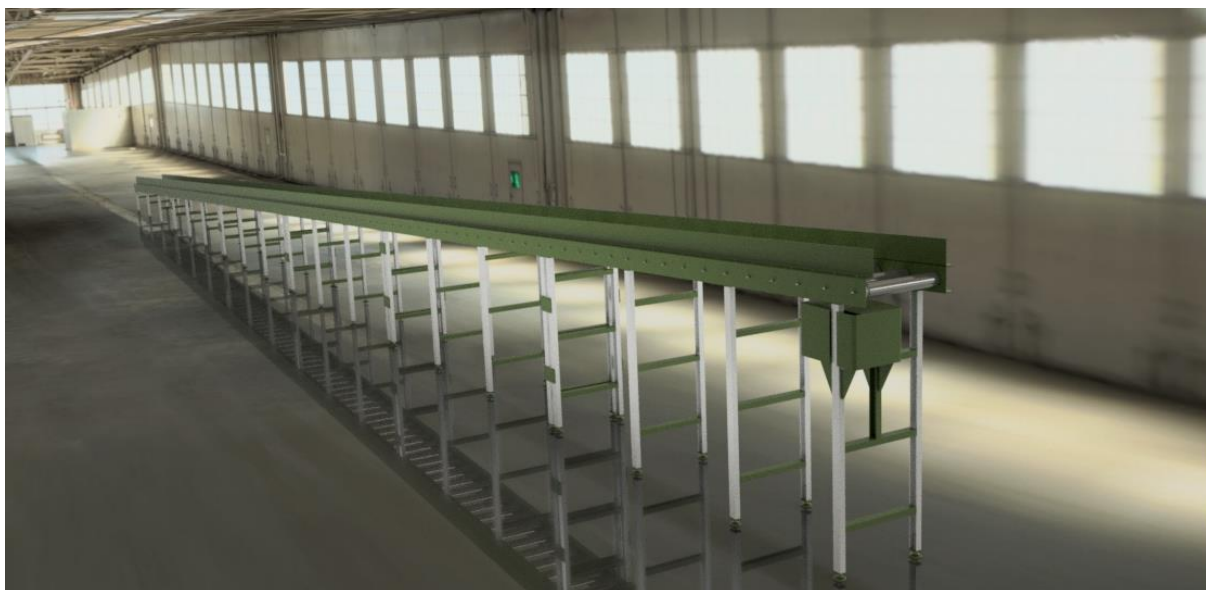
Слика 49. 3D приказ електромотора као и везе електромотора са погонским ваљком преко ланца

Након што су потпуно склопљени сви сегменти може се саставити цео транспортер. Веза између сегмената је остварена помоћу плоча (слика 50) које се преко завртњева везују за ножице суседних сегмената. На овај начин могуће је раздвојити сегменте и креирати по жељи транспортер различите дужине у односу на првобитни захтев.



Слика 50. Веза између сегмената остварена завртњевима помоћу плоче

Након формирања најбитнијих компонената овог система, уследило је креирање комплетног склопа транспортера и његово реалистично представљање познатије као рендеринг (енгл. Rendering)⁵ који се може видети на слици 51. Одржавање ваљкастог транспортера своди се пре свега на редовно подмазивање и одржавање ланчаника тј ланчаног преносника као и редовно проверавање уља у редуктору. Пожељно је и сервисирање комплетног транспортера на одређени временски период како би се продужио животни век производа и како би функционисао без проблема. Овакав ваљкасти транспортер је према захтевима конструисан за рад у халама односно намењен је унутрашњем транспорту и из тог разлога се није превише давао акценат на сувишној заштити одређених делова као што су ланчани пренос, отворене U профиле ножица и слично. Тиме су уштеђени материјал, поједностављена конструкција, израда и монтажа.



Слика 51. Рендерован изглед склопа транспортера

⁵ Рендеринг (енгл. Rendering) односи се на поступак креирања што реалније слике рачунаској графици додавањем тродимензионалних квалитета као што су сенке и варијације боја између светла и хладовине. Једна од техника такве обраде слика се зове 'ray tracing'. Други тип је 'scanline rendering' – рендеровање које се заснива на обради једне јединствене целе слике.

10. Закључак

Транспортери представљају један од неизоставних елемената опште индустрије. Врсте и примене транспортера су разнолике и транспортер као уређај налази примену у скоро свим гранама индустрије, металној, прехранбеној, хемијској, грађевинској, текстилној итд. Потреба за преносом материјала на одређену удаљеност изродила је кроз историју прве начине транспорта, тако да најосновније концепције транспорта сежу далеко у прошлост, почевши од саме вуче материјала ужадима и полугама, преко постављања балвана под терет, па све до савремених транспортера. Интересантно је да се концепт рада многих транспортера кроз историју није пуно мењао. Ипак данас постоји широк дијапазон транспортера различитих намена.

Ваљкасти транспортери налазе примену код транспорта коадних терета. Спадају у групу уређаја без вучног елемента. Састоје се из ваљчића поређаних један до другог у рамовима одређених облика и величина тако да као целина креирају секцију, спајањем тих секција остварује се жељена траса ваљкастих транспортера. Ови транспортери се често користе за транспорт комада од једне до друге машине према захтеву технолошког процеса. Ваљкасти транспортери могу бити са или без погона.

Након детаљног описа уређаја унутрашњег транспорта, у раду је наведен комплетан прорачун ваљкастог транспортера са погоном, затим CAD модел који је одрађен у софтверском пакету Autodesk Inventor 2019 и у оквиру рада приложена је техничка документација.

11. Литература

- [1] Ћућиловић М., Транспортни системи- прва књига, Технички факултет, Чачак 2006
- [2] Бровић Р., Транспорт тракастим транспортерима на површинским коповима, Рударско геолошки факултет, Београд 1997.
- [3] Боровић Р., Транспортне траке, Рударско геолошки факултет, Београд 1978
- [4] Quora https://www.quora.com/How-was-wheel-invented-in-simple-words?no_redirect=1, приступљено 20.08.2019.
- [5] Tech Spex <https://www.techspex.com/blog/post/conveyor-roller-systemssince-recorded-history>, приступљено 21.08.2019.
- [6] Thought <https://www.thoughtco.com/henry-ford-and-the-assembly-line-1779201>, приступљено 15.08.2019
- [7] Product Handling Concepts <https://www.phcfirst.com/words-in-motion/2014/6/30/the-history-of-conveyors>, приступљено 15.08.2019
- [8] Grooved Rollers <http://groovedrollers.pbworks.com/w/page/95718287/The%20History%20of%20the%20Conveyor%20Roller>, приступљено 15.08.2019
- [9] LAC Conveyors and Automation <https://www.lacconveyors.co.uk/what-are-roller-conveyors-and-how-are-they-used/>, приступљено 20.08.2019
- [10] Wolverhampton handling. <http://wolverhamptonhandling.co.uk/history-of-conveyors/>, приступљено 15.08.2019.
- [11] Тошић, С., Транспортни уређаји - Механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.
- [12] Sidewall-Conveyor-Belt <https://jbhi.net/en/product/Sidewall-Conveyor-Belt.html>, приступљено 16.08.2019.
- [13] Sawhney Industries <http://www.beltconveyors.in/blog/belt-conveyors-major-uses-applications/>, приступљено 16.08.2019.
- [14] Knapp <https://www.knapp.com/en/solutions/technologies/conveying-sorting/>
https://www.zkg.de/en/artikel/zkg_201109_Belt_and_central_chain_bucket_elevators_upgraded_1265274.html, приступљено 18.08.2019.
- [15] Гашић, М., Транспортне машине – изводи из теорије са примерима, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Краљево, 2017.

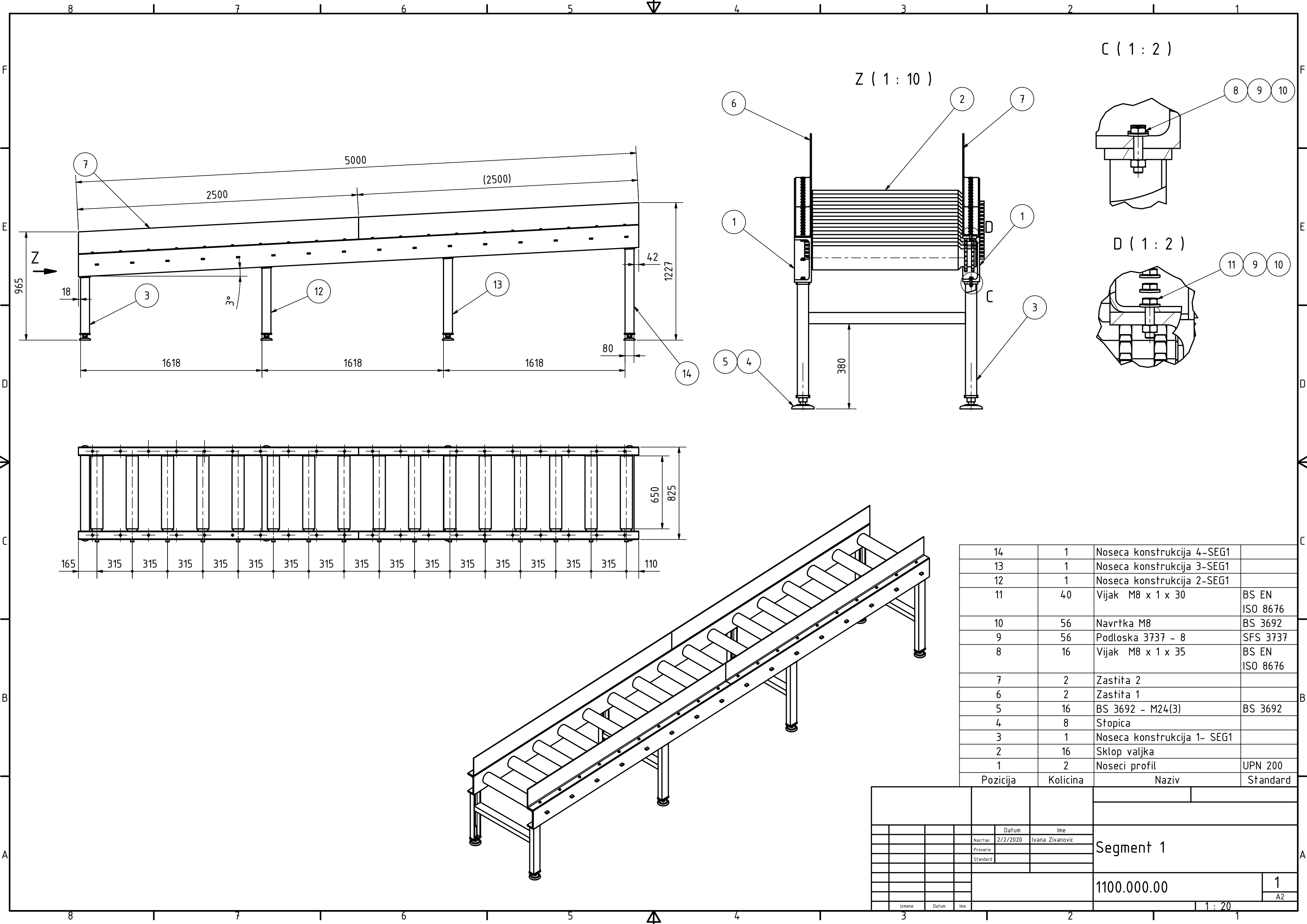
- [16] Thomas <https://www.thomasnet.com/articles/materials-handling/understanding-conveyor-systems/> приступљено 18.08.2019.
- [17] Action Conveyors http://actionconveyors.com/products/vibratory-conveyors/?gclid=Cj0KCQiAyKrxBRDHARIsAKCzn8xquSjQISyhq-TUMReBUKaSzSpIAtKnaJ9pfoEcjKfEM9BC26tY8egaAvS1EALw_wcB приступљено 18.08.2019.
- [18] Ambaflex <https://www.ambaflex.com/en/products/spiralveyor-svo-series>, приступљено 18.08.2019.
- [19] Гашић, М., Транспортни уређаји – непрекидни транспорт, Машински факултет, Краљево, 1997.
- [20] Gambarotta <http://www.gambarotta.it/en/products/bucket-elevators/high-speed/evr/> приступљено 25.08.2019.
- [21] Јевтић, В., Транспортне машине - за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Ниш, 2001.
- [22] Владић Ј. Непрекидни и аутоматизовани транспорт - скрипта, Нови Сад 1999.
- [23] Conveyor handling company <https://conveyorhandling.com/products/conveyors/>, приступљено 25.08.2019.
- [24] Р. М. McGuire, Conveyors: application, selection, and integration, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2010
- [25] Soco System <https://www.socosystem.com/world/products/conveying/non-driven-conveyors/flexi-conveyors-with-oe-48-wheel-axles> приступљено 28.08.2019.
- [26] Hang Zhan Mashinery Co. <http://zghangzhan.com/en/product.asp?id=2029&type=130> приступљено 28.08.2019.
- [27] Dyno Conveyors https://www.google.com/url?sa=i&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjVj_ebkKbnAhXSC-wKHVziDBMQjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fdyno.co.nz%2Fproducts%2Fpowered-roller-conveyors%2Ftranzband%2F&psig=AOvVaw0cttX8-hca3N7fNJ93-JzQ&ust=1580295119857666, приступљено 30.08.2019.
- [28] Elektromotor imon http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/transportni_sistemi/valjkasti/, приступљено 25.12.2019.
- [29] Istock <https://www.istockphoto.com/photo/roller-conveyor-with-laser-distance-sensor-gm503285251-43895882>, приступљено 25.12.2019.

[30] Sparks <http://www.sparksbeltting.com/products/motorized-pulleys>, приступљено 25.12.2019.

[31] Sew eurodrive - katalog <https://www.sew-eurodrive.de/home.html>, приступљено 28.08.2019.

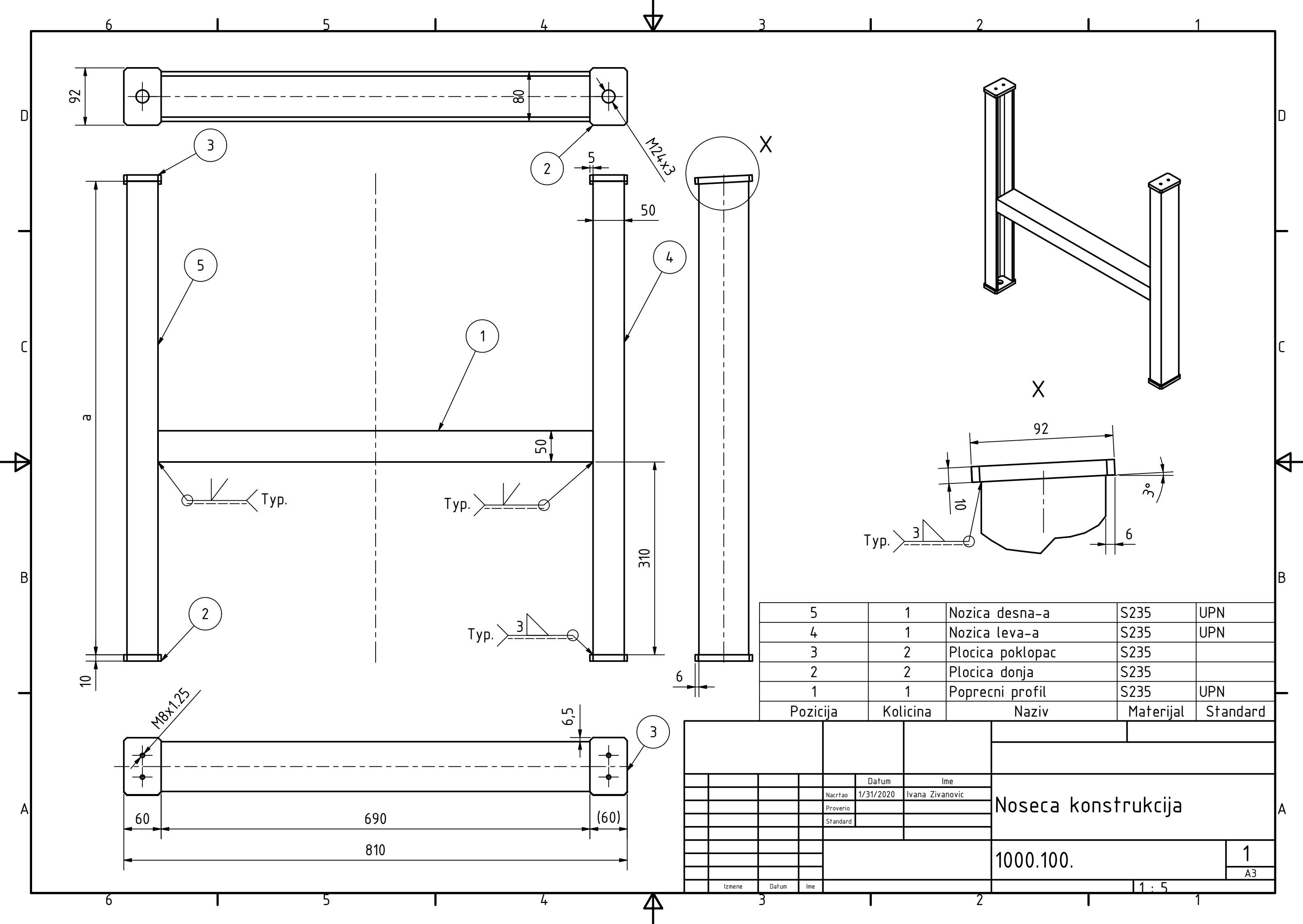
Прилози

Техничка документација



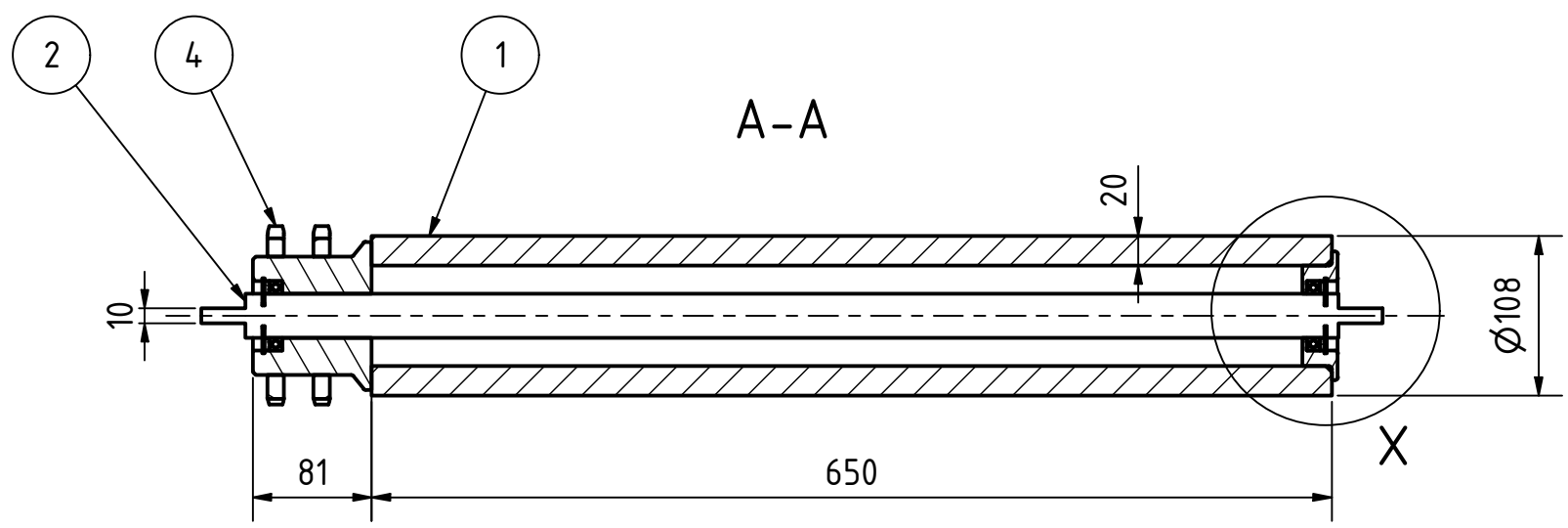
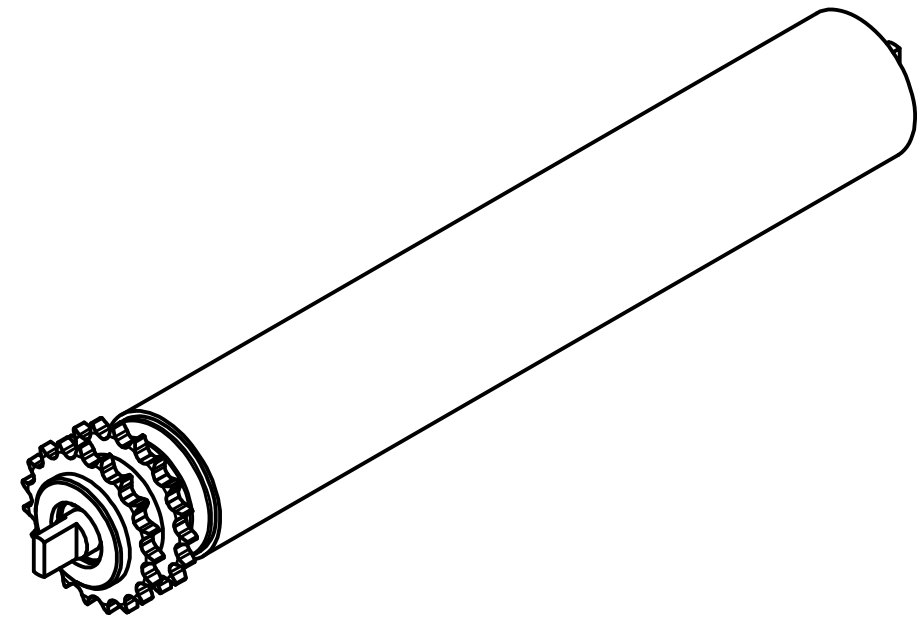
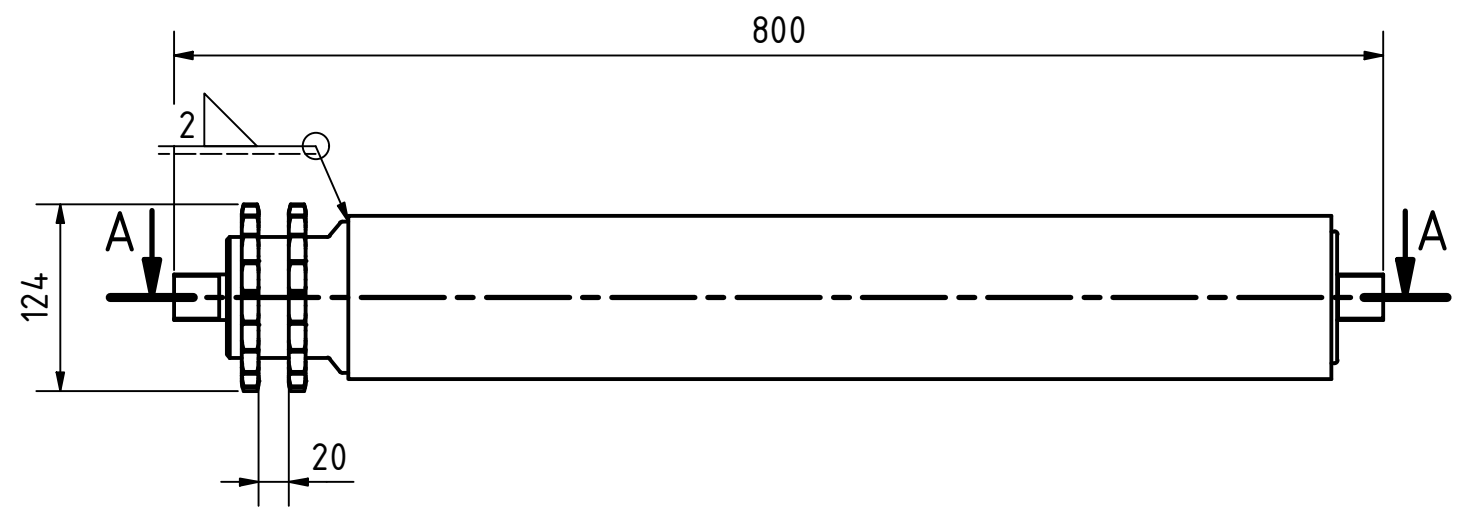
14	1	Noseca konstrukcija 4-SEG1	
13	1	Noseca konstrukcija 3-SEG1	
12	1	Noseca konstrukcija 2-SEG1	
11	40	Vijak M8 x 1 x 30	BS EN ISO 8676
10	56	Navrtka M8	BS 3692
9	56	Podloska 3737 - 8	SFS 3737
8	16	Vijak M8 x 1 x 35	BS EN ISO 8676
7	2	Zastita 2	
6	2	Zastita 1	
5	16	BS 3692 - M24(3)	BS 3692
4	8	Stopica	
3	1	Noseca konstrukcija 1- SEG1	
2	16	Sklop valjka	
1	2	Noseci profil	UPN 200
Pozicija	Kolicina	Naziv	Standard

				Datum	Ime	Segment 1		
				Nacrtao	2/2/2020			Ivana Zivanovic
				Proverio				
				Standard				
						</		

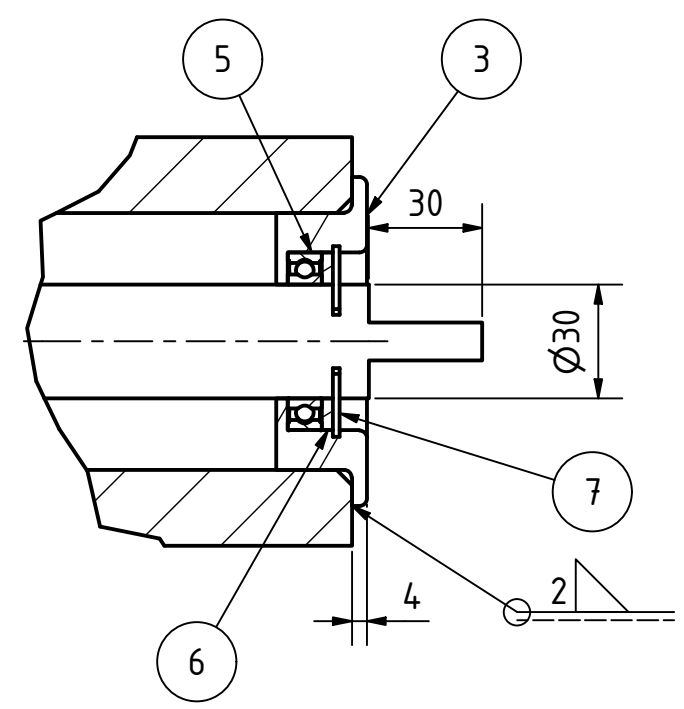




				Datum	Ime	Nozica desna				
				Nacrtao	1/31/2020					Ivana Zivanovic
				Proverio						
				Standard						
						1000.100.01			1	
									A4	
	Izmene	Datum	Ime					1 : 5		



X (1 : 2)



7	2	Elastični prsten	Steel, Mild	BS 3673
6	2	Poklopac valjka	S235	
5	2	Lezaj		SKF 6196
4	1	Lancanik	S235	
3	1	Caura	S235	
2	1	Osovina	S235	
1	1	Valjak	S235	EN 10216-2
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	STANDARD

					Datum	Ime		Sklop valjka	
				Nacrtao	2/2/2020	Ivana Zivanovic			
				Proverio					
				Standard					
						1000.200.		1	
								A3	
	Izmene	Datum	Ime					1 : 5	