

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: 430/2017

Анђела М. Милосављевић

ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТРАКАСТОГ ТРАНСПОРТЕРА ЗА ТРАНСПОРТ УГЉА

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Ненад Милорадовић - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене тракастих транспортера као уређаја непрекидног транспорта.
- Прикаже кратак осврт на историјски развој тракастих транспортера.
- Наведе и опише одговарајуће конструктивне елементе транспортера, истакне њихове главне карактеристике и метод прорачуна.
- Изврши прорачун свих потребних параметара транспортера, прорачун отпора, силе затезања траке, вучне силе и снаге погонског мотора.
- Полазни подаци:
 - транспорт угља,
 - капацитет транспорта: $Q = 250 \text{ t/h}$,
 - дужина деонице: $L = 70 \text{ m}$,
 - под нагибом: $\beta = 10^\circ$
- За предложено решење прикаже транспортер применом одговарајућег CAD програма.

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] Дедијер, С., Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [5] Јевтић, В., Транспортне машине - за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Ниш, 2001.
- [6] P. M. McGuire, Conveyors: application, selection, and integration, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2010

Крагујевац, 10. 03. 2019.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

Садржај

Увод	1
1. Историја тракастих транспортера.....	3
2. Опште карактеристике тракастих транспортера	4
3. Елементи тракастог транспортера	9
3.1 Носећа конструкција	9
3.2 Трака.....	11
3.2.1 Глатке гумене траке	12
3.2.2 Гумене траке од арамида	13
3.2.2 Гумена трака са челичним ужетом	14
3.2.3 Гумене траке са рељефним површинама	14
3.2.4 Челичне траке	18
3.2.5 Траке за специјалне транспортере	19
3.2.6 Начини спајања трака	22
3.3 Уређаји за ношење и центрирање траке	24
3.3.1 Носећи ваљци	25
3.3.2 Равна плоча као елемент за ношење траке	30
3.3.3 Транспортери са бесконтактним ношењем траке	31
3.3.4 Уређаји за центрирање траке	32
3.4 Погонски, затезни и отклони уређаји	34
3.4.1 Погонски уређаји.....	34
3.4.2 Затезни уређаји	39
3.4.3 Отклони и превојни уређаји	41
3.5 Уређаји за чишћење траке	42
3.6 Уређаји за утовар и истовар материјала	43
3.6.1 Уређаји за утовар материјала	44
3.6.2 Уређаји за истовар материјала	45
3.7. Сигурносни уређаји	49
3.8 Безбедносне мере при раду са тракастим транспортерима	50
4. Прорачун тракастог транспортера за транспорт угља.....	52
4.2 Приближна метода	52
4.2 Метода обиласка по контури	59
5. Модел тракастог транспортера	64
Закључак.....	68
Литература	69

Abstract

In this paper, the introductory chapters describe the historical development of conveyor belts as well as general characteristics. Chapter 3 describes the basic elements of a conveyor such as belt, carrying and centring devices such as rollers. In addition, conveyor drive, clamping devices, cleaning devices, material loading and unloading devices are described. The fourth chapter provides a calculation of the belt conveyor for the transportation of coal, and the fifth shown the model made in the software „Autodesk Inventor“. The sixth chapter outlines basic safety precautions for handling conveyor belts, and the seventh describes the future development conveyor belts. The final chapter describe the most important characteristics of the belt conveyor, as well as a brief description of the future development of the conveyor.

Key words: belt, conveyor driv and clamping devices, rollers, belt conveyor

Резиме

У оквиру овог рада, у уводним поглављима су описани историјски развој тракастих транспортера, као и опште карактеристике. У оквиру трећег поглавља су описани основни елементи транспортера, као што су транспортна трака, уређаји за ношење и центрирање попут носећих ваљака. Поред тога описани су и погонски и затезни уређаји транспортера, уређаји за чишћење, уређаји за утовар и истовар материјала. У четвртом поглављу је дат прорачун тракастог транспортера за транспорт угља, а у петом је приказан модел урађен у софтверу „Autodesk Inventor“. У ооквиру закључног поглавља су наведе најбитније карактеристике тракастог транспортера, као и кратак опис будућег развоја транспортера.

Кључне речи: трака, погонски и затезни уређаји. ваљци, тракасти транспортер

Увод

Процес добијања сировина, производња и складиштење насипних или комадних материјала, делова или готових производа, обавља се транспортним машинама, које се могу поделити на:

- машине прекидног транспорта и
- машине непрекидног транспорта.

Машине прекидног транспорта се најчешће примењују за комадне терете. Те машине су најчешће дизалице или виљушкари. Премештање терета се одвија у више циклуса који се састоји из више операција као што су: вешање терета, померање дизалице са теретом, остављање терета и враћање празног транспортног средства назар у почетни положај новог циклуса. Враћање празног транспортног средства представља празан ход и време трајања те операције директно утиче на капацитет транспорта. Ове машине имају веома велику носивост, али су сложеније конструкције и скупље у односу на машине непрекидног транспорта.

Код **машина непрекидног транспорта** не постоји празан ход при транспорту материјала, односно капацитет не зависи од дужине транспорта. Транспорт се оствару континуалним (непрекидним) током, без заустављања ради прихватања и одлагања материјала. Захваљујући томе, ове машине могу да остваре веома велике капацитете без обзира на даљину транспорта, чак и до 50 000 t/h. Налазе примену како за транспорт материјала, тако и за пренос људи. Ове машине се примењују за транспорт велике количине комадних, ситнокомадних, зрнастих и прашкастих материјала у процесу производње, монтаже или складиштења у различитим гранама привреде (рударство, индустрија..). Примењују се као самосталне машине за транспорт материјала или чине саставни део неког производног циклуса при претоварно-истоварним радовима великих капацитета. Путања транспорта је најчешће стална и повезује место пријема и место предаје, а транспорт се може обавити константном или променљивом брзином. Транспорт се остварује механичком снагом погонских система, струјањем флуида који носи транспортовани материјал или гравитационим дејством самог материјала. Уређаји непрекидног транспорта се у зависности од начина остваривања транспортног процеса могу сврстати у три основне групе:

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

Уређаји са вучним елементом обухватају све уређаје код којих се транспорт терета остварује кретањем бесконачне траке, ланца или ужета. У ову групу спадају: транспортери (тракасти, плочасти, грабуљасти,..), конвејери (висећи, подни, ...) и елеватори (кофичасти, са конзолним носачима,...). У групу уређаја без вучног елемента спадају: пужни транспортери, осцилаторни транспортери и ваљкасти транспортери. У групу помоћних уређаја спадају: бункери, затварачи, додавачи (дозатори), уређаји за одмеравање и други. Бункери представљају посуде одређеног облика и запремине и служе за привремено или дуже складиштење материјала, које је често потребно за одржавање континуалности транспорта. Затварачима се врши отварање или затварање излазног отвора као и регулисање брзине истицања материјала из бункера. Дозатори служе за равномерно сипање материјала на уређаје непрекидног транспорта. Уређаји за

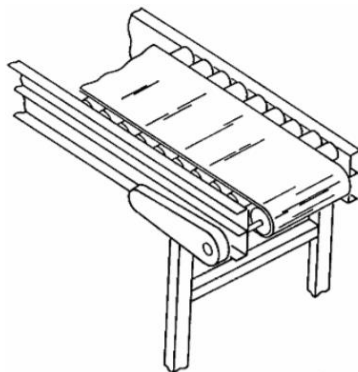
одмеравање се користе да би се обезбедило равномерно оптерећење уређаја непрекидног транспорта.

Основне предности непрекидног транспорта су:

- остваривање захтеваних и великих капацитета без обзира на даљину траспอร์ตовања материјала,
- повољнији однос капацитета и масе саме транспортне машине,
- релативно мали габарити и једноставна монтажа,
- велика поузданост у раду,
- могућност обављања технолошких операција у току транспортног процеса,
- равномерни ток транспортованог материјала итд.

1. Историја тракастих транспортера

Тракасти транспортер је веома битан елемент савремене индустрије. То је уређај којим се транспорт материјала између две тачке остварује бесконачном траком. Још од свог настанка је човек био принуђен да се бави одређеним активностима како би себи обезбедио неопходне животне потребе. Временом, са развојем људског друштва, човек је настојао да животне и радне услове учини што повољнијим за себе. Људи се користе начелима тракастих транспортера хиљадама година. Људи су од давнина превозили тешке терете, попут великих камених блокова за градњу палата и храмова, користећи балване као ваљке. Историја тракастих транспортера је почела у другој половини 17. века. Први тракасти транспортери (слика 1.1) су били веома једноставни и састојали су се од равне дрвене платформе или дрвених ваљака и кожане или платнене траке која је путовала преко њих.



Слика 1.1 Први тракасти транспортер [1]

У почетку су се тракасти транспортери користили само за транспорт врећа жита и то на кратким удаљеностима. У 19. веку су постали поузданији и њихова употреба се проширила, па су почели да се користе и за преношење тешких терета. Са развојем технологије, уместо дрвета је почела примена метала, посебно челика, чиме се омогућила примена на вишим температурама и повећала трајност. Шведска компанија „Sandvik“ је 1901. године изумела и почела да производи челичну траку. Од тада су истражени нови, лакши и јефтинији материјали, тако да су данас многи делови направљени од пластике. Међутим употреба пластике није увек могућа, тако да се при високим температурама и код транспортера са тешким условима рада користи челик. Своју праву примену у индустријској производњи су тракасти транспортери пронашли 1913. године када је Henry Ford у свом погону Rouge у Dearborneu у Michiganu направио прву монтажну линију на основу транспортне траке, за склапање аутомобила Model-T. То је омогућило велико повећање производње, јер је време које је потребно за склапање шасије смањено са 12 сати и 30 минута, на 2 сата и 40 минута, а од 1914. на 1 сат и 30 минута. У наредних десет година су сви произвођачи аутомобила почели да користе монтажне транспортне траке. Тиме су тракасти транспортери постали битан начин транспорта тешког и великог терета унутар фирме. У првој половини 20. века они су постали уобичајена транспортна средства и њихова конструкција је непрестано побољшавана. Данас су неизбежан део савремене индустрије, материјал се може транспортовати у оквиру фирме, између две фирме па чак и између градова. Имају широку примену у производним погонима, рудницима, лукама, складиштима, трговинама итд. [1,2].

2. Опште карактеристике тракастих транспортера

Тракасти транспортери су најчешће коришћени уређаји непрекидног транспорта. Транспорт материјала између два места се остварује бесконачном траком која представља и носећи и вучни елемент. Захваљујући сили трења између добоша и претходно затегнуте траке, долази до кретања вучног средства (траке). Овај транспортер обезбеђује непрекидан транспорт великих количина насипних (слика 2.1.б) и комадних (слика 2.1.а) материјала на дугачким или кратким релацијама.



Слика 2.1 Тракасти транспортер за: а) транспорт насипних и б) комадних материјала [4,5]

Захваљујући својим карактеристикама:

- једноставна конструкција,
- могућност транспортовања и насипних и комадних материјала,
- могућност аутоматизације,
- релативно миран и бешуман рад,
- мала потрошња енергије,
- једноставно одржавање и мали трошкови одржавања,
- велики капацитет, брзине и даљине транспорта,
- линија трасе прилагођена терену,
- могућност транспортовања материјала и хоризонтално и под углом (са мањим успоном или падом),

тракасти транспортери имају веома широку примену [3]. Израђују се различитих димензија, дужина транспортног пута, нагиба и слично. Нашли су примену у рудницима, грађевинарству, складишним и производним погонима, у свим гранама индустрије (прехранбена, аутомобилска, авионска, металуршка, хемијска, рачунарска и електронска индустрија, пољопривреда, производња хране и пића..). У индустрији се могу употребљавати и као радна подлога. У рударској индустрији се тракасти транспортери посебно корисни јер омогућавају да се веома велике количине, на приме руде транспортују преко неравног терена или тешко доступним подручјима до коначног одредишта [5]. На слици 2.2.а, приказан је транспортер у фабрици за пуњење боца.

Занимљива, практична и забавна примена тракастог транспортера је видљива и у суши ресторанима (слика 2.2.б), где се тањир са сушијем (разноликом сировом рибом) налазе на ротирајућој транспортној траци која путује кроз ресторан и пролази покрај сваког стола, односно госта, брзином од 8 cm у секунди. Гости могу наручити јело или једноставно узети оно што желе са транспортне траке. Транспортну траку за такав тип ресторана у Јапану је изумео Yoshiaki Shiraishi 1958. године, јер је имао проблема са особљем у свом малом ресторану и потешкоће при његовом самосталном вођењу [1].



Слика 2.2 Тракасти транспортер у: а) фабрици за пуњење боца и б) суши ресторану са транспортном траком „Yo! Sushi“ у лондонској подземној железничкој станици Paddington [1]

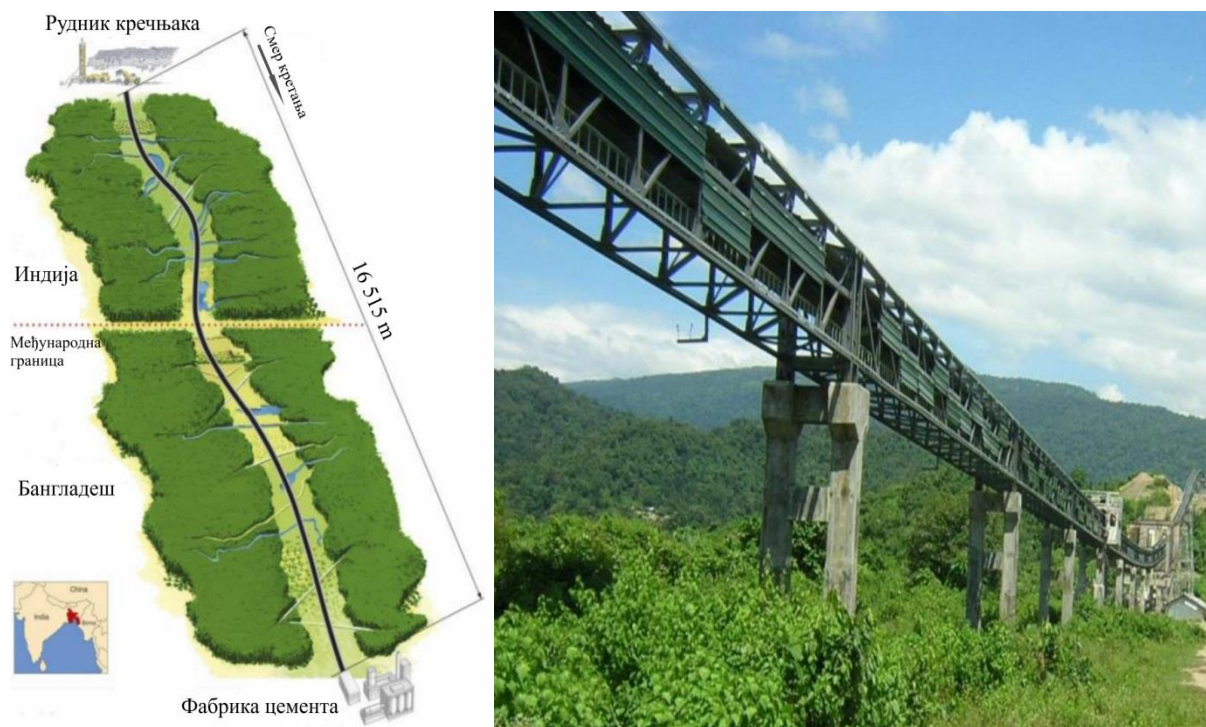
Тракасти транспортери могу да транспортују материјал како хоризонтално (слика 2.3.а), тако и под углом (слика 2.3.б). Максимални угао нагиба транспортера је ограничен величином трења између траке и материјала, а креће се у границама од 10° до 25° , али постоје и изузеци. Према покретљивости се могу поделити на: стационарне и покретне (мобилне) [3].



Слика 2.3 Тракасти транспортер за транспорт материјала: а) хоризонтално и б) под углом [6]

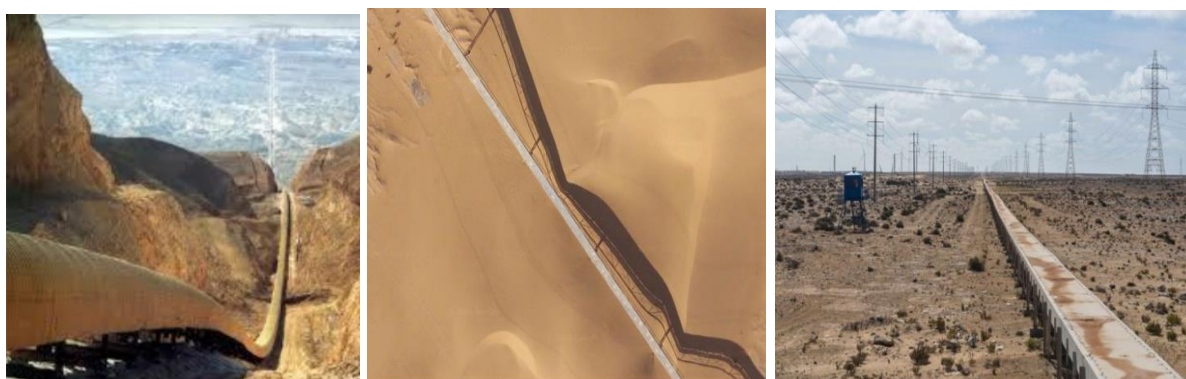
Најважнија предност је могућност примене великих брзина транспортних (до 10 m/s, али постоје и изузеци), а тиме се постиже и велики капацитет (до 30 000 t/h), што је од велике важности за примену на површинским коповима. Дужина транспорта има изузетно велики распон и креће се од неколико метара до неколико стотина метара, а у неким случајевима и више километара, са могућношћу неограниченог настављања. 3 Најдужи реализовани појединачни тракасти транспортер (слика 2.4) је дужине ≈ 35 km, а повезује растојање од око 17 km. Ширина траке 800 mm и овај транспортер повезује

рудник кречњака у месту Meghalaye (Индија) и фабрику цемента у месту Sylheta (Бангладеш). Постављен је 2005. године [8].



Слика 2.4 Најдужи појединачни тракасти транспортер [8]

Најдужи систем тракастих транспортера (слика 2.5) се налази у Западној Сахари и изграђен је пре више од 30 година. Систем повезује рудник фосфата Ви Сгаа са луком El Aaiún (обала Атлантског океана). Овај систем се састоји из 11 повезаних транспортера, при чему је максимална дужина појединачног транспортера 11,7 km. Укупна дужина система је приближно 100 km, ширина траке 800 mm, а капацитет је 2000 t/h [8].



Слика 2.5 Најдужи систем тракастих транспортера [8]

Типична решења не подразумевају могућност „скретања“ трасе тракастог транспортера у хоризонталној равни, посебно код крајних траса. Ови проблеми се могу решити уметањем сегмената на траси транспортера (као на слици 2.6.a, са променом правца од 90°). Развој елемената тракастих транспортера је омогућио да се изведу решења која превазилазе ова ограничења у значајној мери. Фирма JanTEC (Spiral Belt Conveyor Power Turn) је развила спирални тракасти транспортер (слика 2.6.b), са могућношћу кретања у оба смера. За разлику од спиралних гравитационих ваљкастих транспортера, овим транспортером се обезбеђује регулисано кретање комада, док се код

ваљкастих гравитационих транспортера материјал креће под дејством своје тежине и могуће је кретање само наниже [8].



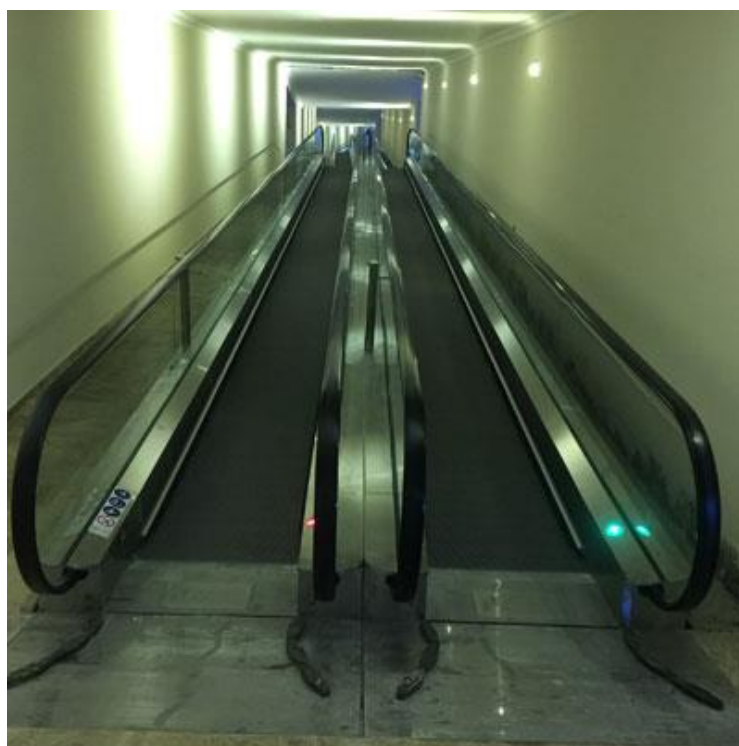
а)



б)

Слика 2.6 Транспортер: а) Сегмент трасе транспортера за промену правца за 90° и б) спирални тракасти транспортер (десно) [8]

Посебна врста тракастог транспортера су покретне степенице које служе за транспорт људи са једног на други ниво (слика 2.7).



Слика 2.7 Тракасти транспортер за транспорт људи [8]

У последње време су развијени веома различити типови конструкција тракастих транспортера, па се њихова подела може извршити према:

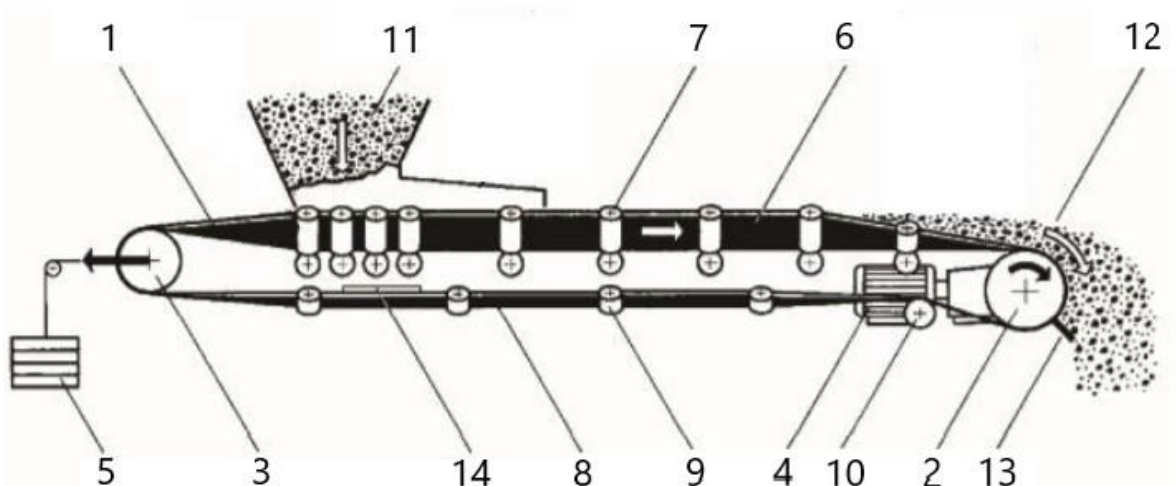
- Померљивости: стационарне и покретне (мобилне).
- Облику траке: са равном, са жлебном, са лучном и са специјалном траком.

- Према врсти транспортованог материјала: за насипне (сортиране и несортиране) и комадне (правилног или неправилног облика).
- Типу траке: са текстилном траком, са гумираном траком и са челичном траком.
- Облику горње површине траке: са глатком површином, са рељефном површином у облику гребена, са ребрастом површином, са преградама и са бочним ивицама.
- Броју погона: са једним или више погона.
- Месту пражњења: на крају (преко добоша) и на распону између два добоша.
- Облику трасе: хоризонталне, косе и комбиноване [9].

Поред многобројних наведених предности, тракасти транспортери имају и неке недостатке, као што су: ограничен нагиб транспортера (величина нагиба је ограничена трећем између траке и материјала), осетљивост гуме на високе температуре и хемијска дејства транспортованог материјала, релативно брзо хабање скупе гумене траке, лепљење прљавштине на добоше и ваљке, немогућност транспорта крупних комада без претходног дробљења на одређену гранулацију, цена траке која износи 25-35 % укупне цене транспортера [3].

3. Елементи тракастог транспортера

Основни и најважнији елемент тракастог транспортера (слика 3.1) је бесконачна трака (1), која се обавија и затеже око погонског (2) и затезног добоша (3). Покретање траке се врши преко погонског добоша, који добија погон од погонског механизма (4). Кретање добоша се преноси на траку услед силе трења између траке и добоша. Сила трења зависи од силе затезања траке, која се остварује затезним механизмом преко затезног добоша, од коефицијента трења између траке и погонског добоша, као и од обухватног угла између траке и погонског добоша. Радни (горњи) део траке (6) се ослања на горње носеће ваљке (7), а нерадни (повратни) део траке (8) се ослања на доње носеће ваљке (9). Носећи ваљци су правилно распоређени на одређеним растојањима дуж трасе транспортера и та растојања спречавају велике угибе траке. Када се обавља транспорт комадних материјала, сандука, пакета и слично, радни део траке се ослања на равне глатке плоче од дрвета или метала. Отклони добош (10) служи за остваривање дефинисаног обухватног угла између траке и погонског добоша. Утовар материјала на траку се остварује помоћу утоварног уређаја (11), а истовар материјала се може остварити преко крајњег добоша (12) или уређајем за истовар. Додавањем уређаја за чишћење траке (13 и 14), омогућава се чишћење траке од евентуално залепљеног материјала. Сви ови уређаји и елементи су постављени на носећу конструкцију [9.10].



Слика 3.1 Шематски приказ тракастог транспортера: 1-бесконачна трака; 2-погонски добош; 3-затезни добош; 4-погонски механизам; 5-тег затезног бубња; 6,8-радни и нерадни део траке; 7,9- горњи и доњи носећи ваљци; 10-отклони добош; 11-утоварни уређај; 12-истовар материјала; 13-чистач спољне стране траке; 14-чистач унутрашње стране траке. [8]

3.1 Носећа конструкција

Носећа конструкција повезује све елементе транспортера у једну целину. Поред ношења елемента, омогућава и заштиту од спољних утицаја (слика 3.2). Носећа конструкција преноси цело оптерећење, укључујући и сопствену тежину, на подлогу - темељ. Носећа конструкција се израђује у секцијама одређених дужина и спајањем тих секција се остварују одређени облици траса.

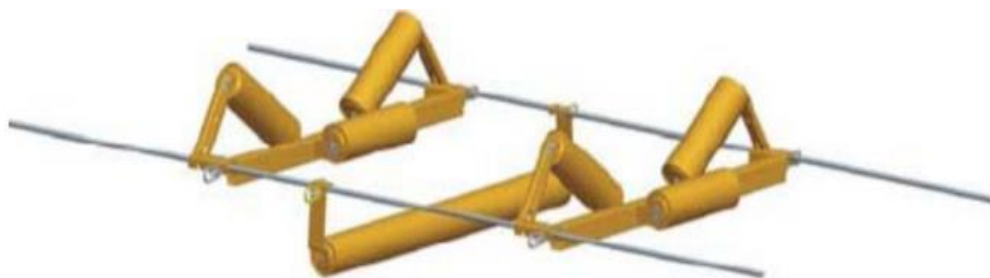
Разликују се два типа конструктивних извођења носећих конструкција:

- конструкције код којих је челично уже ослони елемент за ваљке и
- конструкције завареног типа од челичних кутијастих и отворених профила [8,9].



Слика 3.2 Носећа конструкција са заштитом од спољних утицаја [8]

Конструкције са челичним ужетом (слика 3.3.а) су погодне за рад у рудницима. Доста су јефтиније, погодније за брзу монтажу, лакше су и имају мање отпоре кретања. Међутим, пошто је конструкција еластичног типа, потребно је обратити пажњу на појаву осцилација система.



а)



б)

Слика 3.3 Конструкција са: а) челичним ужетом и б) завареног типа [11]

Код конструкција завареног типа (слика 3.3,б) носачи ваљака радног дела транспортера су заварени или вијцима везани за горње подужне носаче. Погодиније су за системе са променљивим углом дизања, мале и мобилне транспортере, системе где је потребна изузетна чврстоћа [2,9].

3.2 Трака

Трака је најважнији и најодговорнији елемент транспортера. Она је истовремено и вучни и носећи елемент за материјал који се транспортује. При раду, трака прима на себе све отпоре које погонски систем мора да савлада. То су пре свега оптерећења од самог транспортованог материјала, затим отпори кретања свих покретних делова (трака, добоши, ваљци..). Трака мора да буде савитљива, да буде довољне јачине, да може да преноси потребне силе затезања, да може да носи транспортовани материјал, да има дуг век трајања, да буде отпорна на хабање и ударе приликом транспортовања материјала. Мора да се води рачуна и о цени траке, јер она износи од 23-35% од укупне цене транспортера. захтеве за већом силом у траци је боље остварити избором мањег броја висококвалитетних слојева него већег броја слојева нормалне чврстоће. Трака према облику може бити равна, олучаста или специјална, а према типу гумена, метална и мрежасто-метална. С обзиром на врсте транспортованог материјала и друге услове транспорта, користе се траке од различитих материјала, као што су: гумене, метално-челичне, метално-мрежасте, од јуте, кудеље, ланене и слично. Ланене, кудељне и од јуте транспортне траке се примењују за мање капацитете и код сувих, расутих материјала, као и финих комадних терета у покривеним просторијама, који немају изражено својство абразивности и код којих су ивице комада заобљене, а радне средине неагресивне. Израђују се ткањем или прошивањем из више слојева, а недостатак им је што нису отпорне на влагу, јер се скупљају и брзо хабају, због чега се и примењују у покривеним просторијама. Могу да се израде и од длаке камиле, али су оне скупље. Траке израђене од гуме су трајније и отпорније на хабање, кидање, влагу, савитљиве су и релативно мале сопствене тежине, а имају и релативно дуг експлоатациони век.

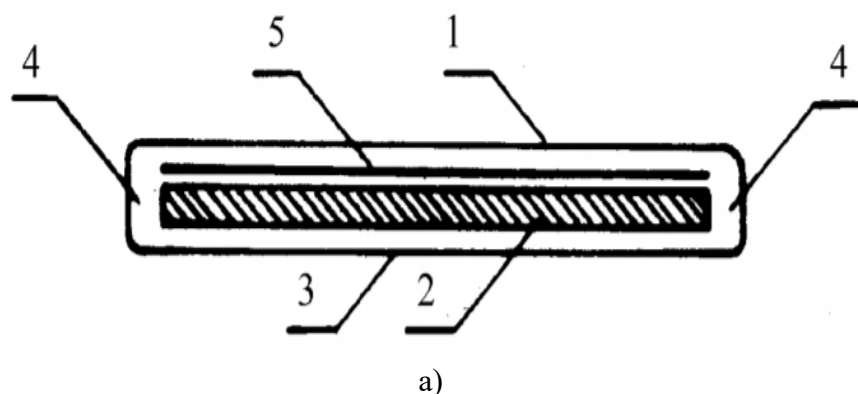


Слика 3.4 Гумена трака транспортера [8]

Траке нормалне израде могу да се примене у експлоатацији до температуре која није виша од 60°C, нити нижа од 15°C. Специјални израђене транспортне траке са улошцима од азбестног слоја могу да се примене и за температуре до 100°C, а постоје и траке које могу да раде и до -45°C [9,12].

3.2.1 Глатке гумене траке

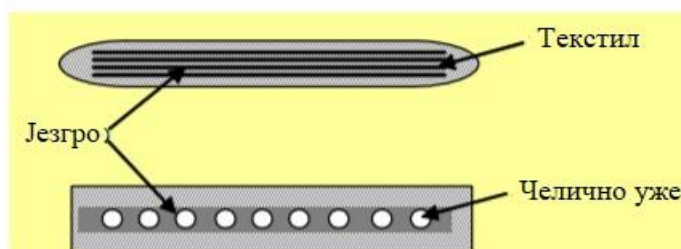
Гумена трака је бескрајно вучно средство, и најчешће се користи код тракастих транспортера, али често и код елеватора. Најчешће се користе глатке гумене траке које се састоје од гуменог омотача са горње (1) и доње (3) стране, гумених заштитних ивица (4) и језгра (2). Језгро се састоји од вучних слојева који су начешће израђени од више уложака од јуте (текстилне тканине), сједињени танким слојем гуме или пластике вулканизирањем и заштићене са једне (слика 3.5.а) или обе стране (слика 3.5.б) гуменим облогама (заштитним слојем) (5) одређене дебљине.



Слика 3.5 Елементи гумене траке [14]

Улошци, као вучни слојеви, могу бити израђени од различитих материјала и по правилу су заштићени од могућих оштећења и хабања. Они се израђују од нити од различитих материјала као што су: текстилне нити (лан, памук, кудеља, јута), синтетичке нити (полиестер или полиамиди) и челична ужад (слика 3.6). Затезна чврстоћа вучних слојева гумених трака зависи од материјала нити. Вучни слојеви (језгро) прихватају и преносе затезну силу у траци, као и силе удара од материјала који падају на траку при утовару, а гумени слојеви штите вучне слојеве од влаге, хабања и осталих механичких оштећења и атмосферских утицаја. Језгро транспортне траке је елемент који траци даје чврстоћу на затезање, одупире се кидању траке, пружа отпор на ударе, даје ослонац терету који се транспортује, апсорбује кинетичку енергију материјала при утовару, пружа потребну стабилност приликом постављања, центрирања и вођења траке преко

ваљака. Број слојева траке углавном зависи од ширине траке, а ширина траке одређује у највећој мери капацитет. Број слојева траке одређује њену јачину. Број текстилних уложака (слојева) је од 3 до 14. Дебљина омотача зависи од материјала који се транспортује. Материјали велике чврстоће са оштрим ивицама и великом тежином захтевају дебљи омотач у односу на fine и лаке материјале. Дебљина омотача на носећој страни је од 2 до 6 mm. Траке које су формиране на овај начин (гумиране траке) су отпорне на хабање, кидање и влагу. Имају малу сопствену масу и еластичне су, а имају и релативно дуг експлоатациони век. Оне нису погодне за рад у срединама где је температура већа од 60°C, као ни у срединама где могу доћи у контакт са уљем, машћу или киселинама. За рад у таквим срединама се користе траке са специјалним вучним слојевима (синтетика, азбестан) [8, 9, 13].



Слика 3.6 Гумена трака са вучним слојевима од текстила и са челичним ужетом [8]

На слици 3.7 је приказана трака чије је језгро са текстилним улошцима.



Слика 3.7 Трака чије је језгро са текстилним улошцима [14]

3.2.2 Гумене траке од арамида

Појава гумених трака од арамида (кевлара) отвара нове могућности у градњи трака за тракасте транспортере. У стручним круговима захваљујући својим dobrim особинама, поступно ће заменити полиестер и челик у градњи трака за тракасте транспортере. Од свих синтетичких влакана највећу затезну чврстоћу имају влакна од арамида, који је на тржишту познатији под трговачким називом кевлар. Арамид је у комерцијалну употребу ушао почетком седамдесетих година и представља материјал новије генерације. Поред велике затезне чврстоће, арамид има добру еластичност због чега добро подноси динамичке ударе, мало истезање, велики отпор резања, омогућава употребу добоша мањих пречника, а тиме и мање трошкове израде погонских уређаја, а са повећањем температуре не смањује се битно затезна чврстоћа као код полиестера и полиамида.

3.2.3 Гумена трака са челичним ужетом

Једна од посебних врсти трака је она са челичним ужетом (слика 3.8). Ове траке се примењују за веће капацитете транспорта и за транспорт на већа растојања. Погодне су за површинске копове, где транспортери достижу осна растојања и преко 10 km. Најчешће се примењују у рударству. Гумене траке са челичним ужетом имају 25 до 50 пута већу отпорност на истезање него трака са текстилним улошцима. Челична ужад су пресвучена бакром и затопљена гумом у средишњи део траке. Траке могу бити израђене са или без заштитног слоја између челичних ужади и облога радног и нерадног дела траке. Предност ове траке је велика затезна чврстоћа од 500 N/mm па до 6000 N/mm, а истовремено могућност рада са добошима малих пречника. Ова чврстоћа траке се може остварити са већим бројем тањих или мањим бројем дебљих ужета. Траке са тањим ужетом су савитљивије, а челични улошци су гушће распоређени. Траке са дебљим ужетом су веће масе и имају мању савитљивост.



Слика 3.8 Гумена трака са челичним ужадима [14]

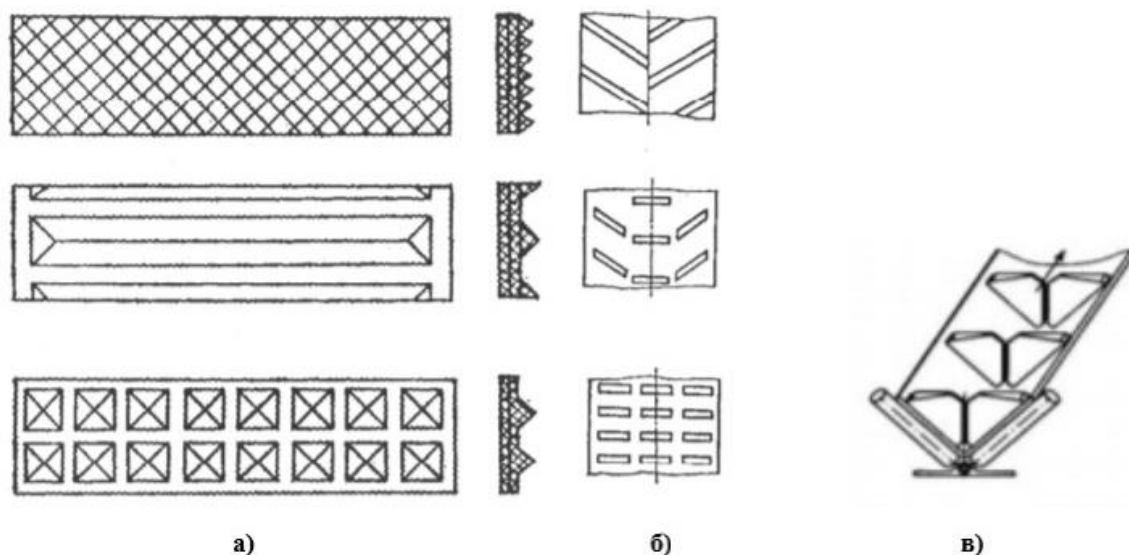
Пречник ужади се креће од 1.2 до 4 mm и израђена су од високо квалитетног челика, а траке се израђују у дужинама од 150 до 200 m. Недостатак ових трака је већа цена [10,14].

3.2.4 Гумене траке са рељефним површинама

Повећање угла нагиба тракастог транспортера се може остварити нашивањем плочица на траку од коже, дрвета или метала, попречно у односу на смер кретања траке чиме се повећава трење између материјала и траке или обликовањем површине горњег носећег слоја траке у циљу повећања њене храпавости. Предности транспортера са рељефним површинама трака (слика 3.9), у односу на транспортере са глатким површинама, се огледају у смањеној дужини укупног транспорта и до 30% при остварењу исте висине транспорта. Површина горњег носећег слоја је рељефна, а рељефи су у облику гребена (слика 3.9.а), ребара (слика 3.9.б) или у облику преграда (слика 3.9.в). Траке са рељефима у облику гребена или ребара се примењују код транспорта комадних (ређе насипних) материјала са углом и до 38°. Траке са гребенима се примењују за углове транспортера од 25° до 28°, а висина гребена се креће у границама од 2 до 10 mm. Траке

са ребрима се примењују за транспорт насипних материјала под већим углом нагиба транспортера од 32° до 38° , а висина ребара зависи од врсте транспортованог материјала:

- од 6 до 10 mm при транспорту песка, шљунка, угља;
- од 10 до 16 mm при транспорту несортираног насипног материјала и
- од 16 до 25 mm при транспорту крупно комадних материјала [9].



Слика 3.9 Облици рељефних површина: а) у облику гребена ; б) ребраста; в) са преградама [9]

У табели 3.1 су дати максимални углови нагиба траке са равном површином и површином у облику гребена и ребара за зрнасте и ситнокомадне материјале [9].

Табела 3.1 Максимални углови нагиба траке за зрнасте и ситнокомадне материјале [9]

Врста материјала	Спољашња површина траке	
	Глатка	Гребен, ребро
	$\beta_{\max}$	
Камени угаљ (влажност 4,5%)	22	33
Дрвени опилци (влажност 1,9%)	27	34
Песак са сувом земљом (влажност 2%)	15-18	26
Песак са влажном земљом (влажност 6%)	17-27	35
Калупарски песак (влажност 5%)	17-27	35
Пирит (руда гвожђа) (влажност 3%)	16	26
Туцаник (комади крупноће од 0,5-30 mm)	18	32
Песак и шљунак	18	27
Песак ситан, суви	20	30
Песак ситан, мокар	28	35
Пепео	22	30
Шљака у гранулама	18	27
Земља растресена	22	30
Кречњак ситно дробљени	20	35

У табели 3.2 су дати максимални углови нагиба траке са равном површином и поврином у облику гребена и ребара за комадне материјале [9].

Табела 3.2 Максимални углови нагиба траке за комадне материјале [9]

Врста материјала	Спољашња површина траке	
	Глатка	Гребен, ребро
	$\beta_{\max}$	
Опека	20	32
Материјали у џаковима од хартије	20	33

У табели 3.3 су дати максимални углови нагиба траке са равном површином и поврином у облику гребена и ребара за средње и крупно комадне материјале [9].

Табела 3.3 Максимални углови нагиба траке за средње и крупно комадне материјале [9]

Врста материјала	Спољашња површина траке	
	Глатка	Гребен, ребро
	$\beta_{\max}$	
Угаљ камени (крупни комади)	18	28
Опека (комади крупноће 10-160 mm)	18	24
Кокс (комади крупноће 10-160 mm)	18	25
Шљака са округлим комадима (влажност 6,4%)	22	26
Кречњак крупно дробљен	17	30
Туцаник из гранита	18	32
Битуминозни угаљ:		
- несортирани	18	27
- крупно комадни	15	27
- средње комадни	18	30
- комадни 25-50 mm	18	27
Антрацит (димензије комада 13-19 mm)	15	27
Кокс:		
- крупно комадни	20	28
- сортирани	18	30
- дробљени	18	30
Камен (димензије комада 25 mm)	20	30

За транспорт материјала при великим нагибима транспортера (до 60°) примењују се траке са преградама. Траке могу имати једну, две или три преграде са кораком од 200 до 600 mm, у зависности од ширине траке. Карактеристике тих трака за транспорт насипних материјала са коадима до 300 mm су дате у табели 3.4 [4, 9]

Табела 3.4. Карактеристике трака са преградама [9]

Број преграда	Ширина траке В (mm)	Дужина преграде (mm)	Растојање од ивице траке до преграде (mm)	Растојање међу преграда (mm)	Висина преграде h_p (mm)
1	400-500	280-380	60	-	100-150
2	650-800	240-315	60	50	100-200
3	1000-1400	225-350	63	50	100-200

На слици 3.10 је дат приказ траке са ребрима.



Слика 3.10 Ребраста трака [8]

Посебно извођење представљају траке са набораним ивицама (тзв. хармоника) са и без преграда (слика 3.11). Са набораним бочним ивицама и са преградама, транспортна путања може бити веома строма (до 90°). Тренутно највиша изведена конструкција са оваквом траком износи 276m, са капацитетом од 2000 t/h [8].



Слика 3.11 Трака са набораним ивицама [8]

У табели 3.5 су дате основне карактеристике трака са набораним ивицама [9].

Табела 3.5. Основне карактеристике транспортера са траком са набораним ивицама [9]

Бр. преграда на 1m дужине	Ширина траке В (mm)	Растојање међу ивицама (mm)	Дужина преграде (mm)	Висина бочне ивице h_b (mm)
3	400	260	200	50-80
4	500	360	300	80-100
4	600	480	400	100-120
4	650	510	450	120-160
5	800	550	490	200
6	1000	750	690	300

Препоручене брзине ових трака, при транспорту насипних материјала се крећу у границама од 0,5 до 5 m/s (мање вредности су за веће углове нагиба). За комадне материјале, брзине зависе од капацитета транспорта и крећу се у границама од 0,1 до 1.0 m/s [9].

3.2.5 Челичне траке

Код транспортера који раде у условима високих температура (и до 1200°C) или ниских (до -70°C) се примењују челичне траке. Израђују се као жичане или глатке траке. Глатке челичне траке (слика 3.12) су погодне за транспорт материјала чији комади имају оштре ивице, као и у процесима где се појављују повишене и ниске температуре (јер су израђене од високо угљеничног и нерђајућег челика):

- транспорт минерала, хемијских продуката, кокса, синтерованих метала, шљаке, врелих предмета;
- у разним областима производње као и у прехранбеној индустрији;
- у областима које нису биле примарна област примене – пре свега робни центри и проточни системи производње.



Слика 3.12 Глатка челична трака [6]

Глатке челичне траке су од каљеног угљеничног или нерђајућег челика затезне чврстоће до 1200 N/mm². Израђују се у ширинама до 800 mm и дебљинама до 1,2 mm.

Подужним састављањем се могу формирати траке већих ширина (до 3,5 m). траке од угљеничних челика подносе температуре до 400°C, а од нерђајућих челика до 1200°C. Спајају се закивањем, заваривањем или лепљењем. Примењују се за дужине транспорта до 500 m и брзине до 1 m/s. Код ових трака је дозвољени нагиб за 2 до 5° мањи него код гумених [9].

Карактеристике ових трака су: велика робусност, чврстоћа, тврдоћа, еластичност, бешуман рад, као и добро понашање при различитим температурним условима. За пренос затезне силе на погонски добош је неопходна велика сила затезања траке. Код ових трака се не примењују ваљци, већ више паралелно постављених дискова, који су по ободу обложени гумом. Ивице код челичних трака се заобљавају из безбедносних разлога, јер би се понашале као оштрица ножа. Недостатак ових трака је замор материјала што се компензује избором великог коефицијента сигурности при прорачуну траке, који је четири пута већи него код гумене траке са текстилним улошцима [5,9,16].

Жичане челичне траке (слика 3.13) се израђују плетењем. Материјал жице је угљенични или нерђајући челик. Ове траке су погодне за транспортере који раде у индустријским погонима где се врши прање, одмашћивање, сушење и пастеризовање, због олакшане циркулације ваздуха и воде. Код жичаних трака се спајање врши уплитањем. Ове траке омогућавају велику флексибилност у формирању трасе транспортера.



Слика 3.13. Жичана трака [6]

Основни недостатак челичних трака је тај што захтевају веће пречнике добоша и више носећих ваљака на мањем растојању [5,9].

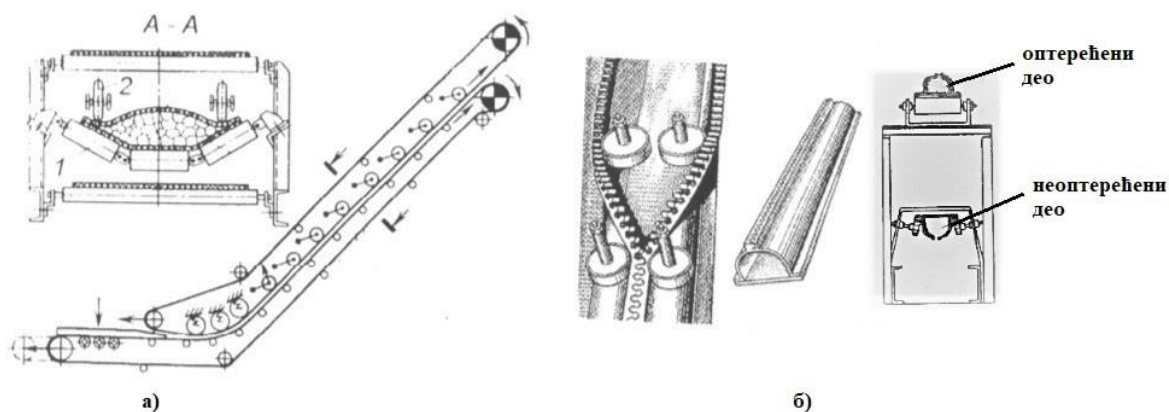
3.2.6 Траке за специјалне транспортере

Ако је угао нагиба транспортера чак и до 90° у односу на хоризонталу, због услова транспорта, тада се примењују специјални транспортери:

- са две траке,
- са траком специјалног облика.

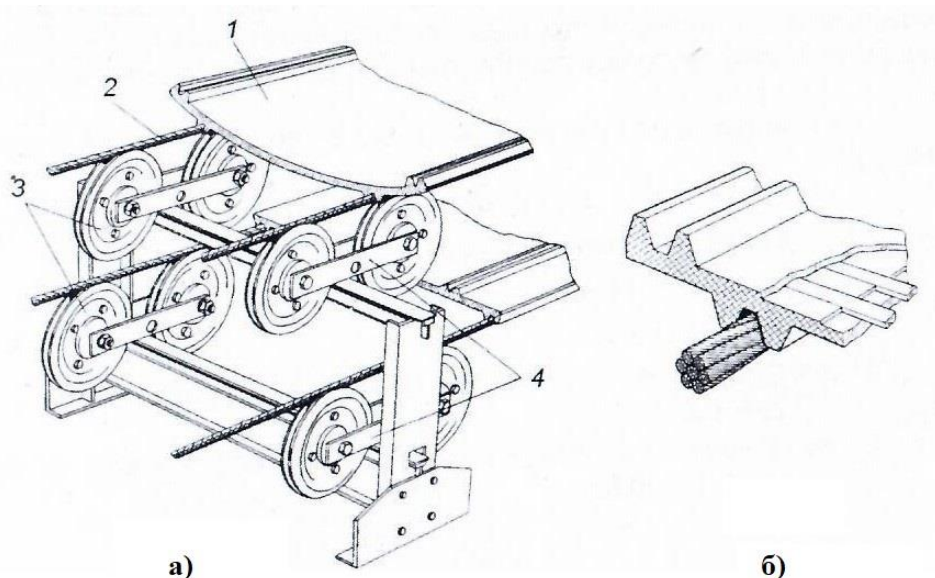
Код транспортера са две траке (слика 3.14.а), доња трака је носећа, а горња је притискајућа, при чему се обе крећу истом брзином. Носећи ваљци (1) и притискајући

точкићи (2) остварују већу притисну силу између материјала, а тиме је и већа сила трења чиме се омогућава транспорт под угловима блиским 90° . Код специјалних трака (слика 3.14.б) је могуће затварање траке, при чему се материјал „стеже“ и тиме се омогућава транспорт при великим угловима нагиба. Након насипања материјала на траку, трака се затвара, а при истовару материјала трака се отвара [9, 10].



Слика 3.14 Транспортер са: а) две траке; б) специјалном траком [9,10]

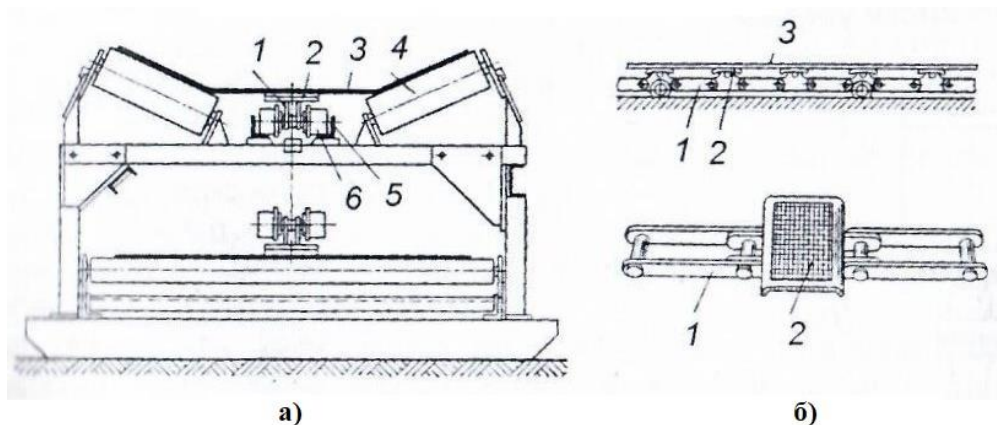
Гумене траке, за остваривање већих капацитета транспорта материјала на већа растојања, показују одређене недостатке у погледу вучних својстава. Због тога се могу користити транспортери са вучним елементима у облику челичних ужади или ланца. Код транспортера са вучним елементом у облику челичних ужади (слика 3.15.а) се трака ослања на челичну ужад преко посебно профилисаних канала на крајевима траке. Челична ужад (2) се ослањају на носеће котурове (3) и они су распоређени дуж трасе на растојањима од 5 до 8 m. Да би се остварила попречна стабилност траке, постоје попречна укрућења у облику еластичних челичних листова (слика 3.15.б). Ове траке не прелазе брзину од 2,5 m/s [9].



Слика 3.15. Тракасти транспортер са ужетом као вучним елементом: а) изглед транспортера; б) трака [9]

Код тракастог транспортера где је вучни елемент ланац (слика 3.16,а), погон се остварује ланцем (1) са точкићима (6) (слика 3.16.б), који се котрљају по стази (5) и

ослоним плочама (2) на које належе трака (3). За формирање облика траке се користе бочни носећи ваљци (4), при чему сада не постоји средњи хоризонтални ваљак, већ се уместо њега налази вучни ланац. Кретање траке се остварује због трења између траке и ослоних плоча ланца [9].



Слика 3.16. Тракасти транспортер са ланцем као вучним елементом: а) изглед транспортера; б) ланац [9]

Као специјални тип тракастог транспортера може да се издвоји и магнетна трака (слика 3.17), чиме се решавају проблеми транспорта феромагнетних материјала под већим углом нагиба [8].



Слика 3.17 Магнетна трака [8]

Поред тога, проблем стабилности и везе транспортованог комадног материјала са траком под нагибима се решава и применом вакуум тракастог транспортера (слика 3.18)

[8]. Вакуум тракасти транспортери су направљени од перфориране траке, а „извлачењем“ ваздуха из специјално конструисаног носећег рама транспортера се омогућава вакуум ефекат. Углавном се користе за лаке материјале, погодног облика, као што је папир. Због тога су погодни за примену на линијама за паковање и означавање робе [8].



Слика 3.18 Вакуум транспортна трака [8]

3.2.7 Начини спајања трака

Крајеви трака се међусобно спајају како би се добила бесконачна трака. Понекад може бити потребно продужење траке или замена оштећеног дела траке. Спајање гумених трака се може остварити на различите начине:

- прошивањем,
- копчама,
- шарнирима,
- лепљењем (хладно вулканизирање) и
- вулканизирањем (топло).

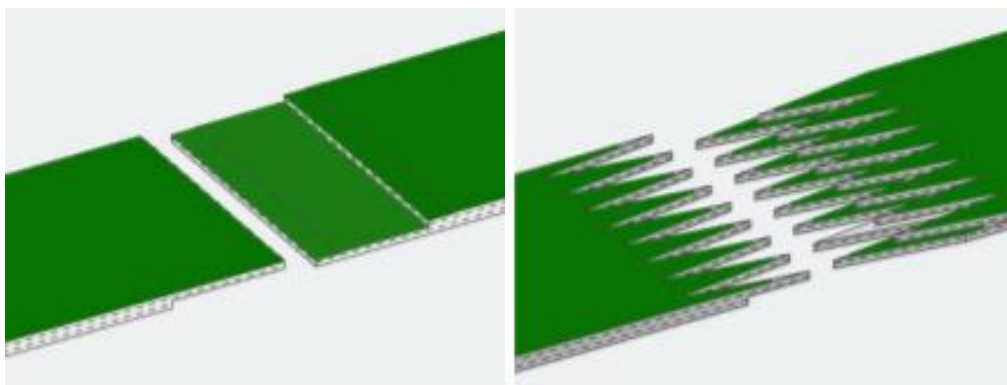
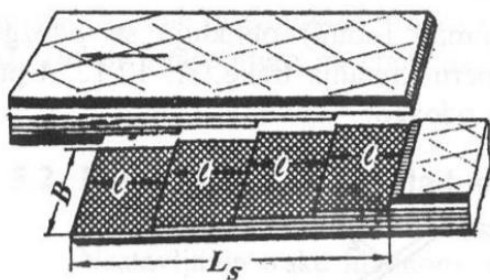
Спајање траке прошивањем, копчама и шарнирима спадају у механичке начине (слика 3.19) спајања гумених трака металним елементима и примењују се за траке мањих дебљина и са мањим бројем вучних слојева. Хладно и топло вулканизирање се примењује код трака већих дебљина и са већим бројем вучних слојева (преко 4). Код

хладног и топлог вулканизирања је већа чврстоћа и бољи квалитет споја, али једноставност и брзина спајања су мањи него код механичких начина спајања.



Слика 3.19 Механички начин спајања гумених трака [14]

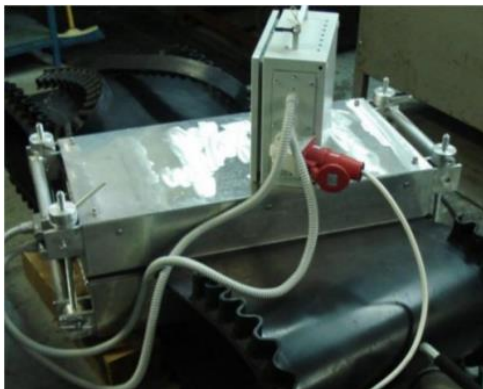
Вулканизирање представља лепљење крајева траке слој по слој (слика 3.20). Крајеви се наизменично степенасто исецају тако да тачно пристају један на други. Када је у питању лепљење, хладан поступак, површине се намажу лепком, налегну једна на другу и притисну. Траке се углавном секу косо како би се избегло наилажење целе спојене површине одједном на бубањ и при томе се квалитет споја не разликују од квалитета осталог дела траке. Припремљене површине оба краја траке се очисте од опиљака гуме, премажу се растварачем (раствор бензина и техничког етилацетата у односу 1:2) и суше 10 до 15 минута. Када растварач испари, површине за лепљење се премазују лепком два пута и суше одређено време. Сушење након првог премазивања траје 20 до 30 минута, а другог 10 до 15 минута [14,19].



Слика 3.20 Изглед траке која се спаја хладним поступком [14]

Топлим вулканизирањем се могу настављати текстилне траке и траке са челичним ужадима, као и вршити репарација трака. Овај начин спајања је најтрајнији и

најиздржљивији. Спој је веома еластичан и обезбеђује скоро исту флексибилност (савитљивост) спојеног дела као што је флексибилност траке. Код вулканизирања, врућег поступка, због високе температуре и притиска долази до топљења гуме у целом пресеку, при чему се спајани крајеви трака споје у једну целину. Спајање се врши вулканизерском пресом која је преносива и мора да оствари притисак по целој ширини траке (слика 3.21).

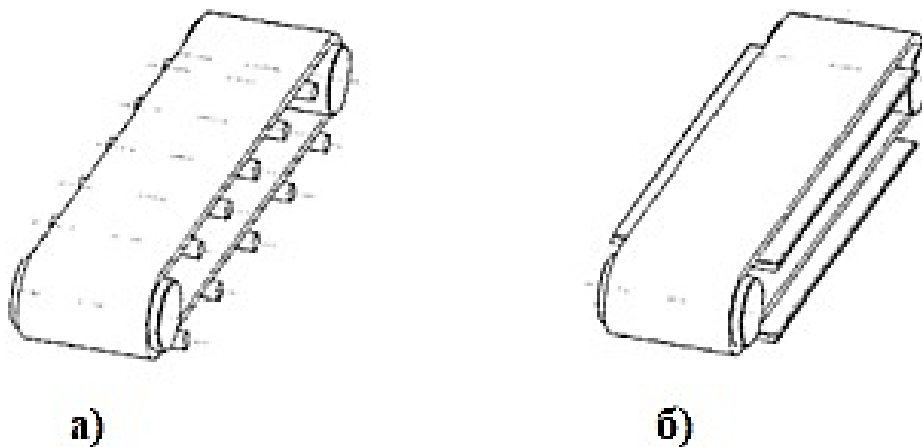


Слика 3.21 Вулканизерска преса [19]

Најквалитетнији, односно најчвршћи спој се добија топлим вулканизирањем на 130°C и притиском од 5 bar [18,19].

3.3 Уређаји за ношење и центрирање траке

Уређаји за ношење трака се најчешће израђују у облику ваљака, а ређе у облику клизних плоча, равних или лучних шина (слика 3.22) и поред траке представљају најважнији елемент транспортера. Ваљци се чешће примењују за транспорт насипног материјала, док се плоче и шине чешће примењују за транспорт комадног материјала. Радни век и степен искоришћења транспортера директно зависи од исправности и сигурности у раду уређаја за ношење, због тога што су они најбројнији елементи транспортера. Они служе за преношење оптерећења од масе траке и транспортованог материјала на носећу конструкцију, а такође и од њиховог растојања зависи величина угиба траке.

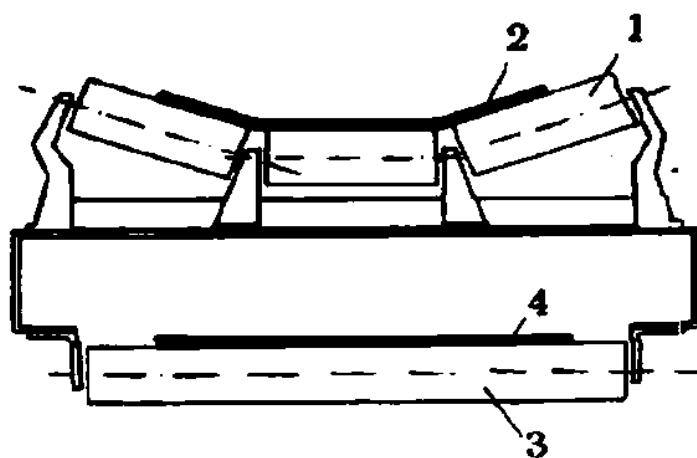


Слика 3.22 Уређаји за ношење траке а) ваљци; б) плоче [19]

Уопштено, ваљци се према њиховој намени могу поделити на носеће, повратне, амортизујуће, центрирајуће и ваљке за чишћење [19].

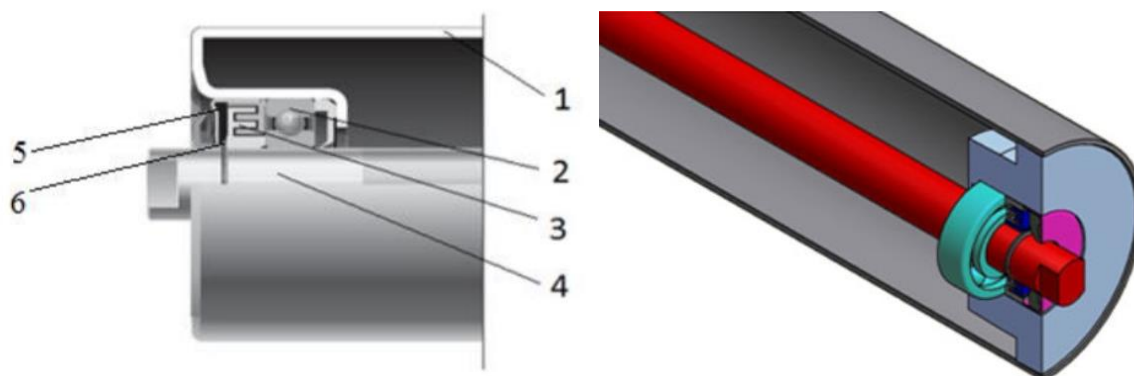
3.3.1 Носећи ваљци

Носећи ваљци су основни уређаји за ношење траке и њихова основна функција је ношење траке и терета, али поред тога одређују и облик профила траке. Ваљци се преко котрљајних лежајева окрећу око непокретне осовине. Избор котрљајних лежајева зависи од типа конструкције ваљака. Код конструкција лаког типа се примењују трајно подмазани куглични котрљајни лежајеви (имају шупљу осовину са отворима за пролаз уља, испуњену мазивом које траје до 3 године, односно не мења се до генералног ремонта транспортера), док се за већа оптерећења и теже услове рада примењују ваљци са коничним лежајевима, који могу да се подмазују у току рада. Слог носећих ваљака (слика 3.23) садржи горње носеће ваљке (1) који носе оптерећени део траке (2) и доње, повратне ваљке (3) који носе неоптерећени део траке (4).



Слика 3.23 Слог носећих ваљака [20]

Омотач носећих ваљака (слика 3.24) се израђује од челичних бешавних цеви (1) који се преко котрљајних лежаја (2) везују за оба краја осовине (4). Улежиштења се обезбеђују поклопцима, заптивачима (3) који спречавају продор прашине и воде и тиме се постиже поуздано обртно кретање ваљка око своје осовине која се фиксира на носач слога, односно носећу конструкцију. Ускочник (6) држи заптиваче и лежај на месту, а кућиште (5) штити од прашине и нечистоћа.



Слика 3.24 Делови ваљка [19,21]

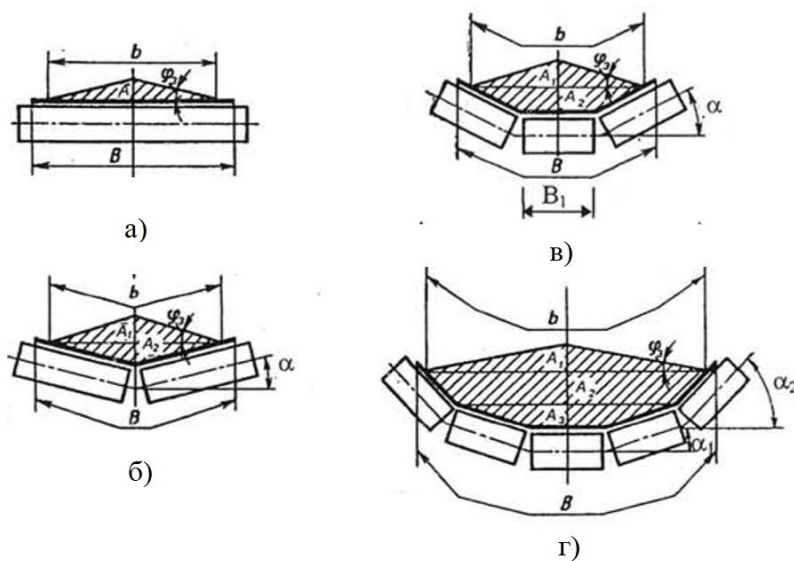
Поред конструкције са учвршћеном осовином око које се окреће ваљак, постоји и конструкција са окретним цилиндричним рукавцем и учвршћеним лежајем. Овај тип је

јефитинији, али захтева врло тачно постављање лежајева и веома прецизну израду и при општећењу једног лежаја или ваљка мора да се изврши комплетна замена слога.

У једном слогу може бити постављен један, два, три или пет ваљака, чиме траци дају раван или коритасти облик (слика 3.25). Слогови повратних ваљака углавном садрже само један ваљак или евентуално два ваљка ако је ширина траке већа и како би корито траке било окренуто на доле и тиме би се остварило такозвано самочишћење чиме би се спречило наношење нечистоће на добоше. Ослонци са једним ваљком (слика 3.25.а) се примењују за равне траке у радном и повратном делу траке. Транспортери за насипни материјал имају углавном коритасти профил траке, а за комадну раван. Код транспортера за насипни материјал раван профил траке имају транспортери мањег капацитета као и они са крупним комадима где је потребна већа ширина траке. Највише се примењују слагови са два (слика 3.25.б) или три (слика 3.25.в) носећа ваљка који формирају траку у облику корита. Углови бочних ваљака могу бити:

- $\alpha = 15^\circ$ и 20° - за слог са два ваљка;
- $\alpha = 20^\circ, 30^\circ, 36^\circ$ и 45° - за слог са три ваљка;
- $\alpha_1 = 22,5^\circ$ и $\alpha_2 = 45^\circ$ или $\alpha_1 = 18^\circ$ и $\alpha_2 = 54^\circ$ - за слог од 5 ваљака (слика 3.25.г)[12].

Без обзира на сложеност конструкције, коритасти облик траке обезбеђује већи капацитет транспорта [12, 19,20].



Слика 3.25 Слог ваљка са: а) једним; б) два; в) три и г) пет ваљака [12]

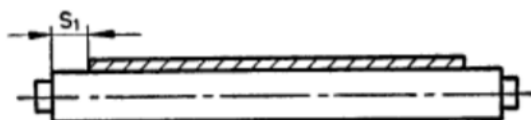
У табели 3.6 је приказан избор броја ваљака у односу на ширину траке.

Табела 3.6. Избор броја ваљака у слогу у зависности од ширине траке [22]

Ширина траке В (mm)	Број ваљака у слогу	
	Радни део траке	Повратни део траке
До 300	1	1
400÷500	2 или 3	1
650 и преко	3	1 или 2

При изради ваљака се настоји да буду што јефтинији и да имају што мањи пречник и тежину. Основни параметри ваљка су пречник и размак (корак) између ваљака. Избор

пречника ваљка зависи од великог броја фактора. Ваљак мора да има такав пречник како би момент спољњег трења о траку био већи него момент отпора обртања ваљка јер би у супротном долазило до клизања траке преко ваљака и њеног брзог трошења. Пречник ваљака се одређује у зависности од ширине и брзине траке и облика транспортованог материјала. У зависности од брзине кретања пречник ваљка трба да се одреди тако да број обртаја не прелази $400 \text{ до } 500 \text{ min}^{-1}$. Размак између ваљака, поготово код дугачких транспортера, утиче на величину отпора односно утрошак енергије при кретању. Повећањем размака између ваљака се смањује њихов број и тиме и цена, али се тиме повећава оптерећење лежајева и скраћује њихов век трајања. Према томе, потребно је одредити оптималан број ваљака. Код тежих комадних терета потребно је да размак између ваљака буде мањи од трћине дужине терета како би се терет увек ослањао на најмање два ваљка. У осталим случајевима се корак ваљака одређује на основу дозвољеног угиба траке. На повратном делу траке корак ваљка је двоструко већи него на оптерећеном делу траке. Највећи угиб траке ће бити на месту где је најмања сила затезања. Дужина ваљка за гумену траку (слика 3.26) треба да буде таква да крајеви ваљка прелазе траку са обе стране за око 50 до 100 mm (табела 3.7) [19, 22].

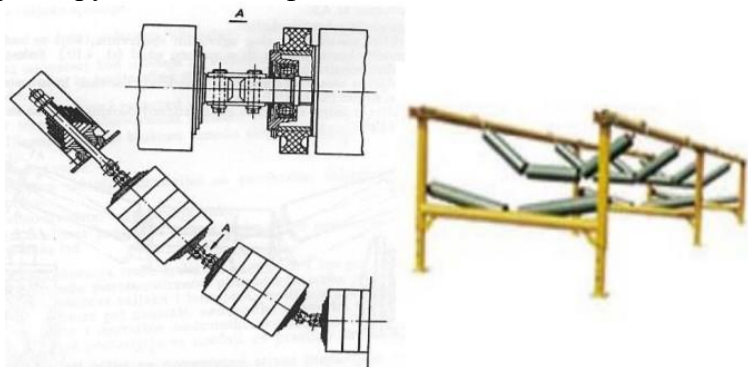


Слика 3.26 Размак крајева ваљка и траке [22]

Табела 3.7 Размак крајева ваљка и траке у зависности од ширине траке [22]

Ширина траке В (mm)	Размак крајева S1 (mm)
400	50
650	50
800	75
1000	75
1200	100
1600	100

Висећи слогови ваљка - са еластичном осовином (слика 3.27), су повољнија решења у односу на круте слошкове – фиксне.

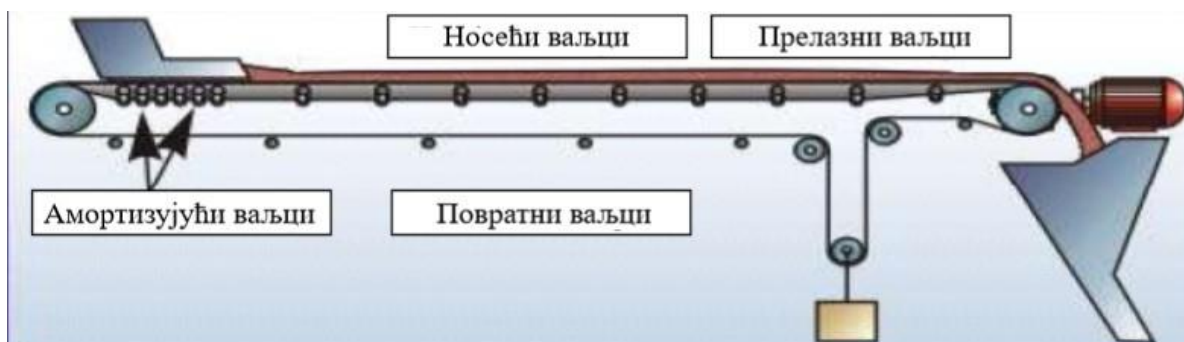


Слика 3.27 Висећи ваљци [2,11]

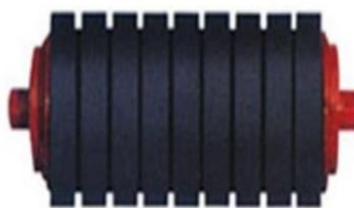
Зглобне везе између ваљака пружају могућност формирања облика траке који одговара облику транспортованог материјала чиме се повећава капацитет транспорта. Висећи слогови ваљка захтевају само два лежаја, једноставне су конструкције и лако се

монтирају, имају велику еластичност и омогућавају коритасти профил траке без њеног преламања. Међутим, без обзира на ове предности оваква решења немају перспективу због великих отпора кретању траке, који је већи него код фиксних ваљака. Поред тога, имају краatak радни век осовине од ужета и малу ефикасност, јер се раде за траке ширине до 1 m и брзине до 2 m/s [2].

Осим челичних ваљака у радној и повратној грани траке, користе се и амортизујући ваљци (слика 3.28.a). Они се налазе у зони сипања материјала и служе да би се трака заштитила од прекомерних оштећења која могу да изазову крупни комади оштрих ивица приликом сипања. То је глатки челични ваљак на који су навучени и залепљени гумени прстенови (слика 3.28.b) [22].



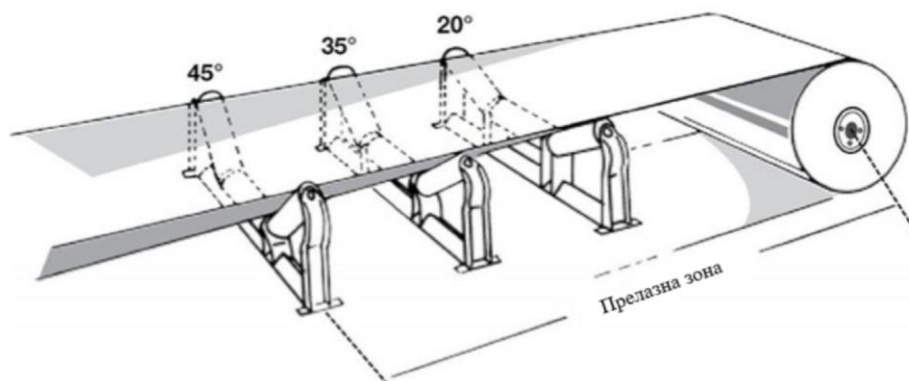
а)



б)

Слика 3.28 Ваљци: а) положај ваљака; б) амортизујући ваљак [11,21]

На радној грани транспортера са коритастиим профилем траке у близини погонског добоша је потребно да се обезбеди прелазна зона са смањеним угловима нагиба бочних ваљака (слика 3.29).

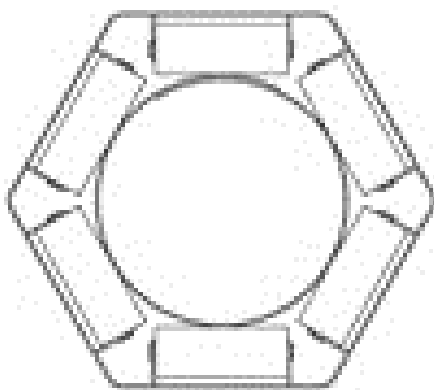


Слика 3.29 Прелазна зона траке при наиласку на добош [6]

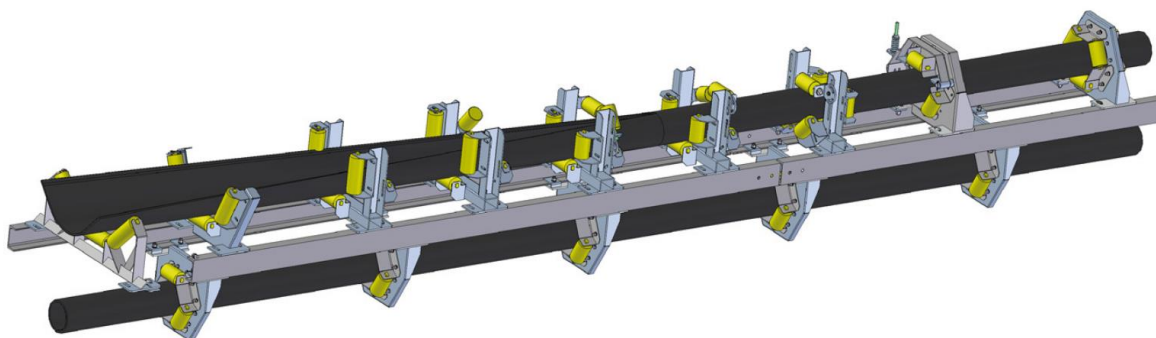
Корак између ваљака на месту сипања материјала је мањи, односно ваљци су чешће распоређени. Такође, на местима где трака прелази из хоризонталног облика у коси, растојање између ваљака је знатно мање него на правим деловима траке. Учешће

ваљака у инвестиционим трошковима је до 25%. Технички век ваљка је 36000 h, а временски зависи од услова рада и креће се од 4 до 6 година [20].

Поред основне, коритасте, геометрије ваљака, може се извести и конструкција ваљака који формирају облик цеви (слика 3.30.а). Материјал се сипа у коритаст облик траке, при чему положаји ваљака постепено притискају траку и формирају њен облик, све док се трака не преклопи и добије цевни облик (слика 3.30.б). Они су релативно нови у односу на обичне тракасте транспортере који постоје већ преко 150 година. Уређаји за сипање материјала, погонска станица и остали делови су готово идентични као код обичних транспортера, али је основна разлика у средишњем делу транспортера. Код ових транспортера није потребна заштита са горње стране траке, јер је већ заштићен својим обликом. Осим тога цевни транспортери су ефикаснији када постоје хоризонталне или вертикалне кривине са радијусима од 100 до 400 m. Ови транспортери омогућавају и транспорт за угао нагиба и до 30° , за разлику од обичних код којих је тај угао до 20° за обичне траке. Поред ових предности, цевни транспортери имају и неке недостатке. Први је да су они скупљи за израду и одржавање, а поред тога имају мању носивост за одређену ширину траке. Ови транспортери су и много виши од обичних транспортера, јер је и у повратној грани трака савијена у облику цеви, док је код обичних равна [13].



а)

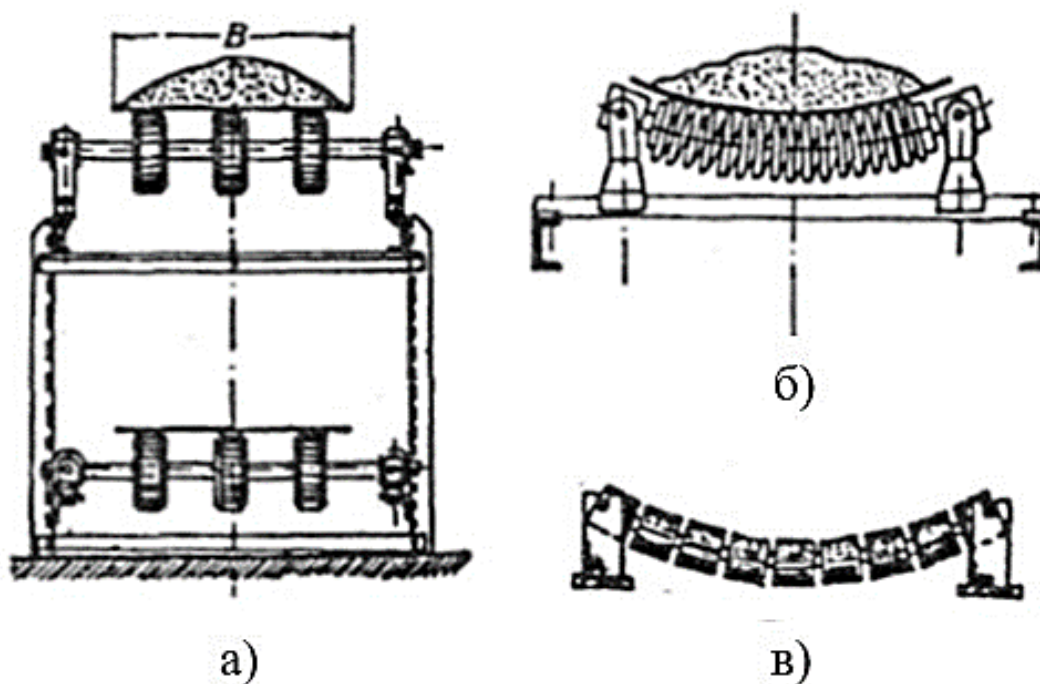


б)

Слика 3.30. Цевни транспортер: а) попречни пресек, б) формирање облика траке [13, 14, 23]

Носећи ваљци код равних, челичних трака (слика 3.31.а) има облик вратила на коме се налази неколико дискова који су поређани дуж вратила на одређеном растојању. За челичну траку лучног облика (слика 3.31.б) ваљци се израђују од жице у облику

спиралне опруге или из више кратких ваљака са осовином од челичног ужета (слика 3.31,в).



Слика 3.31 Ослони ваљци: а) равне челичне траке; б) од жице са лучни облик; в) са осовином од челичног ужета [12]

При оваквом извођењу конструкције носећих ваљака ствара се могућност да се челична трака угиба попречно (у односу на подужну осу транспортера) и омогућава формирање коритастог облика, чиме се омогућава повећање дебљине слоја транспортованог материјала [12].

3.3.2 Равна плоча као елемент за ношење траке

Мањи и мобилни транспортери, при транспорту лаких комадних и насипних материјала који се транспортују на малим растојањима, у радном делу трасе уместо ваљака имају равну клизну плочу (слика 3.32) чиме се смањује укупна маса транспортера и поједстињује његова израда. Битно је да доња страна траке има најмањи могући коефицијент трења како би се смањили отпори клизања траке по подлози, а са друге стране, то трење мора бити довољно да заједно са дозвољеном силом затезања може да се оствари потребна вучна сила.



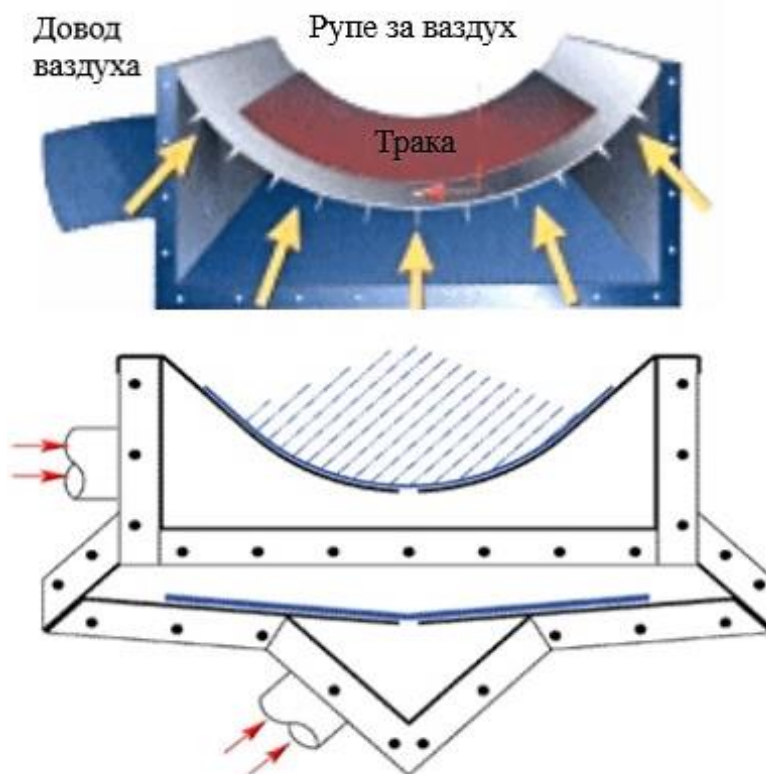
Слика 3.32. Тракасти транспортер са равном плочом [8]

Клизна површина се најчешће изводи од глатког челичног лима, а код мањих транспортера се уместо лима постављају уздужне водилице које су постављене на

попечне делове конструкције, како би се смањила маса транспортера. Водилице се израђују од алуминијума, челичних трака или од пластичних маса. Код овако изведених транспортера су већи отпори кретања, јер је у питању отпор клизања, а не отпор котрљања, па се због тога примењују у областима где су мала оптерећења радног органа. У односу на систем са ваљцима код клизне траке нема „поскакивања“ терета и динамичких удара до којих долази због угиба траке. Транспортери са клизном плочом имају мање инвестиционе трошкове и јефтиније одржавање система [2, 8].

3.3.3 Транспортери са бесконтактним ношењем траке

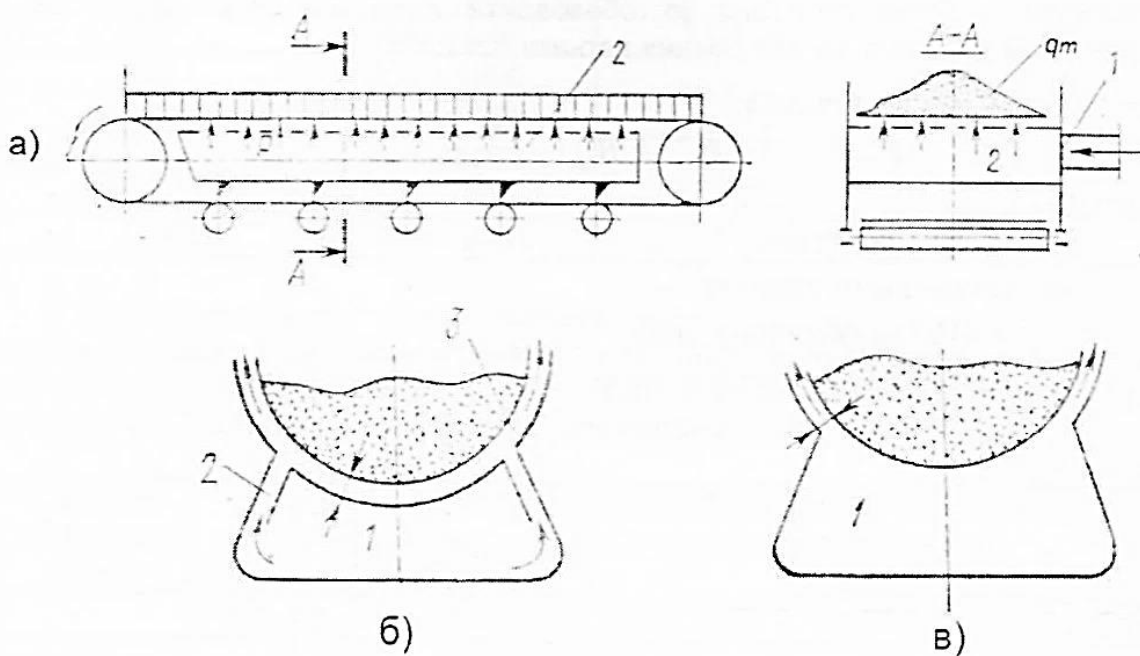
Са повећањем брзине кретања траке у циљу повећања капацитета долази и до повећања трошења траке, смањења њеног века трајања, додатног динамичког уравнотежења носећих ваљака и добоша и на крају до усложњавања процеса насипања материјала. Сва ова ограничења се испољавају код транспортних трака са носећим ваљцима. Због тога, као оптимално решење се јавља тракасти транспортер са бесконтактним ношењем траке (слика 3.33).



Слика 3.33 Бесконтактно ношење траке [8]

Идеја се заснива на принципу ваздушних јастука и код оваквих транспортера се трака, заједно са теретом који се транспортује, подржавају притиском ваздуха са унутрашње стране траке. Кроз цев (1) се уводи ваздух под притиском у комору (2), из које кроз одговарајуће отворе истиче, формирајући на тај начин „ваздушни јастук“ који држи траку са теретом (слика 3.34.а). На основу истраживања је утврђено да повећањем брзине кретања траке не долази до појаве паљења траке са теретом због њеног пливајућег положаја. Шеме формирања ваздушне струје под притиском се могу остварити на више начина. Код принципа са струјном завесом (слика 3.34.б) ваздух под притиском се преко

канала (2) доводи испод траке (3) са две стране траке. Канали су постављени дуж траке. Код шеме коморног типа (слика 3.34.в) ваздушна комора (1) је постављена одмах испод траке. Струјањем ваздуха под притиском кроз зазоре између траке и зидова коморе се обезбеђује држање траке при њеном кретању [8.9].



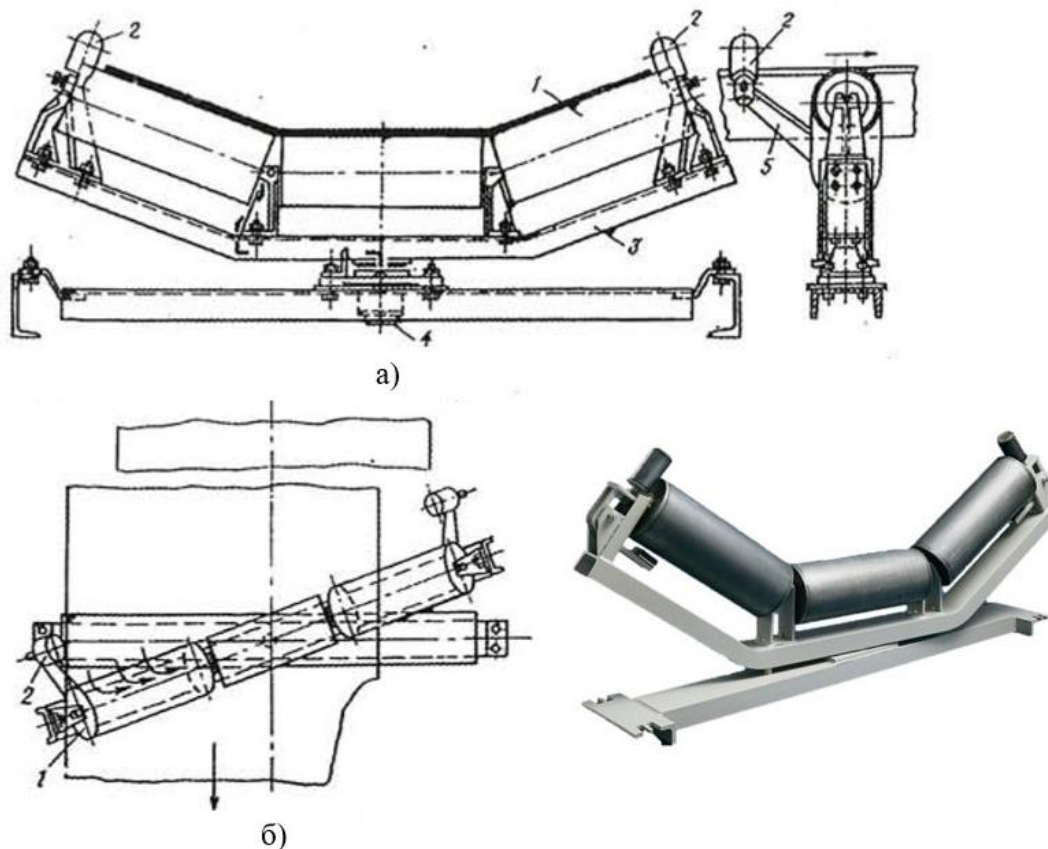
Слика 3.34 Шеме извођења бесконтактнoг ношења траке [9]

Најчешће се примењује шема коморног типа због простог конструктивног извођења и константном односу ваздуха под притиском и расходованог ваздуха. Притисак ваздуха се креће до $2 \cdot 10^3$ Pa. Ако су ваздушни зазори мањи од 0,4 mm, у прорачун треба увести и утицај вискозности ваздуха. При већим зазорима се тај утицај може занемарити. Оваква решења ослањања траке захтевају и додатну снагу, која износи од 0,3 до 0,8 kW/m и зависи од ширине траке, масе терета, равномерности насута материјала, квалитета израде постројења и коефицијента корисног дејства вентилатора [9].

3.3.4 Уређаји за центрирање траке

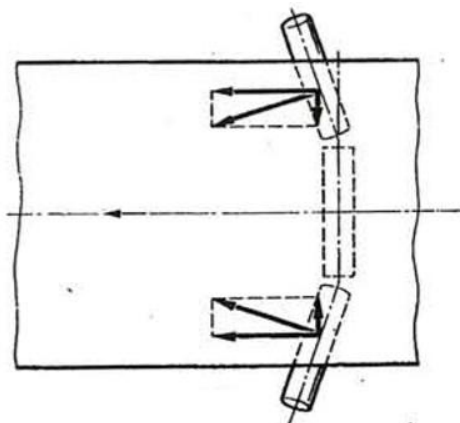
При раду тракастих транспортера може доћи до појаве бочног померања траке, односно скретања траке. Да би се обезбедило правилно кретање траке потребно је да осе слогова ваљака буду управно постављене на подужну осу траке. Скретање траке настаје услед неравномерног насипања материјала по ширини траке, због подизања трака из лежишта због малих радијуса кривина или недовољне оптерећености или због нечистоће добоша и носећих ваљака. Појава скретања траке се може спречити уређајима за центрирање траке и изводи се у више конструктивних варијанти. Код уређаја са окретним слогом ваљака (слика 3.35) носач (3) на својим крајевима има конзолне наставке (5) на којима су постављени бочни ваљци (2). Рукавац (4) обезбеђује обртање носача (3) око вертикалне осе. Померање траке из свог правца се одвија све док се трака својим боком не ослони на бочни ваљак, што изазива померање носача (3), односно долази до његовог скретања из равнотеже за извесан угао. При овом скретању се јавља

одређена сила која враћа траку у њен централни положај, а носач са бочним ваљком се враћа у свој равнотежни положај. Ови уређаји се постављају на растојању од 20 до 30 m дуж транспортера и примењују се код дужих транспортера [9, 20].



Слика 3.35 Уређај за центрирањ: а) приказ уређаја са бочним ваљком; б) окретни слог [9,21]

За транспортере до 40 m дужине центрирање траке се може остварити и уређајима са усмереним крајњим носећим ваљцима (слика 3.36).

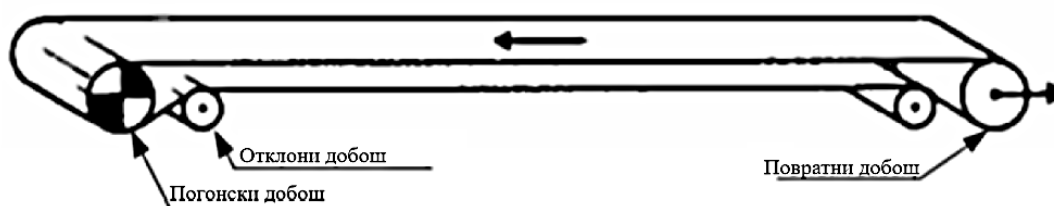


Слика 3.36 Усмерени крајњи носећи ваљци [9]

На сваких пет до шест слогова носећих ваљака, крајњи носећи ваљци су усмерени у правцу кретања траке за 2° до 3° . Када се трака налази у симетричном положају, тада је оптерећење крајњих носача ваљака једнако па су и силе отпора једнаке. При скретању траке долази до пораста оптерећења на крајњи носећи ваљак на тој страни при чему долази и до пораста силе отпора, чија компонента нормална на правац кретања враћа траку у симетричан положај [9]

3.4 Погонски, затезни и отклони уређаји

Погонски и затезни уређаји су неопходни делови сваког тракастог транспортера. Трака као вучни и носећи елемент добија своје кретање од погонског добоша преко трења између добоша и траке. Да би се остварило потребно трење неопходно је да се трака обавије око добоша за одређени угао, као и да се одређеном силом притиска оствари сила потребног налегања траке на површину погонског добоша. Сила притиска траке на погонски добош је последица тежине терета на оптерећеној грани траке, као и тежине саме траке, а и услед силе затезања траке преко затезног уређаја (слика 3.37).

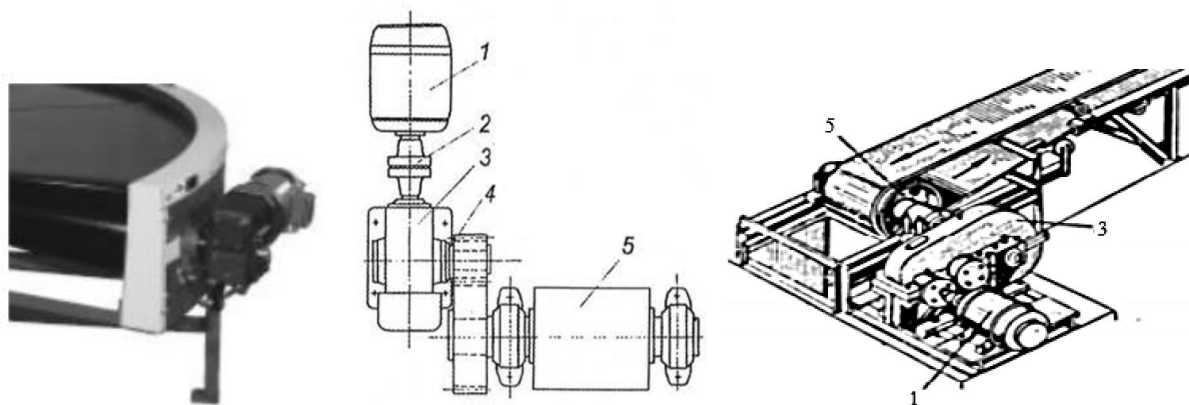


Слика 3.37 Врсте добоша [19]

Погонски добош се обично налази на крају транспортера, док се повратни налази на супротној страни.

3.4.1 Погонски уређаји

Погонска станица (слика 3.38) обухвата све елементе који су неопходни за погон траке и треба је димензионисати тако да обезбеди лако покретање, устаљени рад и заустављање транспортне траке. Она се, у основи, састоји из електромотора (1), спојница (2) и (4), редуктора (3) и погонског добоша (5). Постоје и решења где су електромотор и редуктор уграђени у добош која се примењују када су у питању услови где нема простора за уградњу конвенционалног погонског уређаја.

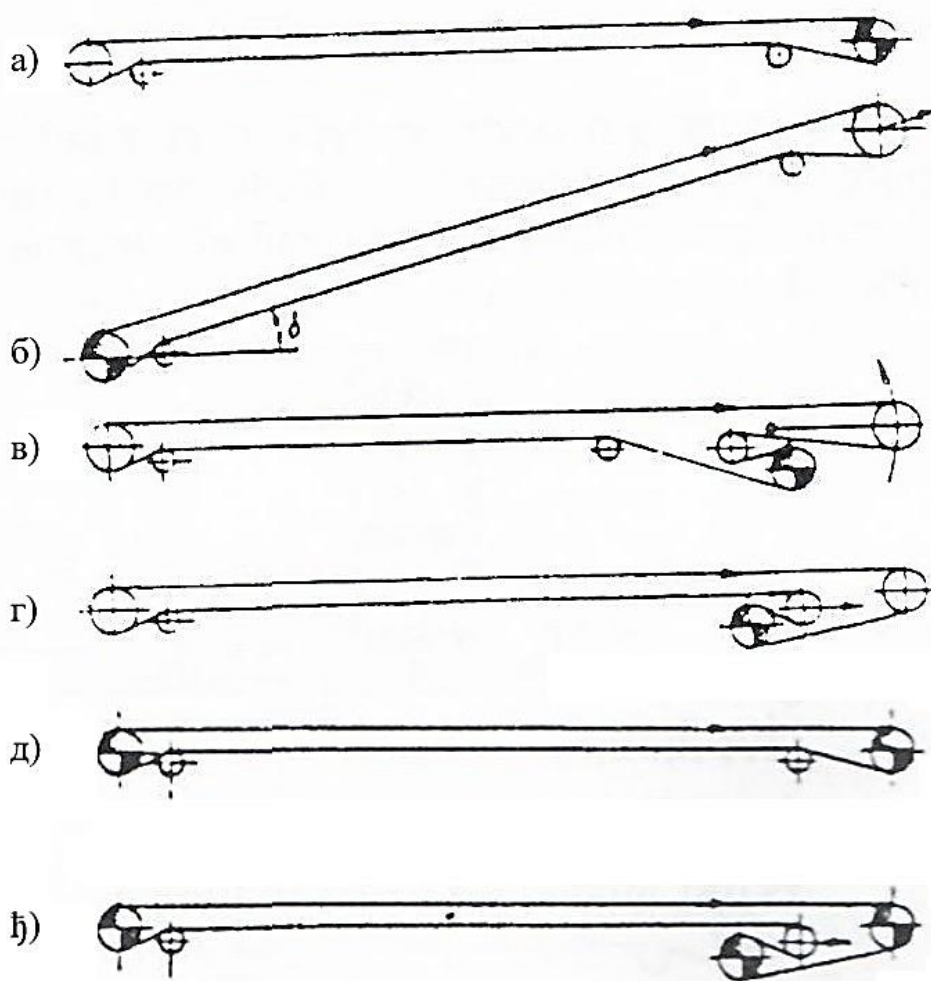


Слика 3.38 Распоред основних елемената погонске станице [8,11,12]

Ако је потребно регулисано заустављање транспортера или се ради о транспортеру са већим нагибним деоницама, онда је неопходна примена кочнице. Најчешће је то стандардна кочница са две папуче која се поставља између мотора и редуктора у случају већих кочионих момената или, што је чешће код тракастих транспортера, између редуктора и погонског добоша.

Место уградње погонског добоша може бити различито:

- напред (предњи-чеони погон), са истоваром преко погонског добоша, што се најчешће користи (слика 3.39.а),
- позади (задњи погон), са истоваром преко добоша на супротној страни погона за специфичне случајеве примене као што је нпр. одложна стрела багера и сличне машине (слика 3.39.б),
- напред, са истоваром преко посебног добоша за промену правца траке на страни погона, што се може наћи код обртних стрела на пример рото-багера (слика 3.39.в и г) и
- комбинација предњег и задњег погона (слика 3.39.д и ђ) [3].

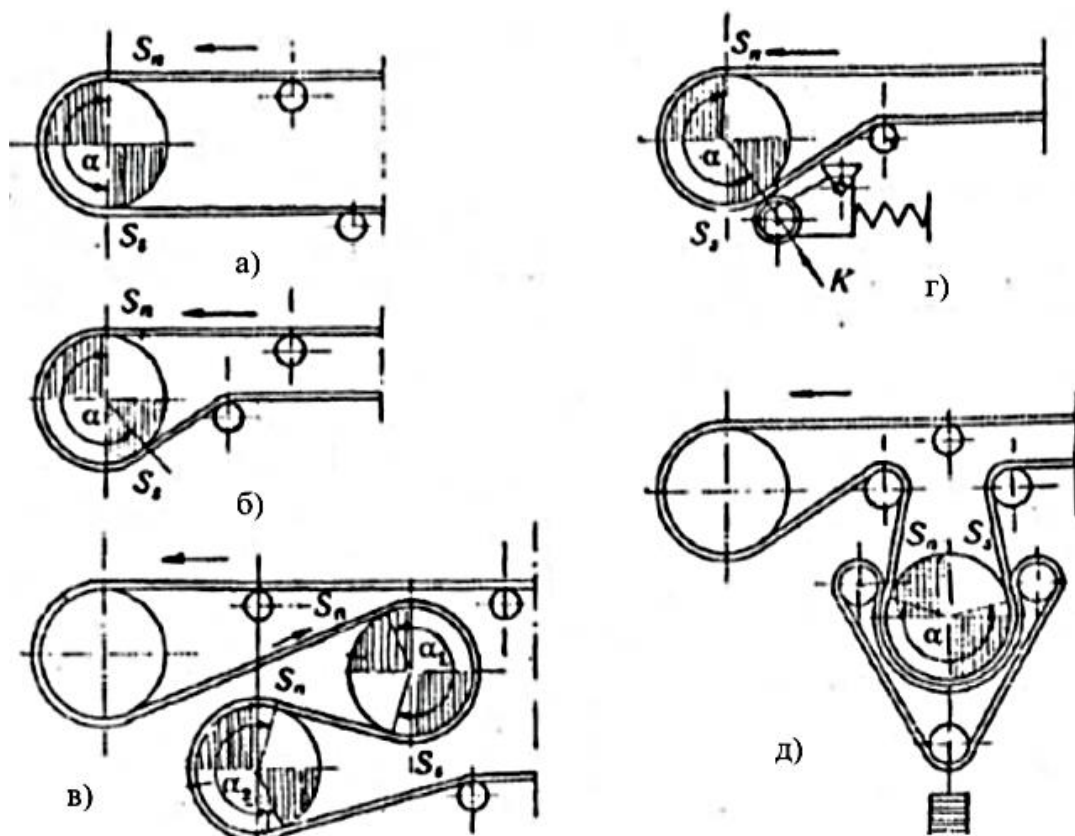


Слика 3.39 Различита места уградње погонског добоша [3]

Које од ових решења ће бити употребљено зависи од резултата анализе отпора и специфичности примене транспортера.

Ако решења са једним погонским добошем не могу да остваре потребну вучну силу, онда се могу применити системи са помоћним уређајима или са више погонских добоша. Обухватни угао је веома важан параметар који утиче на величину силе у траци. Код погона са једним добошем обухватни угао се креће до $\alpha=180^\circ$ (слика 3.40.а). Применом отклоних добоша долази до повећања обухватног угла $\alpha=210^\circ\div 230^\circ$ (слика 3.40.б). Применом уређаја са два добоша се постиже повећање обухватног угла до $\alpha=480^\circ$

(слика 3.40.в). Поред повећања обухватног угла, сила трења се може повећати и додатним притиском на траку, без повећања затезања траке. Вучна способност погона се може повећати са помоћним ваљком (слика 3.40.г), који под дејством опруге врши притисак на главну траку нормалном силом K у силазној тачки радне траке са добоша. Постоји и погон са помоћном траком (слика 3.40.д) која врши притисак на радну траку и добош на целом обухватном углу.



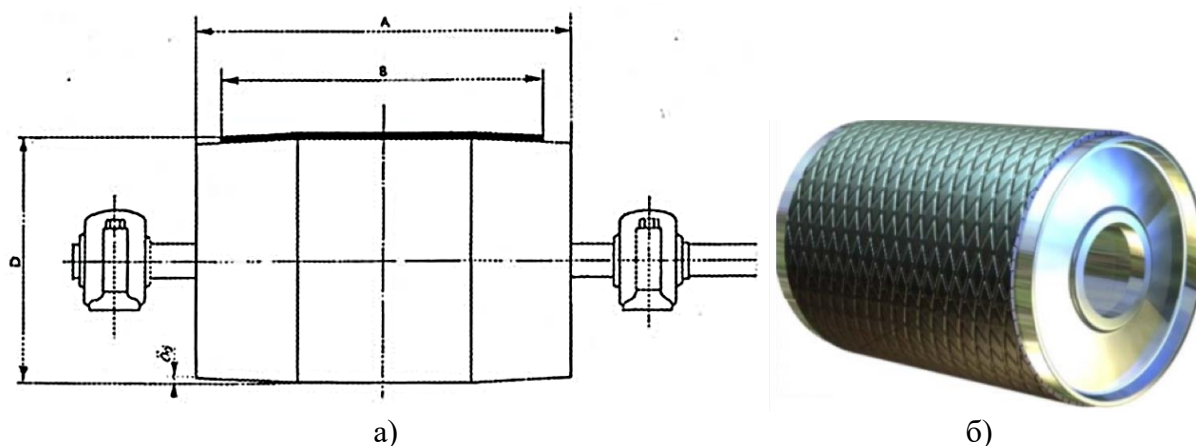
Слика 3.40 Системи погона [9]

Правилан избор погонског система је од велике важности јер умањује напрезање траке и отпоре кретању, а повећава сигурност од проклизавања. На овај начин се повећава могућност преноса снаге погонским добошем, односно смањење затезања траке (случај а, б и в) чиме се продужава њен век трајања и смањење броја вучних слојева, односно примену јефтиније траке. Погодан положај погонског добоша је на предњем (чеоном) делу транспортера, односно да буде на вишој страни. Код транспортера са већим углом нагиба, хоризонталних транспортера или при транспорту материјала наниже са малим углом нагиба погонски механизам треба поставити на предњи део транспортера [9,20]

3.4.1.1 Погонски добош

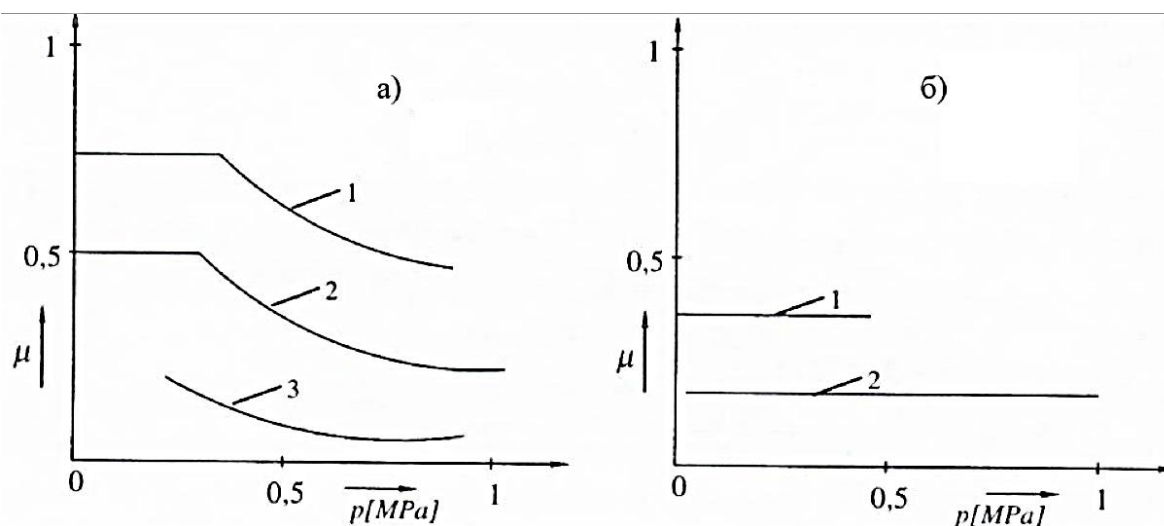
Погонски добош (слика 3.41.а) се израђује ливењем (од сивог или челичног лива) за веће серије или од лима савијањем и заваривањем. Он, као основни елемент погонске станице, преноси вучну силу на траку путем трења. Величина коефицијента трења између добоша и гумене траке, зависно од стања површине (сува или мокра) износи

$\mu=0,15\div0,35$. Он се знатно може повећати ако се површина бубња обложи слојем гуме или дрвета. Ефикасност примене облоге се знатно смањује ако се овлажи или испрља. Због тога је боље решење примена гумених облога са жљебовима (слика 3.42.б) јер поседују делимично способност самочишћења од блата и цеђења воде кроз урезане жљебове. Учвршћивање облоге се најчешће врши хладним лепљењем, али је најбољи начин учвршћивања топлотом вулканизацијом која је могућа само у добро опремљеним фабрикама. Дебљина гуме која се облаже око добоша је обично дебљине од 8 до 10 mm [9, 20].



Слика 3.42 Погонски добош: а) основни параметри (A - дужина добоша; D - пречник добоша; δ_d - испупчење добоша; B - ширина траке), б) са гуменом облогом са жљебовима [9, 11]

Зависност коефицијента трења и оствареног површинског притиска траке на добош је дата на слици 3.43. Код добоша са глатком површином вредност коефицијента трења је константна независно од величине површинског притиска. Међутим, код добоша који је обложен гумом, након неког времена коефицијент трења опада са порастом притиска. Трење такође зависи и од брзине траке, па са повећањем брзине коефицијент трења опада, јер током рада долази до трошења површина, те оне постају веома глатке [3].



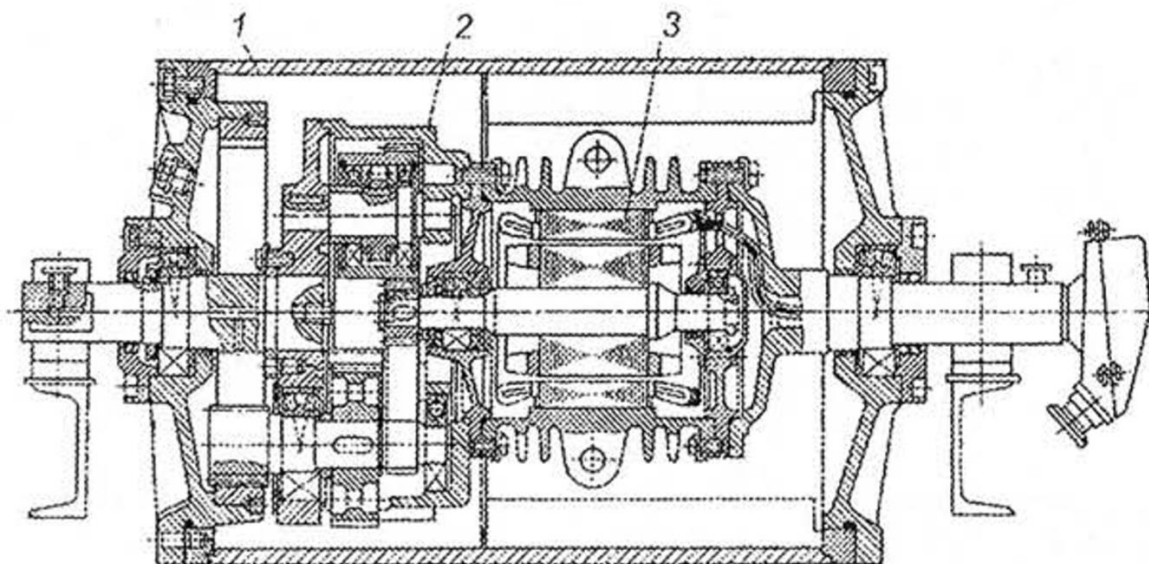
Слика 3.43 Зависност коефицијента трења и оствареног притиска траке на добош: 1 – сув, 2 – мокар, 3 – блатљав: а) добош обложен гумом; б) глатка површина добоша [3]

Дужина добоша зависи од ширине траке, као и од материјала траке. За гумене траке се дужина добоша у зависности од ширине траке може усвојити према табели 3.8 [9].

Табела 3.8. Дужина добоша у зависности од ширине траке [9]

Ширина траке B (mm)	Дужина добоша A (mm)
$300 \div 650$	$B + 100$
$800 \div 1000$	$B + 150$
$1000 \div 2000$	$B + 200$
$2500 \div 3000$	$B + 300$

Код погона мањих снага и покретних транспортера, као и онда када нема довољно простора за уградњу, могу се применити електродобоши компактне конструкције (слика 3.44). Код њих се унутар добоша (1) налазе електромотор (3) са редуктором (2) [9, 10].

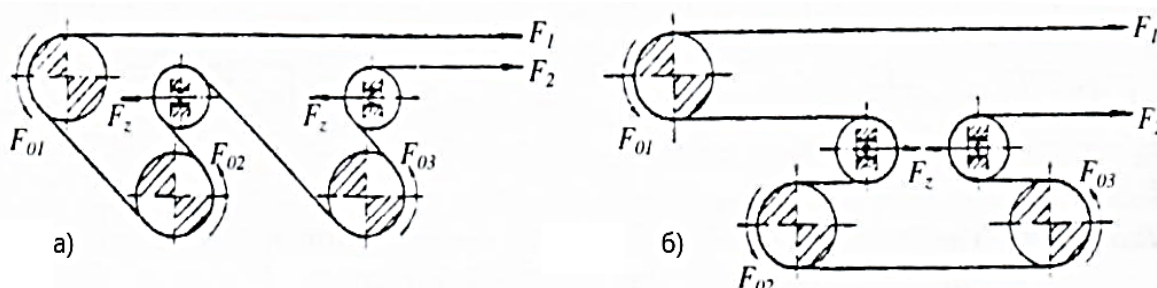


Слика 3.44 Електродобош [9]

Захтеви за транспортовањем великих количина материјала у јединици времена и великим дужинама транспортних трака (површински копови), довели су до конструкције транспортера са два или више погонска добоша. Предност примене више погонских добоша је код ограничених снага мотора, па се применом више мотора постиже неопходна снага. Поред тога, применом више погонских добоша се повећава обухватни угао (слика 47,в) и тиме се смањује потреба за јаким затезањем траке. Равномерним искоришћењем расположивог обухватног угла на свим добошима може се смањити максимална сила у траци. У пракси се тежи примени једнаких погонских јединица не само у оквиру једног транспортера, већ и целог транспортног система. Зависно од потреба, један добош се може покретати и са два паралелна погонска система. Међутим, примена већег броја погонских станица носи са собом и одговарајући степен неискоришћености њихове стварне способности преноса. Поред тога, недостатак може да буде и појава нових савијања траке. Мотори су различито оптерећени па због разлике силе у траци може доћи до повремених проклизавања. То може бити и последица фабричке неједнакости (толеранције) пречника више погонских добоша, али и због

евентуалних наслага залепљеног материјала који се транспортује. Због тога може настати преоптерећење појединих мотора, а да други буду недовољно оптерећени.

Постоје и решења са три погонска добоша (слика 3.45) и она се користе код транспортера великих дужина. Ако се погонски добоши поставе напред, онда се може добити веома велике вучне силе у траци. Најбоље решење би било са два погона напред и једним назад, при чему задњи погон треба да изједначи отпоре на повратном делу траке. Број погонских станица и утврђивање њиховог положаја се бира тако да се добије што мања сила у траци у тачкама наилаaska на погонске добоше [3].



Слика 3.45 Примена погонске станице са три добоша: а) обухватни угао 495° ; б) 540° [3]

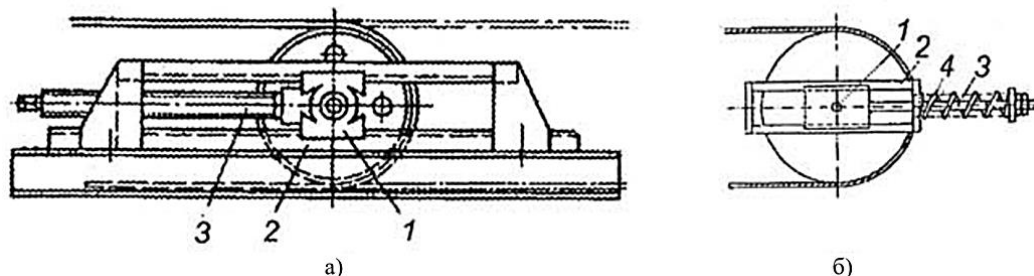
Код свих вишедобошких погона јавља се значајан проблем синхронизације рада и прерасподеле снаге између погонских добоша [3,19].

3.4.2 Затезни уређаји

Сврха затезног уређаја је да омогући стварање потребне силе трења између траке и погонског добоша као и да спречи стварање већег угиба траке између ослоних ваљака, односно да изврши затезање траке. Затезни добош је по својој конструкцији сличан погонском добошу, а његов пречник је нешто мањи од погонског $D_z = (0.8 \div 1.0)D$. Овај уређај се састоји из затезног добоша који је покретан дуж вођица и затезног механизма. Затезање се може извршити помоћу тега, затезног вретена или опруге. Стално и једнако затезање траке, без обзира на истезање траке или оптерећења од терета, може се постићи аутоматским затезањем помоћу тега, а донекле и помоћу опруге. Место постављања затезног уређаја и начин затезања траке зависи пре свега од дужине транспортера и расположивог простора за смештај елемената уређаја за затезање, а најповољније је место где је најмања сила затезања у траци. Најмања сила затезања је обично у силазној тачки на погонском добошу. Уређаји са завојним вретеном, опругом и колицима се постављају на место где трака из нерадног прелази у радни део, односно код повратног добоша, док се урађај са вертикалним тегом поставља одмах иза погонског добоша.

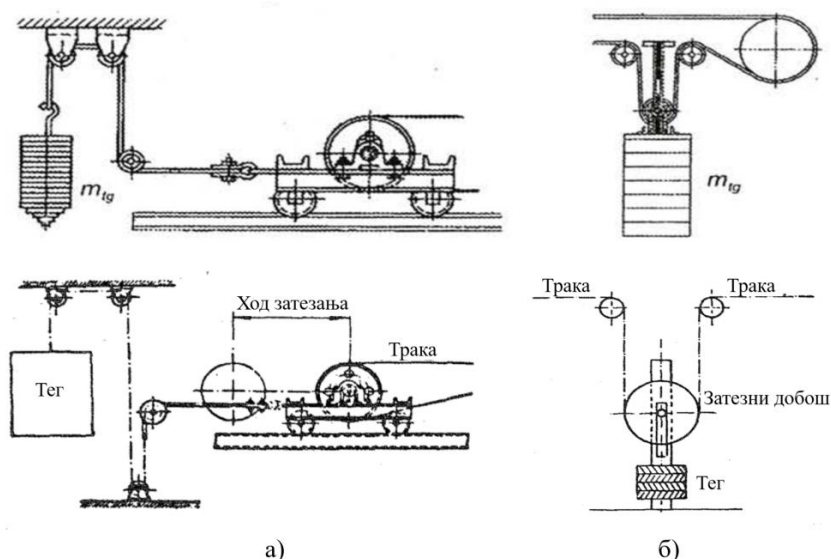
Најједноставнији затезни уређај је са завојним вретеном (слика 3.46.а). Овај уређај је веома компактан и поставља се код повратног добоша, при чему је затезни добош уједно и повратни. Сила затезања у траци се остварује окретањем завртња (3), најчешће ручним путем, при чему долази до померања лежачега добоша (1) између вођица (2). Неравномерности које се јављају у току пуњења и пражњења додатно оптерећују траку изазивајући њено повећано затезање, што представља једну од основних мана овог уређаја. Опадање силе у траци због њеног издужења може довести до проклизавања траке по погонском добошу, тако да се мора често контролисати и по потреби дотезати. Поред тога, ови уређаји имају мали ход, па се због тога примењују код

краћих транспортера и тамо где је честа промена температуре и влажности. Мало боље особине овог уређаја се добијају када се примени опруга (слика 3.46.б) између навојног вретена и носача вођице затезног добоша. Примена опруге (4) за затезање уместо ручног вретена омогућава аутоматски једнако затезање траке [9,10,19].



Слика 3.46 Затезни уређаји са: а) завојним вретеном; б) опругом [9]

Поред наведених уређаја, примењују се и уређаји са тегом. Ови уређаји су по конструкцији сложенији од уређаја са завојним вретеном и опругом, али пружају могућност аутоматске регулације затезања траке. Код затезних уређаја са хоризонталним колицима на којима лежи затезни добош (слика 3.47.а), тег се веша на затезно уже које се обавија око неколико скретних котура. Ови уређаји се примењују за транспортере дужине од 50 до 100 метара и постављају се обично на крај транспортера тако да је затезни добош уједно и повратни. Мана им је што захтевају више простора у хоризонталној равни. Предност уређаја са вертикалним затезањем (слика 3.47.б) је да се као затезни терет осим тега појављује и затезни добош, а сила затезања је увек једнака. Поред тога, добра страна је и да се овакав уређај може сместити близу погонске станице, на силазној грани, и на тај начин боље подесити сила затезања. Ови уређаји се примењују код транспортера чија дужина прелази 80 метара, као и када нема простора у хоризонталном правцу. Предности уређаја са тегом су константно затезање траке, али је основни недостатак велика тежина тега и величина конструкције [9,10,19].



Слика 3.47 Затезни уређаји: а) са колицима и тегом; б) са тегом [9,10]

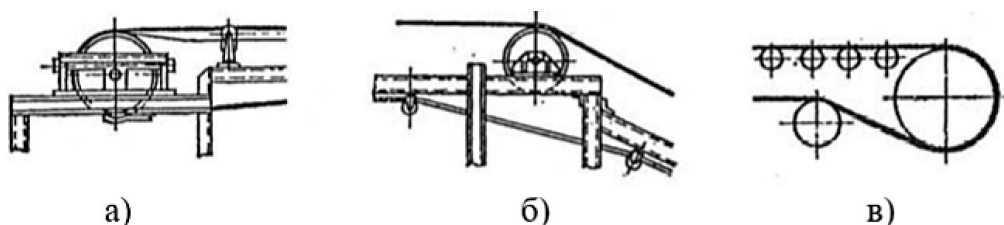
У случају недовољног затезања траке транспортер или неће радити или ће ход траке бити неравномеран, док се код превеликог затезања повећава потрошња енергије и убрзава хабање делова транспортера. Због тога је веома битно прецизно одредити затезну силу. Ход затезног добоша при затезању може да буде до 400 mm код

транспортера дужине 125 m, а код кратких транспортера дужине до 20 m ход транспортера је у границама од 1 до 1,5% од укупне дужине траке.

3.4.3 Отклони и превојни уређаји

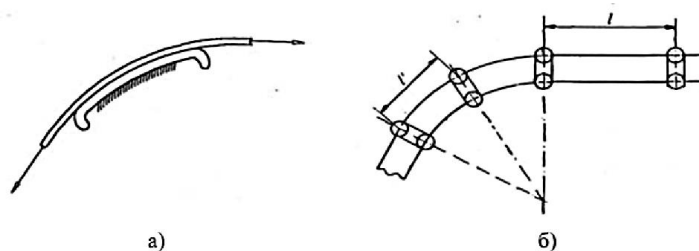
Промена правца кретања траке се врши превојним и отклоним добошима. Превојни добош који обезбеђује промену правца траке за 180° се назива повратним добошем (слика 3.48.а) и он преусмерава траку на повратну страну. Превојни добош (слика 3.48.б) се користи за промену правца кретања, али само код равних трака. Отклони добош (слика 3.48.в) служи за повећање обухватног угла код погонског добоша. Пречници ових добоша се одређују у зависности од пречника погонског добоша:

- пречник повратног добоша: $(0,8 \div 1,0)D$
- пречник превојног и отклоног добоша: $0,65D$

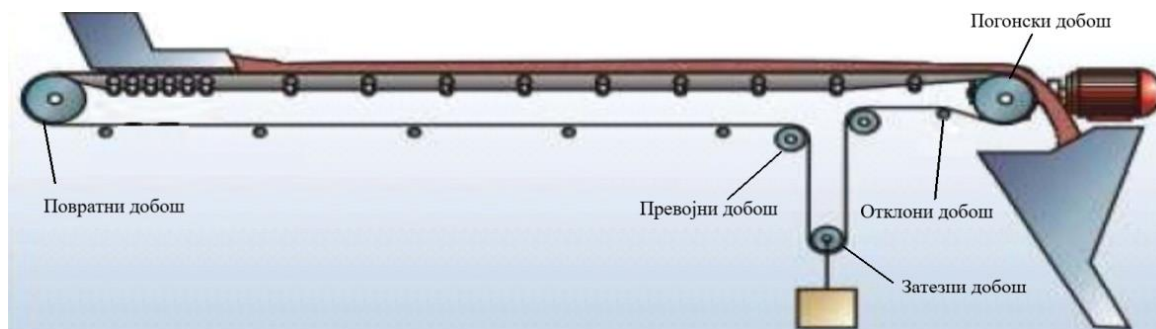


Слика 3.48 Промена правца траке: а) повратни; б) превојни и в) отклони добош [9]

Уместо превојних добоша могу се применити и лучни клизачи (1) (слика 3.49.а) преко којих клизи трака (2). Код трака са коритастиим профилем се прелаз из косог у хоризонтални правац остварује преко већег броја носећих ваљака (батерије ваљака), чије је међусобно растојање дупло мање него између ваљака на правом делу траке (слика 3.49.б) [9,12].



Слика 3.49 Прелазак из косог у хоризонтални правац: а) лучним клизачем; б) батеријом ваљака
На слици 3.50 је приказан положај свих добоша.

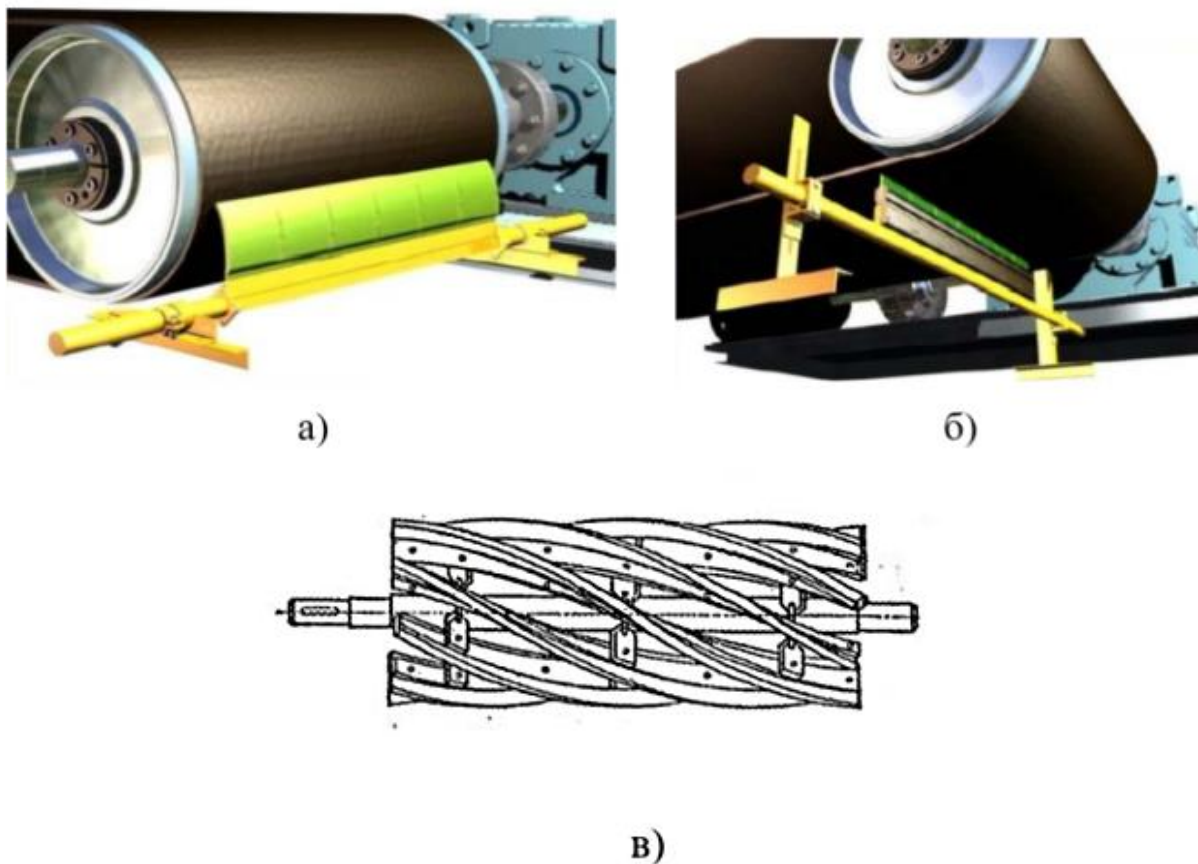


Слика 3.50 Положаји добоша [11]

3.5 Уређаји за чишћење траке

С обзиром да се тракастим транспортерима врши транспорт материјала различитих особина то у току транспорта постоји опасност од стварања наслага прљавштине на траци која са собом носи низ неповољних утицаја на правилан рад транспортера. Са траке се та нечистоћа преноси на ваљке и добоше преко којих трака прелази, тако да они у свом попречном пресеку престају да буду круг чиме долази до разлике у брзини и неједнакости силе у попречном пресеку траке. То важи како за спољну тако и за унутрашњу страну траке. Да би се спречило скупљање тих наслага, трака након истовара материјала прелази преко чистача. У највећем броју случајева чишћење траке се врши са уређајима који имају стругаче или четке. Уређаји за чишћење треба да имају једноставну конструкцију, сигуран рад, дужи радни век, да што мање хабају траку, да се на њих не лепи материјал и да што потпуније чисте траку. Њихов смер кретања је супротан смеру кретања траке.

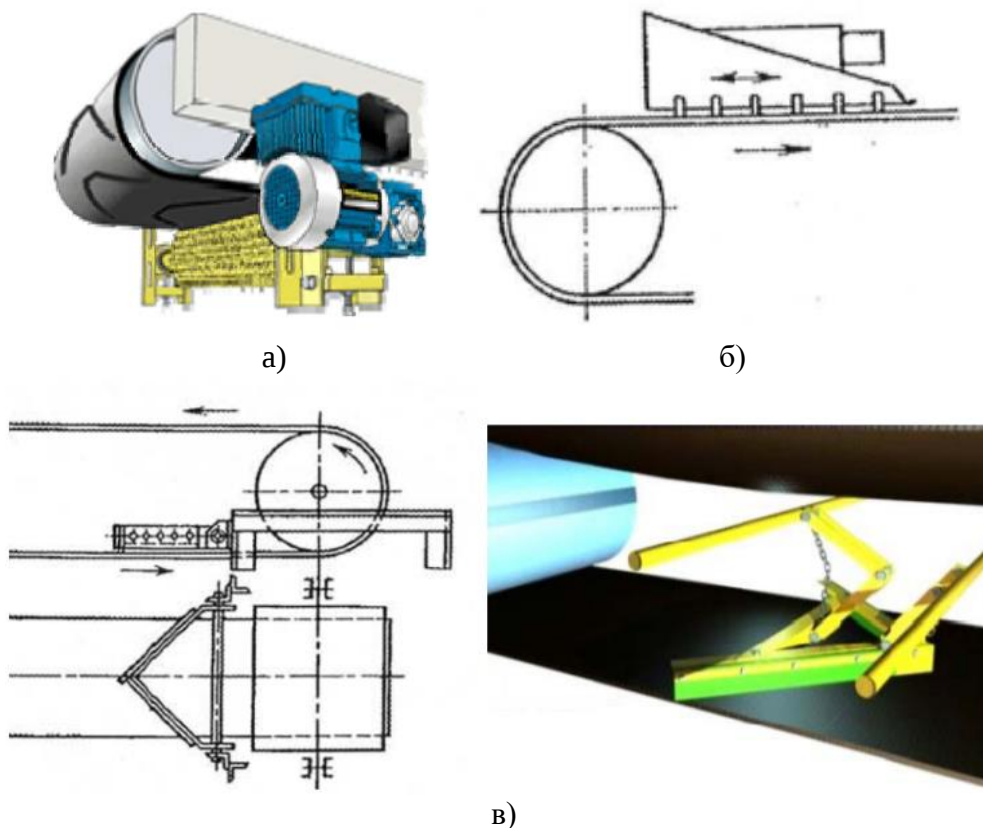
Непосредно испод места истовара поред погонског бубња, налази се пред-чистач (примарни). Састоји се од неколико делова који се могу померати независно један од другог, чиме се постиже максимална флексибилност (слика 3.51.а). Уређаји са секундарним стругачем, (слика 3.50.б) се постављају на места иза истовара, испод погонског добоша, и примењују се код транспортера код којих је брзина траке до 2,5 m/s. Сила притиска стругача на траку по њеној дужини се креће у границама од 1 до 2 N/cm.



Слика 3.50 Чистачи траке: а) примарни стругач; б) секундарни; в) завојни стругач [9,11]

Боље чишћење се остварује применом стругачима завојног типа (слика 3.50.в) или обртних четки (слика 3.51.а). Пречник четке се креће у границама од 300 до 500 mm, а

учестаност обртања од 200 до 700 min⁻¹. Елементи уређаја за чишћење траке се израђују од гуме, пластике или од нерђајућег челика.



Слика 3.51 Чистачи: а) са четком; б) V- плужни; в) вибрациони чистач [5,9,11]

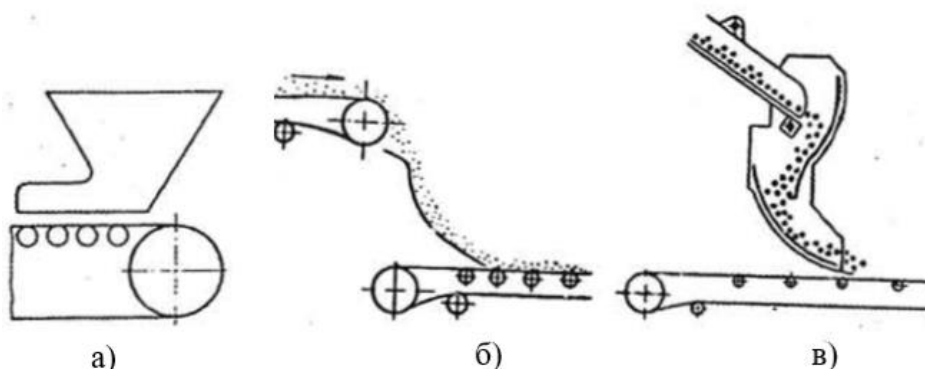
До прљања траке често може доћи и са унутрашње стране, због чега може доћи до проклизавања траке. У таквим случајевима се уграђују уређаји за чишћење траке са унутрашње стране, такозвани V-плужни чистачи (слика 3.51.в) и они се постављају испред крајњег добоша са унутрашње стране траке која наилази на повратни добош. Све већу примену налазе вибрациони стругачи (слика 3.51.б) јер имају већи ефекат чишћења и мање трошење стругача. Амплитуда осциловања ових стругача је од 1,5 до 3 mm. Код материјала са израженим лепљивим својствима (блато, влажна глина) који се тешко скидају са траке са времена на време се чишћење траке врши млазом воде [9,11,15].

3.6 Уређаји за утовар и истовар материјала

Ако се пуњење и пражњење транспортера врши одговарајућим уређајима постиже се повећање ефикасности рада. Конструкција ових уређаја зависи од врсте терета, као и од функционалне улоге транспортера. Уређај за утовар материјала је скоро неопходни саставни део транспортера. Само у неким случајевима претовара коадног терета се терет ставља на траку без утоварног уређаја, док претовар напсиног материјала захтева одговарајући уређај за утовар. Уређај за истовар се примењује када се терет избацује са траке пре добоша или као заштита од распршивања материјала. Применом уређаја за утовар и истовар материјала се постиже оптимално дозирање материјала по ширини и дужини траке, при чему се и трака оптерећује континуално, што продужава њен век трајања [9,10].

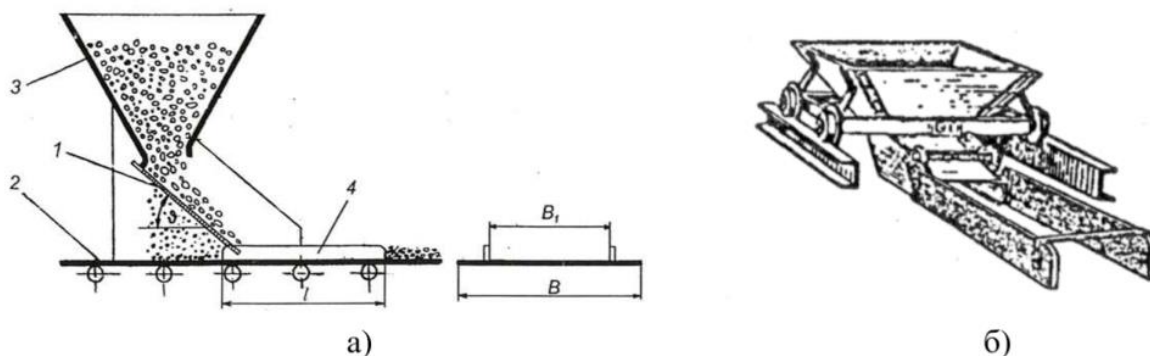
3.6.1 Уређаји за утовар материјала

Већина транспортера ради под нагибом па при пријему материјала може доћи до његовог кретања под дејством земљине теже. Пад материјала на траку не може бити прецизан па може доћи до расипања материјала падањем на страну. Да би се све то спречило, на месту утовара материјала се поставља утоварни уређај (слика 3.52), тако да се материјал пре додира транспортне траке задржи, не пада на траку са висине, и при томе се проток материјала правилно усмерава и одржава приближно константним. Својим обликом усмеравају кретање материјала на траку тако да брзина наиласка материјала буде приближно иста брзини траке и при томе се смањује и хабање траке јер не долази до клизања материјала по траци. Утовар материјала се може остварити у било којој тачки деонице, али се по правилу обавља у близини повратног добоша. Уређаји се могу израдити у облику левка или олука (при претовару материјала).



Слика 3.52 Уређаји за утовар материјала у облику: а) левка; б и в) олука [9]

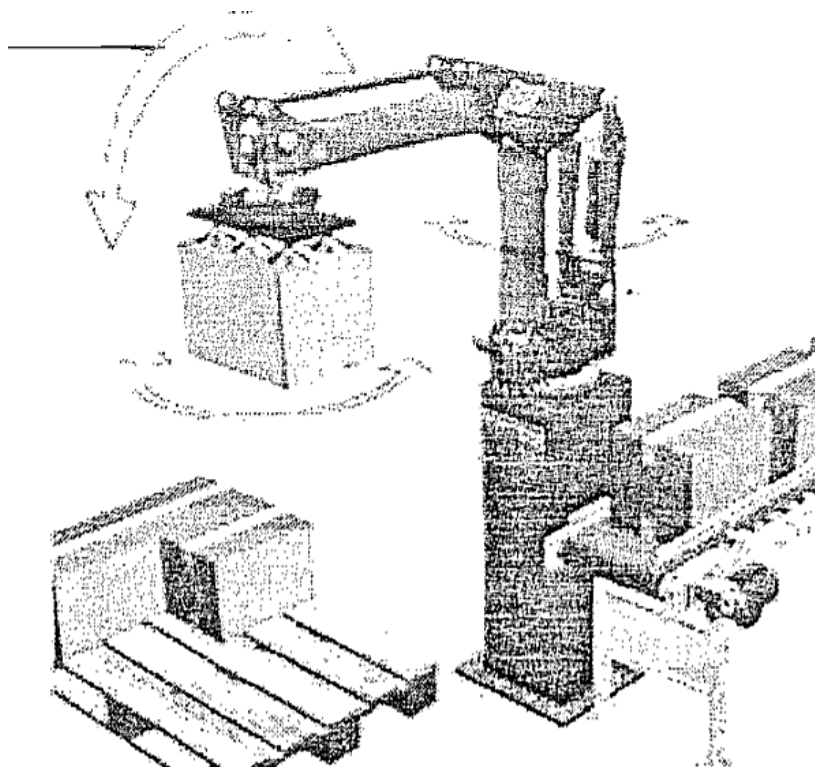
Дно левка представља комад лима који је искошен да би се материјал правилно поставио по ширини и дужини траке. При утовару крупнокомадних материјала (угаљ, туцаник, камена дробина, руда и слично) нагнуто дно (1) левка (3) је решеткасто, тако да се пропушта прво ситан материјал, при чему се образује заштитни слој на траци (2) на који падају крупнији комади који нису могли да прођу кроз отворе решетке (слика 3.53.а). Тиме се штити трака од оштећења. Крај уређаја је изведен у облику олука (4) висине до 150 mm. Доњи крајеви олука се завршавају лајснама од тврде гуме како би се спречио контакт челичне конструкције уређаја и гумене траке. Уређај се израђује од челичног лима и странице су нагнуте према хоризонталу за угао који је за $5 \div 10^\circ$ већи од угла трења материјала о страницу [3,16].



Слика 3.53 Уређај за утовар материјала: а) са решетком; б) покретни [16]

Као што је већ речено, да би се спречило оштећење траке при утовару са комадним теретима, у зони пуњења се постављају амортизијући ваљци или носећи ваљци са

еластичним ослонцима. Ако се у току рада место пријема мења повремено уздуж транспортера, пријемни кош може бити покретан (слика 3.53.б). Ово се постиже тако што се левак поставља на тачкове који се ослањају на носећу конструкцију транспортера. Покретни кош може имати сопствени погон код веома дугачких транспортера (површински копови) или да буде лако преносивих код краћих транспортера. Код оваквих уређаја је потребно да постоји кочница тачкова или хватачи за шину којим се уређај фиксира на одређеном месту. Код аутоматизованог транспортера за утовар коадног терета се све чешће користе манипулатори и роботи (слика 3.54) [9,19].



Слика 3.54 Аутоматизован утовар [19]

Уређаји за утовар треба да обезбеде равномеран и непрекидан слој материјала на траци који одговара капацитету, да би искоришћење транспортера било што повољније. У складу са тим треба и изабрати димензије уређаја за утовар [19].

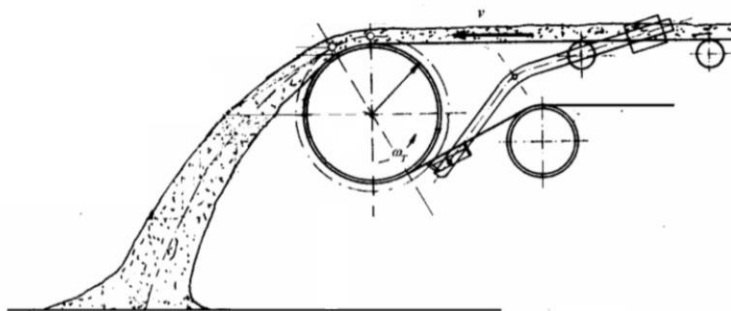
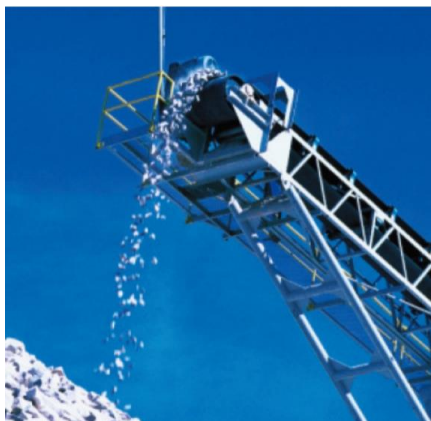
3.6.2 Уређаји за истовар материјала

Скидање материјала са траке се остварује уређајима за пражњење. Пражњење се остварује преко:

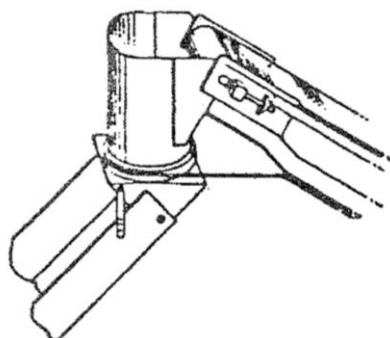
- крајњег добоша;
- плужних скидача и
- покретног уређаја са два добоша [9].

У највећем броју случајева се истовар материјала обавља на крају транспортера преко крајњег добоша. Међутим, ако је потребан истовар материјала на самој траси транспортера, за то се могу применити плужни скидачи.

Најједноставнији начин истовара је преко крајњег добоша (слика 3.55.а). При истовару абразивних материјала преко крајњег добоша, битно је да материјал при паду не клизи по траци, јер се тиме изазива појачано хабање траке. Терет треба да се одвоји од траке пре него што она стигне до тачке која је дефинисана углом клизања материјала. Ако је потребно усмеравање материјала, при истовару преко крајњег добоша, иза добоша се може поставити истоварна глава (слика 3.55.б) [20].



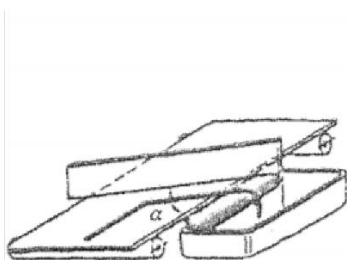
а)



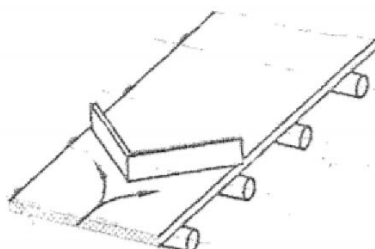
б)

Слика 3.55. Истовар преко: а) крајњег добоша; б) истоварна глава [5,20]

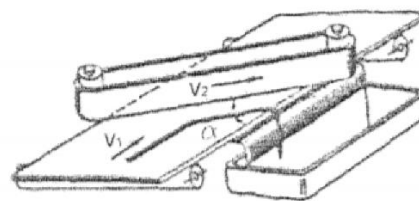
Скидачи због своје једноставности, компактности и мале масе имају веома широку примену. Примењују се код мањих транспортера са равном траком. Они могу бити стационарни и покретни, а према конструкцији се деле на једностране (слика 3.56,а) и двостране (слика 3.56,б).



а)



б)

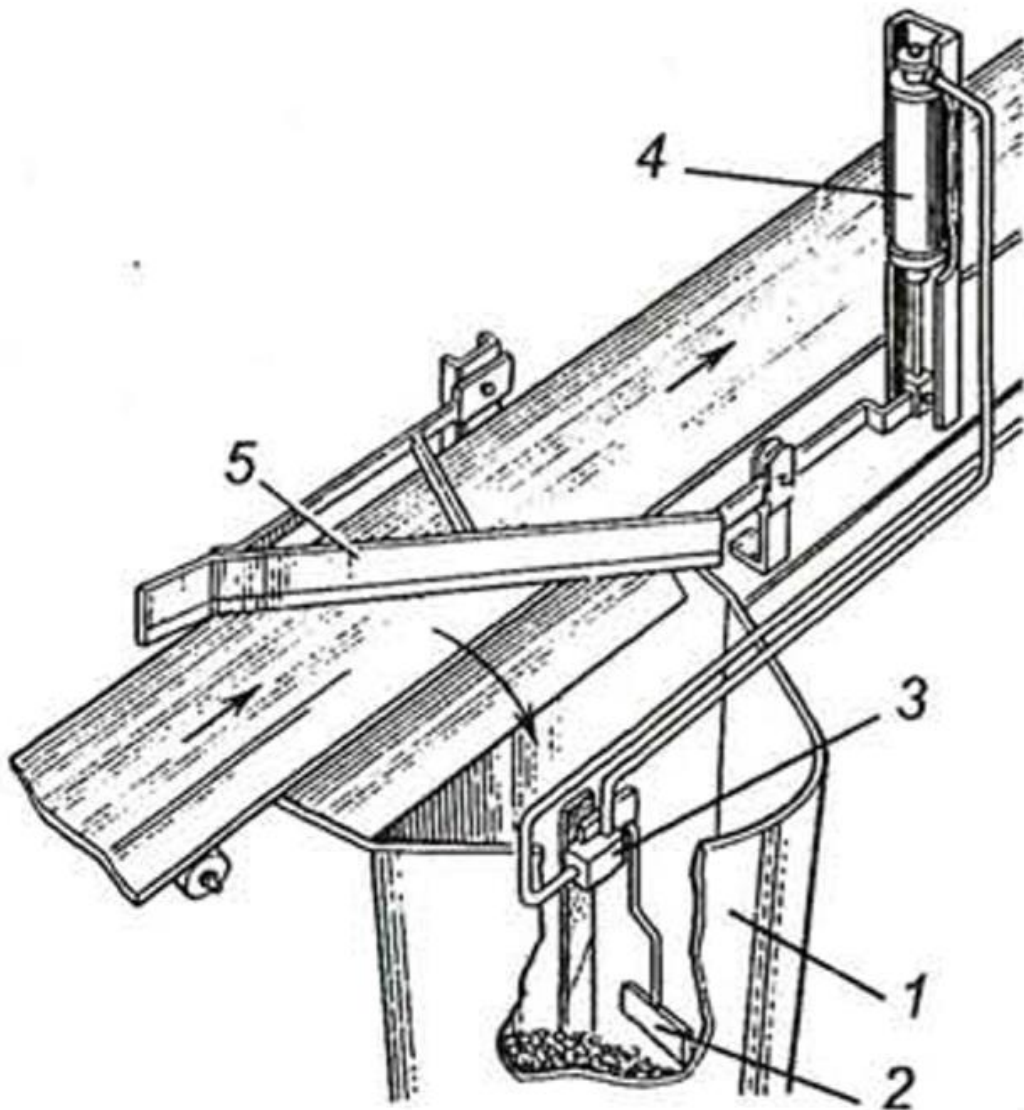


в)

Слика 3.56 Скидачи: а) једнострани, б) двострани; в) са покретном траком [19]

Основни елемент плужног скидача је плуг који је постављен под одређеним углом у односу на правац траке. Плуг се најчешће израђује од метала, пластике или дрвета. Да

би се спречила појава оштећења траке, доњи део плуга се завршава са гуменим улошком. Плуг је зглобно везан са рамом, тако да је могуће подизање плуга чиме се продужава транспортовање материјала даље. Подизање плуга се може извршити ручно или хидрауличним или пнеуматским цилиндром. Рад плужних скидача може бити и аутоматизован. Када се бункер (1) напуни до висине која је дефинисана полугом (2), онда се преко разводника (3) активира пнеуматски цилиндар (4), при чему извлачењем његове клипњаче долази до одизања плуга (5) од траке (слика 3.57).



Слика 3.57 Плужни скидач са аутоматским радом [9]

Мана ових истоварних уређаја је што изазивају релативно велико хабање траке и захтевају примену равних ваљака (равна трака) на месту истовара, а једносмерни плужни истоваривачи још имају и тенденцију бочног померања траке. Такође постоји и опасност од нагомилавања материјала испред плуга, па је због тога потребно одредити угао закошења плуга у односу на траку који се креће у границама од 30 до 50°. Због ових недостатака ови истоварни уређаји се примењују само при транспорту лаких неабразивних материјала са малим брзинама кретања (до 2 m/s). Ови уређаји могу бити смештени на колица чиме се може мењати место истовара. Ради побољшања карактеристика, посебно за истовар коадне робе, примењују се специјални истоваривачи са покретном траком (слика 3.56,в) [9,20].

За истовар комадних терета са траке се могу користити и решења као што су бочни потискивач (слика 3.58.а), мануелни истовар (слика 3.58.б) или батерија ваљака која се поставља под одређеним углом у односу на смер кретања траке (слика 3.58.в) [5]



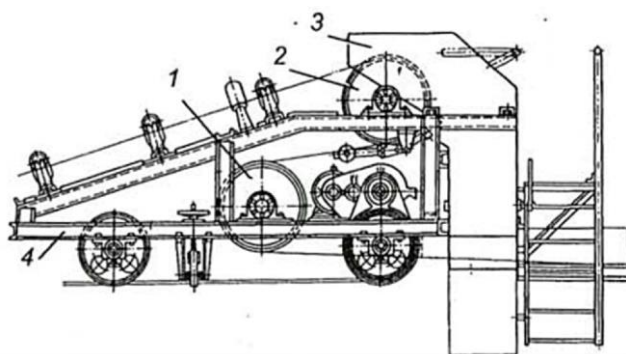
а)

б)

в)

Слика 3.58 Истовар комадних терета: а) бочним потискивачем, б) мануелно, в) батеријом ваљака [5]

Најрационалнији истоварни уређај је уређај са два добоша (слика 3.59) који се налази на колицима, тако да се може померати дуж транспортера. Састоји се од два добоша (1 и 2) који се налазе један испод другог, тако да скрећу траку у облику слова „S“. Тиме се омогућава избацивање материјала са горњег добоша (2) у истоварни левак (3). Добош и левак се налазе на конструкцији (4) која је преко точкова ослоњена на шине дуж истоварне зоне. На месту истовара је потребно фиксирати уређај, а то се може постићи применом хватача шина или кочница. Уређаји могу бити са сопственим погоном или без њега, а материјал се може истоварати са једне или са обе стране [5,9].

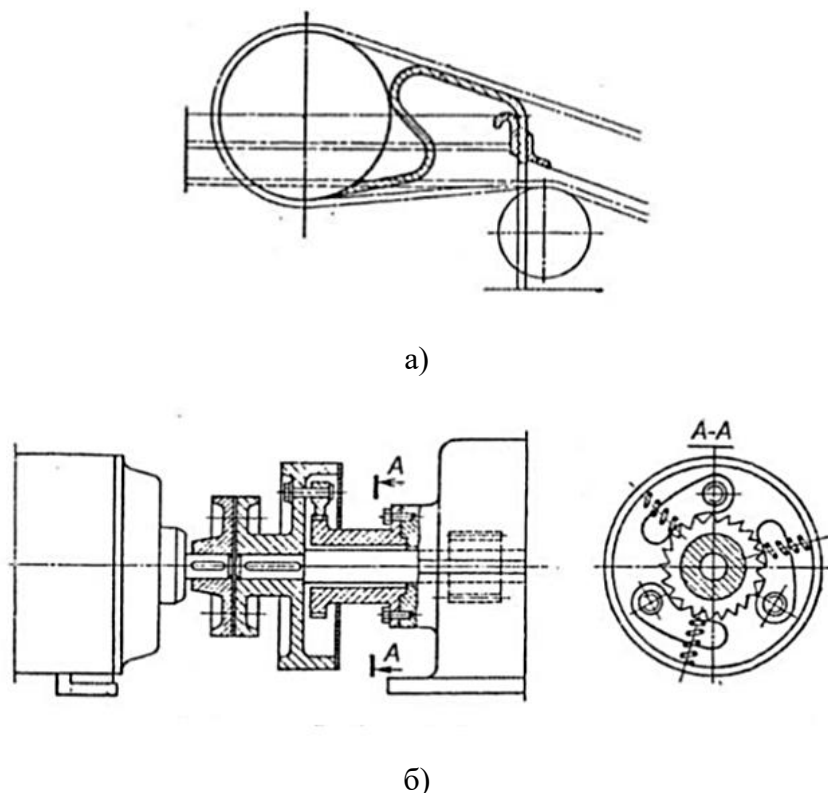


Слика 3.59 Уређај са два добоша [5,9]

Овај уређај је скупљи и сложеније конструкције, али је по начину рада бољи од скидача. Поред тога је за савладавање отпора услед савијања траке и трења у лежајима добоша потребан добар део снаге погонског уређаја. Такође је потребно и да конструкција транспортера буде висине од око два метра [10].

3.7. Сигурносни уређаји

С обзиром да се транспорт обавља и под нагибом, због могућих појава отказа у току рада транспортера, потребно је да се у механизам за погон уграде и сигурносни уређаји. Њихов задатак је да спрече кретање траке у супротном смеру или да омогуће контролисано кретање траке при транспорту низ нагиб. Појава кретања траке у супротном смеру или убрзаног кретања низ нагиб зависи од разлике компонената силе тежине материјала паралелне са траком и силе отпора кретању траке.



Слика 3.60. Сигурносни уређаји: а) устављач са траком; б) зупчасти устављач [9]

Када се транспорт материјала обавља низ нагиб, под таквим углом да је компонента силе тежине материјала у правцу пада већа од силе отпора кретању траке, може доћи до убрзаног кретања траке. Када се транспорт обавља уз нагиб, постоји опасност од изненадног престанка рада транспортера (нпр. услед нестанка струје), при чему услед дејства тежине материјала у правцу пада, може доћи до кретања траке у супротном смеру. Као сигурносни уређаји се могу применити: кочнице, устављачи са траком (слика 3.60.а) и зупчасти устављачи (слика 3.60.б). Кочнице служе за заустављање рада транспортера или регулисање брзине кретања. Кочнице се постављају иза погонског уређаја и могу се применити тракасте или кочнице са папучама. Зупчасти устављачи се уграђују између погонског мотора и редуктора. Устављачи са траком се уграђују код погонског добоша, на силазној грани траке, тако да услед своје еластичности или постављањем додатне опруге има сталну тенденцију увлачења између радне траке и добоша. При раду транспортера смер обртања је такав да трака и добош стално добијају устављач. Међутим, након искључења погона трака са транспортованим материјалом има тенденцију да крене у супротном смеру што доводи до увлачења устављача са траком између добоша и траке и тиме зауставља даље кретање [9,19].

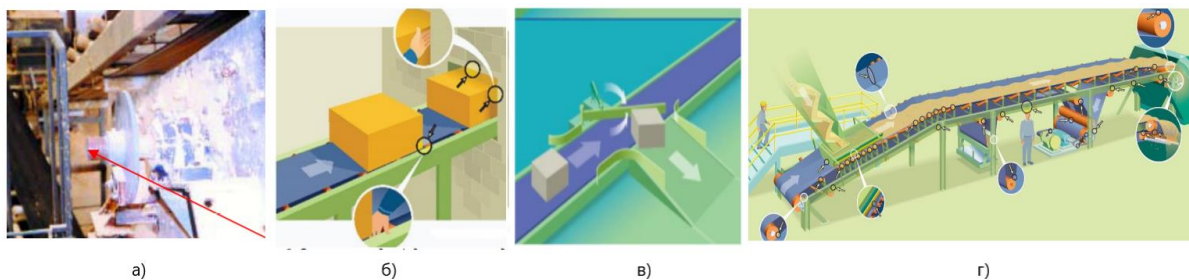
3.8 Безбедносне мере при раду са тракастим транспортерима

Тракасти транспортери су један од најефикаснијих начина транспорта, међутим могу бити и најопаснији сегмент у свом окружењу ако се не примењују одговарајуће безбедносне мере. Транспортери могу бити опасни по руковаоце или било кога другог ко се нађе у њиховој близини. Сваке године, због физичког контакта са покретним елементима транспортера радници се повређују или гину због несрећа на транспортерима. Због тога посебно треба обратити пажњу на основне безбедносне мере које су приказане на слици 3.61.



Слика 3.61 Основне безбедносне мере [7]

Основне опасности при раду са транспортерима могу се сврстати у неколико категорија и то: опасности од покретних елемената погонских механизма транспортера (на пример ако је вратило истурено, може доћи до уматавања дела одеће или косе, слика 3.62.а), опасности од појединачних комадних терета и непокретних објеката (слика 3.62.б), опасности од покретних подскопова транспортера (слика 3.62.в) и механичке опасност (слика 3.62.г).



Слика 3.62 Основне опасности при раду [7]

Основни циљ, како је претходно наведено, код пројектовања сваког елемента транспортера је да се избегне појава опасности. У пракси то значи да се при пројектовању елемената транспортера морају максимално избегавати оштре ивице, врхови и истурене површине, смицајне тачке и површине, компликоване (замршене) тачке, ограничити кинетичку енергију (брзину и масу), а све активности, односно елементи у којима је неопходно ангажовање човека морају бити димензионисани према ергономским принципима. Повећање безбедности при раду са транспортерима може се постићи и: аутоматским утоварним и истоварним уређајима, руковањем и управљањем елементима

транспортера са даљине, коришћењем јасног и недвосмисленог оперативног концепта, као и јасним означавањем команди.

Неки од безбедносних уређаја су: тастер за хитно искључење (слика 3.63.а), разни типови заштитне мреже (баријерна, слика 3.63.б или заштитна мрежа у окружењу опасног места, слика 3.63.в), обавештења, као и Lock-Out / Tag-Out процедура (слика 3.63.г).



а)

б)



в)



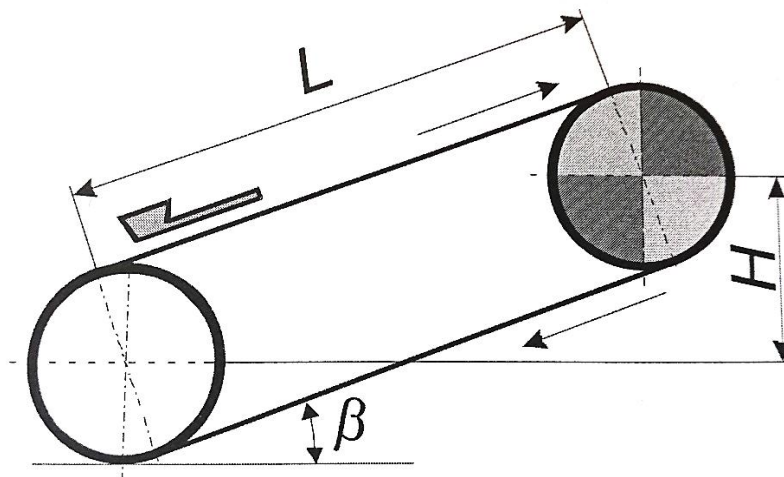
г)

Слика 3.63 Безбедносни уређаји [7]

Тастер за хитно искључење је обавезан за тракасте транспортере којима се може приступити. Мора да буде црвене боје, испупчен и лако уочљив и приступачан. Заштитне мреже представљају елементе који се постављају на одређено место трајно (заварена веза) или су везане завртањским везама које могу бити уклоњене уз помоћ одговарајућег алата. Оне могу штитити само појединачне делове транспортера, или цео транспортер, Обавештења такође представљају један вид заштите. Служе да, како кориснику, тако и случајном пролазнику скрену пажњу на присуство потенцијалних опасности. Lock-Out / Tag-Out процедура представља примену физичког закључавања и спречавања приступа свих извора енергије на уређајима, након искључења исте. То се користи када се врши сервис или рад на одржавању уређаја, како би се заштитили радници који могу да буду изложени опасности. На овај начин је извор енергије искључен, а на њему се налази јасна ознака која упозорава друге запослене који се нађу у окружењу [7].

4. Прорачун тракастог транспортера за транспорт угља

Потребно је одредити главне параметре тракастог транспортера за транспорт угља, капацитета $Q = 250 \text{ t/h}$. Дужина деонице је $L = 70 \text{ m}$, под нагибом $\beta = 10^\circ$. Шематски приказ тракастог транспортера је дат на слици 68.



Слика 4.1 Шема тракастог транспортера

4.2 Приближна метода

У складу са методологијом прорачуна наведеној у [22] из таблице Т.1.3. за угљ-комадни, усвајају се следећи параметри (табела 4.1):

- Насипна густина: $\rho = 0.6 \div 0.8 = 0.8 \text{ t/m}^3$,
- Угао природног пада:
 - у миру: $\varphi_1 = 35 - 40^\circ$,
 - при кретању: $\varphi_2 = 25^\circ$,
 - при раду: $\varphi_3 = 15^\circ$.

Димензија карактеристичног комада a' се бира из таблице Т.1.1 [22] (табела 4.2):

- Комадни, средње крупни: $60 < a' \leq 160$. Усваја се $a' = 110 \text{ mm}$.

Висина дизања материјала H је једнака:

$$\sin \beta = \frac{H}{L} \Rightarrow H = L \cdot \sin \beta = 70 \cdot \sin 10^\circ = 12.15 \text{ m} \quad (1)$$

Дужина хоризонталне пројекције транспортера L_h :

$$\cos \beta = \frac{L_h}{L} \Rightarrow L_h = L \cdot \cos \beta = 70 \cdot \cos 10^\circ = 68.94 \text{ m} \quad (2)$$

Табела 4.1 Вредности за насипну густину и углове природног пада [22]

Назив материјала	Насипна густина $\rho(t/m^2)$	Угао природног пада ϕ_1			Коефицијент трења материјала при мровању		Абразивност
		у миру ϕ_1	при кретању ϕ_2	при раду ϕ_3	по челику	по гуми	
Угаљ камени – комадни	0.6-0.8	35-40	25	15	0.42-0.6	0.5 3	В

Табела 4.2 Димензије карактеристичних комада [22]

Крупноћа		Димензије карактеристичног комада a' (mm)	Типични представници
Комадни	Средње крупни	$60 < a' \leq 160$	Камени угаљ

• Ширина траке

Под капацитетом се подразумева количина транспортованог материјала у јединици времена. Капацитет Q за транспорт насипних материјала континуалним током је дат изразом [22] :

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot v = 3,6 \cdot (A \cdot \rho) \cdot v = 3,6 \cdot (0,14 \cdot B^2 \cdot \rho) \cdot v \quad [t/h] \quad (3)$$

Усваја се облик траке – жлебни са три носећа ваљка и угао бочних ваљака $\alpha = 30^\circ$ (стр. 14). На основу тога, површина попречног пресека струје материјала се одређује према обрасцу [22] :

$$A \approx 0,14 \cdot B^2 \quad (4)$$

Пошто је потребно одредити ширину траке, израз (4) се може заменити у израз (3) и изразити ширина траке B :

$$B = \sqrt{\frac{Q}{3,6 \cdot 0,14 \cdot \rho \cdot v}} \quad [m] \quad (5)$$

Из таблице Т.2.7.а [22] усваја се брзина кретања v (табела 4.3) :

$$v = 1,6 \text{ m/s}$$

Табела 4.3 Брзина кретања траке у зависности од материјала и ширине траке [22]

Материјал	Брзина траке $v(\text{m/s})$ за ширину траке $B(\text{mm})$				
	400	500 и 650	800-1000	1200-1600	2000-3000
Неабразивни и малоабразивни који не мењају својство после дробљења (угаљ, со, песак)	1÷1.6	1.25÷2.0	1.6÷3.0	2.0÷4.0	5.0÷6.0

Из израза (5) следи да је ширина траке B једнака:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{3,6 \cdot 0,14 \cdot \rho \cdot v}} = \sqrt{\frac{250}{3,6 \cdot 0,14 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^3}} = 0,622 \text{ m} \quad (6)$$

Ширина траке се може одредити и према следећем изразу [22]:

$$B = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q}{v \cdot \rho \cdot k \cdot k_\beta}} + 0,05 \right) \text{ m} = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{250}{1,6 \cdot 0,8 \cdot 550 \cdot 1}} + 0,05 \right) = 0,710 \text{ m} \quad (7)$$

где је:

$k = 550$ – коефицијент који зависи од угла насипања материјала на траку (таблица Т.2.8 [22] за облик жлеба са три носећа ваљка, $\alpha = 30^\circ$ и $\varphi_3 = 15^\circ$),

$k_\beta = 1$ – коефицијент смањења капацитета (таблица Т.2.9 [22] за $\beta = 10^\circ$).

На основу израза (6) и (7), усваја се прва већа стандардна дужина траке: $B = 800 \text{ mm}$.

Прорачуната ширина траке мора бити већа од минималне ширине, која зависи од врсте транспортованог материјала [22]:

- за несортиране: $B \geq 2 \cdot a' + 200 = 2 \cdot 110 + 200$
 $800 \text{ mm} \geq 420 \text{ mm}$

- Дебљина траке

$$\delta = z \cdot \delta_v + \delta_z + \delta_r + \delta_n \text{ [mm]} \quad (8)$$

где су:

$z = 4$ – број вучних слојева - $\sigma_r = 150 \text{ N/mm}$ (таблица Т.2.3 [22]);

$\delta_v = 1,6 \text{ mm}$ – дебљина вучног слоја (таблица Т.2.4 [22]);

$\delta_z = 0 \text{ mm}$ – дебљина заштитног слоја;

$\delta_r = 4.5 \text{ mm}$ – дебљина облоге на радној страни траке (таблица Т.2.5 [22]);

$\delta_n = 2 \text{ mm}$ – дебљина облоге на нерадној страни траке (таблица Т.2.5 [22]).

Заменом усвојених вредности у израз (8) добија се дебљина траке:

$$\delta = 4 \cdot 1.6 + 0 + 4.5 + 2 = 12.9 \text{ mm}$$

- Погонска маса траке q_T дата је изразом (9) :

$$q_T = \rho \cdot B \cdot \delta \text{ [kg/m]} \quad (9)$$

где је:

$$\rho = 1100 \text{ kg/m}^3 \text{ – за гуму.}$$

Заменом вредности у израз (9) добија се вредност погонске масе траке:

$$q_T = 1100 \cdot 0.8 \cdot 0,0129 = 11.35 \text{ kg/m.}$$

- Погонска маса ротирајућих делова је дата таблицом Т.2.22 [22] у зависности од ширине траке (табела Т.4.4):

$$q_r^R = 18.4 \text{ kg/m} \quad ; \quad q_r^N = 7.8 \text{ kg/m}$$

Табела 4.4 Вредности за погонску масу ротирајућих делова [22]

Грана транспортера	Погонска маса ротирајућих делова q_r носећих ваљака при ширини траке $B(\text{mm})$
	800
Радна	18.4
Повратна	7.8

- Погонска маса материјала q_M је дата следећим изразом [22] :

$$q_M = A \cdot \rho = 0.14 \cdot B^2 \cdot \rho \text{ [kg/m]} \quad (10)$$

Заменом вредности у израз (11) добија се вредност погонске масе материјала:

$$q_M = 0.14 \cdot 0.8^2 \cdot 0.8 \cdot 10^3 = 71.68 \text{ kg/m}$$

- Приближна вредност вучне силе F'_o се одређује према следећем изразу [22] :

$$F'_o = [\omega \cdot L_h \cdot (q_M + q_{Tr}) + q_M \cdot H] \cdot g \cdot k_k + W_{PL} \text{ [N]} \quad (11)$$

где су:

$L_h = 68.94 \text{ m}$ – дужина хоризонталне пројекције транспортера;

$q_M = 71.68 \text{ kg/m}$ – погонска маса транспортованог материјала;

$q_{Tr} = q_{Tr}^R + q_{Tr}^N = 29.79 + 19.15 = 48.94 \text{ kg/m}$ – погонска маса покретних делова транспортера;

$q_{Tr}^R = q_T + q_r^R = 11.35 + 18.4 = 29.79 \text{ kg/m}$ – погонска маса покретних делова транспортера у радном делу;

$q_{Tr}^N = q_T + q_r^N = 11.35 + 7.8 = 19.15 \text{ kg/m}$ – погонска маса покретних делова транспортера у нерадном делу;

$\omega = 0,040$ – коефицијент отпора кретању траке преко носећих ваљака (таблица Т.2.28.а [22]);

$H = 12.15 \text{ m}$ – висина дизања материјала;

$k_k = 2,12$ – коефицијент геометријских и конструктивних карактеристика транспортера (таблица Т.2.32 [22]);

$W_{PL} = 0$ – отпор при плужном пражњењу материјала. У овом случају је једнак нули јер је пражњење преко крајњег добоша.

Заменом свих вредности у израз (11) добија се вредност вучне силе:

$$F'_o = [0.040 \cdot 68.94 \cdot (71.68 + 48.94) + 71.68 \cdot 12.15] \cdot 9,81 \cdot 2,12 = 25030.13 \text{ N}$$

- Максимална сила затезања траке F_{max} се може одредити применом следећег израза [22]:

$$F_{max} = k_s \cdot F'_o = 2.144 \cdot 25030.13 = 53664.6 \text{ N N}$$

$$k_s = \frac{e^{\mu \cdot \alpha}}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1} = \frac{e^{0.20 \cdot \pi}}{e^{0.20 \cdot \pi} - 1} = 2,144$$

где су:

$\mu = 0,20$ – коефицијент трења и

$\alpha = 180^\circ = \pi$ – обухватни угао (таблица Т.2.16 [22]).

- Провера броја вучних слојева траке се врши на основу следећег израза [22]:

$$z_r = \frac{F_{max}}{k_r \cdot B} \leq z \quad (12)$$

где је:

$$k_r = \frac{\sigma_r}{n} = \frac{150}{8} = 18.75$$

$n = 8$ – степен сигурности (таблица Т.2.6 [22]).

Заменом вредности у израз (12) следи:

$$z_r = \frac{53664.6}{18.75 \cdot 800} = 3.578$$

$$3.578 \leq 4$$

Према томе, постављени услов за проверу вучног слоја траке задовољава.

- **Пречник добоша**

Пречник добоша за гумене траке се одређује помоћу израза:

$$D \geq k \cdot z \quad (13)$$

где је:

k – коефицијент који зависи од затезне чврстоће вучног слоја (таблица Т.2.18 [22] за $\sigma_r = 150 \text{ N/mm}$) (табела 4.2.5),

$z = 4$ – број вучних слојева траке.

Применом израза (13) и вредности из табеле Т.4.5, усваја се прва већа вредност за пречник добоша. Пречнике добоша усвајати из реда: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1400, 1600, 2000, 2500 [22].

Табела 4.5 Вредности за коефицијент k који зависи од затезне чврстоће вучног слоја траке [22]

Добош	Затезна чврстоћа вучног слоја $\sigma_r(\text{N/mm})$
	120÷200
Погонски	170÷180
Затезни	135÷140
Отклони и превојни	120÷125

1) За погонски добош:

$$D \geq k \cdot z = 175 \cdot 4 = 700 \text{ mm}$$

Усваја се прва већа стандардна вредност, па је пречник погонског добоша:

$$D = 800 \text{ mm}$$

2) За затезни добош:

$$D \geq k \cdot z = 140 \cdot 4 = 560 \text{ mm}$$

Усваја се прва већа стандардна вредност, па је пречник затезног добоша:

$$D = 630 \text{ mm}$$

3) За отклони добош:

$$D \geq k \cdot z = 120 \cdot 4 = 480 \text{ mm}$$

Усваја се прва већа стандардна вредност, па је пречник отклоног добоша:

$$D = 500 \text{ mm}$$

Ширина добоша се одређује према следећем изразу (таблица Т.2.17 [22]):

$$A = B + 150 \text{ mm} \tag{14}$$

За ширину траке од 800 mm, из израза (14) следи да је потребна ширина добоша једнака:

$$A = 800 + 150 = 950 \text{ mm}$$

4.2 Метода обиласка по контури

Ако су познати сви техничко-експлоатациони параметри транспортера одређивање вучне силе се врши методом обиласка по контури транспортера. Састоји се у нумерисању карактеристичних тачака затворене контуре транспортера (слика 4.2.1) у правцу кретања вучног елемента, почев од тачке са најмањом силом затезања. Најчешће је то тачка силаска гране вучног елемента са погонског елемента. По овој методи сила затезања у тачки $(i+1)$ једнака је затезућој сили и претходној тачки (i) увећаној за величину отпора између тих тачака [22]:

$$F_{(i+1)} = F_i + W_{i \div (i+1)} \text{ [N]}$$

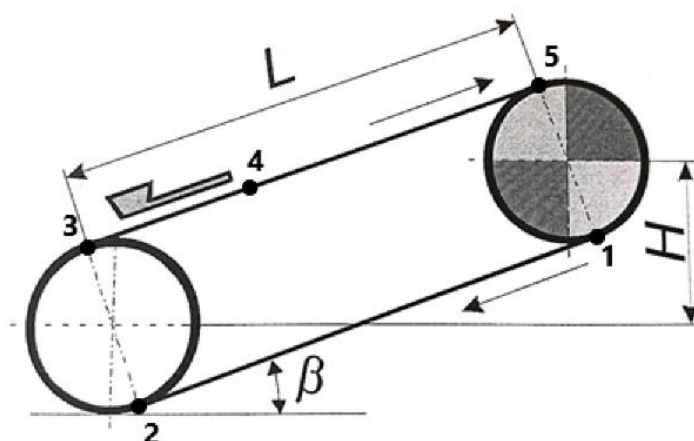
где је:

F_i и $F_{(i+1)}$ [N] - силе затезања у суседним тачкама (i) и $(i+1)$ контуре

$W_{i \div (i+1)}$ - сила отпора између тачака (i) и $(i+1)$.

Ако се обилазак врши у супротном смеру од смера кретања вучног елемента онда је:

$$F_i = F_{(i+1)} - W_{i \div (i+1)} \text{ [N]}.$$



Слика 4.2 Шема тракастог транспортера са означеним тачкама за прорачун методом обиласка по контури

Са слике 74 се може видети да је $F_1 = F_{min}$. Свака следећа сила се одређује у функцији од минималне силе и додавањем вредности отпора. Силе се одређују на следећи начин:

$$F_2 = F_1 + W_{1 \div 2} \quad (15)$$

Отпор између тачака 1 и 2 је $W_{1 \div 2}$ и представља отпор на праволинијском нерадном (повратном) делу који је дат изразом [22]:

$$W_{1 \div 2} = \omega \cdot g \cdot (q_r^N \cdot L^N + q_T \cdot L_h^N) - q_T \cdot g \cdot H^N \text{ [N]} \quad (16)$$

где је:

$\omega = 0,040$ – коефицијент отпора кретању траке преко носећих ваљака;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – убрзање Земљине теже;

$q_r^N = 7.8 \text{ kg/m}$ – погонска маса ротирајућих делова на нерадном делу;

$L^N = L = 70 \text{ m}$ – дужина нерадног дела;

$q_T = 11.35 \text{ kg/m}$ – погонска маса траке;

$L_h^N = L_h = 68.94 \text{ m}$ – дужина хоризонталне пројекције нерадног дела;

$H^N = H = 12.15$ – висина вертикалне пројекције нерадног дела;

Заменом вредности у израз (16) добија се вредност отпора на праволинијском нерадном делу траке:

$$W_{2\div 3} = 0.040 \cdot 9.81 \cdot (7.8 \cdot 70 + 11.35 \cdot 68.94) - 11.35 \cdot 9.81 \cdot 12.15 = -831.53 \text{ N}$$

Заменом добијене вредности у израз (15) добија се вредност силе у тачки 2 у функцији од минималне силе.

$$F_2 = F_1 - 831.53$$

Даље се рачуна сила у тачки 3.

$$F_3 = F_2 + W_{2\div 3} \quad (17)$$

Отпор $W_{2\div 3}$ је отпор од тачке 2 до тачке 3 и то је отпор превијању вучног елемента и дат је изразом [22]:

$$W_{2\div 3} = F_2 \cdot (k_p - 1) \text{ [N]} \quad (18)$$

где је: $k_p = 1,07$ – коефицијент отпора на превојним местима (таблица Т.2.30 [22] за $\alpha = 180^\circ$).

Заменом вредности коефицијента отпора на превојним местима у израз (18) и заменом израза (18) у израз (17) добија се вредност силе у тачки 3 у функцији од минималне силе.

$$F_3 = F_2 + F_2 \cdot (1,07 - 1) = 1,07 \cdot F_2 = 1,07 \cdot F_1 - 889.74$$

Сила у тачки 4 је дата изразом:

$$F_4 = F_3 + W_{3\div 4} \quad (19)$$

Отпор $W_{3\div 4}$ је отпор од тачке 3 до тачке 4, а то је отпор на месту сипања материјала и дат је изразом [22]:

$$W_{3\div 4} = \frac{Q \cdot g \cdot v}{36} = \frac{250 \cdot 9,81 \cdot 1.6}{36} = 136.25 \text{ N} \quad (20)$$

Заменом вредности отпора од тачке 3 до тачке 4 у израз (19), добија се вредност силе у тачки 4 у функцији од минималне силе:

$$F_4 = F_3 + 136.25 = 1,07 \cdot F_1 - 889.74 + 136.25 = 1,07 \cdot F_1 - 753.49$$

Сила у тачки 5 је дата изразом:

$$F_5 = F_4 + W_{4 \div 5} \quad (21)$$

Отпор $W_{5 \div 6}$ је отпор између тачака 5 и 6 и представља отпор на праволинијском радном делу траке и дат је изразом [22]:

$$W_{4 \div 5} = \omega \cdot g \cdot [(q_M + q_T) \cdot L_h^{RO} + q_r^R \cdot L^{RO}] + (q_M + q_T) \cdot g \cdot H^{RO} \quad (22)$$

где је:

$\omega = 0,040$ – коефицијент отпора кретању траке преко носећих ваљака;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – убрзање Земљине теже;

$q_M = 71.68 \text{ kg/m}$ – погонска маса материјала;

$q_T = 11.35 \text{ kg/m}$ – погонска маса траке;

$L_h^{RO} = L_h = 68.94 \text{ m}$ – дужина хоризонталне пројекције оптерећеног радног дела;

$q_r^R = 18.4 \text{ kg/m}$ – погонска маса ротирајућих делова на радном делу;

$L^{RO} = L = 70 \text{ m}$ – дужина оптерећеног - радног дела транспортера;

$H^N = H = 12.15$ – висина вертикалне пројекције радног дела;

Заменом вредности у израз (22) добија се:

$$W_{4 \div 5} = 0.04 \cdot 9.81 \cdot [(71.68 + 11.35) \cdot 68.94 + 18.4 \cdot 70] + (71.68 + 11.35) \cdot 9.81 \cdot 12.15$$

$$W_{4 \div 5} = 14648.02 \text{ N}$$

Заменом вредности отпора у израз за силу у тачки 5 добија се:

$$F_5 = F_4 + 12\,648.02 = 1,07 \cdot F_1 - 753.49 + 14648.02 = 1,07 \cdot F_1 + 13894.53 \text{ N}$$

Следећа сила је сила у тачки 6 и она представља максималну силу:

$$F_{max} = F_6 = F_5 + W_{5 \div 6} \quad (23)$$

Отпор $W_{5 \div 6}$ је отпор између тачака 5 и 6 и то је отпор превијању вучног елемента који је једнак [22]:

$$W_{5 \div 6} = F_5 \cdot (k_p - 1) = F_5 \cdot (1,07 - 1) \quad (24)$$

Заменом израза (24) у израз (23) добија се вредност максималне силе у функцији од минималне.

$$\begin{aligned} F_{max} = F_6 &= F_5 + F_5 \cdot (1,07 - 1) = 1,07 \cdot F_5 = 1,07 \cdot (1,07 \cdot F_1 + 13894.53) \\ &= 1,145 \cdot F_1 + 14867.15 \end{aligned} \quad (25)$$

Сада је потребно да се реши систем једначина. Систем се састоји од једначине (25) и Ојлеровог обрасца (26):

$$F_{max} = 1,145 \cdot F_1 + 14867.15$$

и

$$F_{max} = F_{min} \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = F_1 \cdot 1,87 \quad (26)$$

$$e^{\mu \cdot \alpha} = e^{0,20 \cdot \pi} = 1,87$$

$$F_1 = F_{min}$$

Заменом (25) у (26) добија се:

$$1,87 \cdot F_1 = 1,145 \cdot F_1 + 14867.15$$

$$0,725 \cdot F_1 = 14867.15$$

$$F_1 = \frac{14867.15}{0,746} = 20506.42 \text{ N}$$

$$F_2 = F_1 - 831.53 = 20506.42 - 831.53 = 19674.9 \text{ N}$$

$$F_3 = 1,07 \cdot F_1 - 889.74 = 1,07 \cdot 20506.42 - 889.74 = 21052.13 \text{ N}$$

$$F_4 = 1,07 \cdot F_1 - 753.49 = 1,07 \cdot 20506.42 - 753.49 = 21188.38 \text{ N}$$

$$F_5 = 1,07 \cdot F_1 + 13894.53 = 1,07 \cdot 20506.42 + 13894.53 = 35836.4 \text{ N}$$

$$F_{max} = 1,145 \cdot F_1 + 14867.15 = 1,145 \cdot 20506.42 + 14867.15 = 38347.001 \text{ N}$$

На основу вредности за максималну и минималну силу, рачуна се вредност вучне силе:

$$F_o = F_{max} - F_{min} = 38347.001 - 20506.42 = 17840.58 \text{ N}$$

Метода	$F_{\max}$ (kN)	F_o (kN)
Приближна метода	53.66	25
Метода обиласка по контури	38.35	17.84
Разлика у %	28%	29%

Приближном методом се добијају веће вредности за силе.

Снага на вратилу погонског добоша [22]:

$$P_o = 10^{-3} \cdot \frac{F_o \cdot v}{\eta_v} = 10^{-3} \cdot \frac{17840.58 \cdot 1.6}{0.97} = 29427.76 = 30 \text{ kW}$$

где је:

$\eta_v = 0.95 \div 0.98$ – коефицијент корисног дејства вратила погонског добоша.

Снага електромотора се рачуна помоћу израза [22]:

$$P_{EM} = \frac{P_o}{\eta_{meh}} = \frac{30}{0.8} = 37.5 \text{ kW}$$

где је:

$\eta_{meh} = 0.75 \div 0.85$ – коефицијент корисног дејства електромотора.

Дужина и пречних ваљка су дати у зависности од ширине траке таблицом Т.2.23 [22], а растојање између ваљака у радном делу траке је дато таблицом Т.2.25 [22] у зависности од насипне густине и ширине траке. За ширину траке $B = 800 \text{ mm}$ и насипну густину $\rho = 0.8 \text{ t/m}^3$ усваја се:

$D_v = 89 \text{ mm}$ – пречник ваљка;

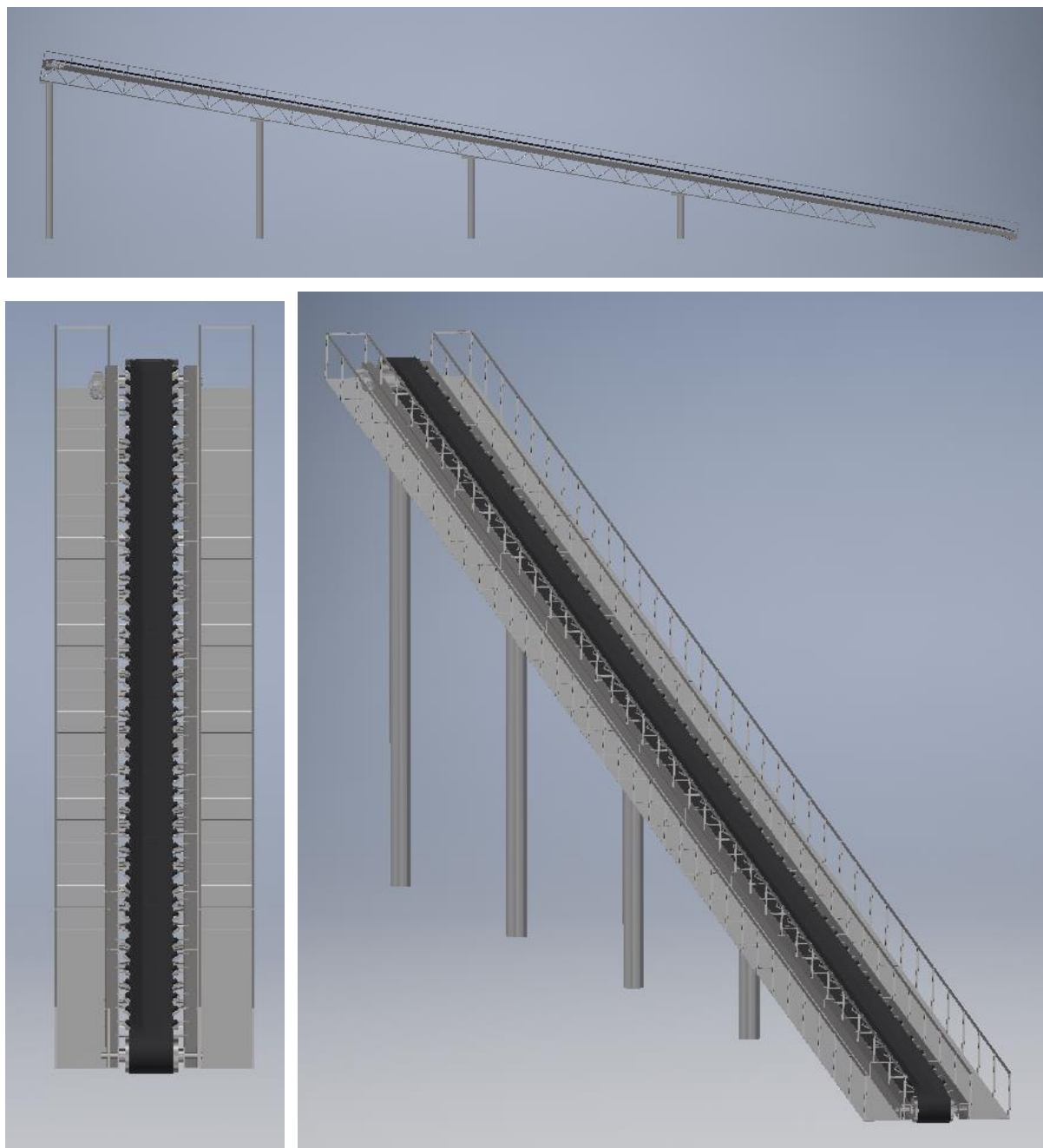
$L_{v1} = 315 \text{ mm}$ – дужина горњег носећег ваљка;

$L_{v2} = 950 \text{ mm}$ – дужина доњег повратног ваљка;

$l_v = 1.4 \text{ m}$ – растојање између ваљака у радној грани траке.

5. Модел тракастог транспортера

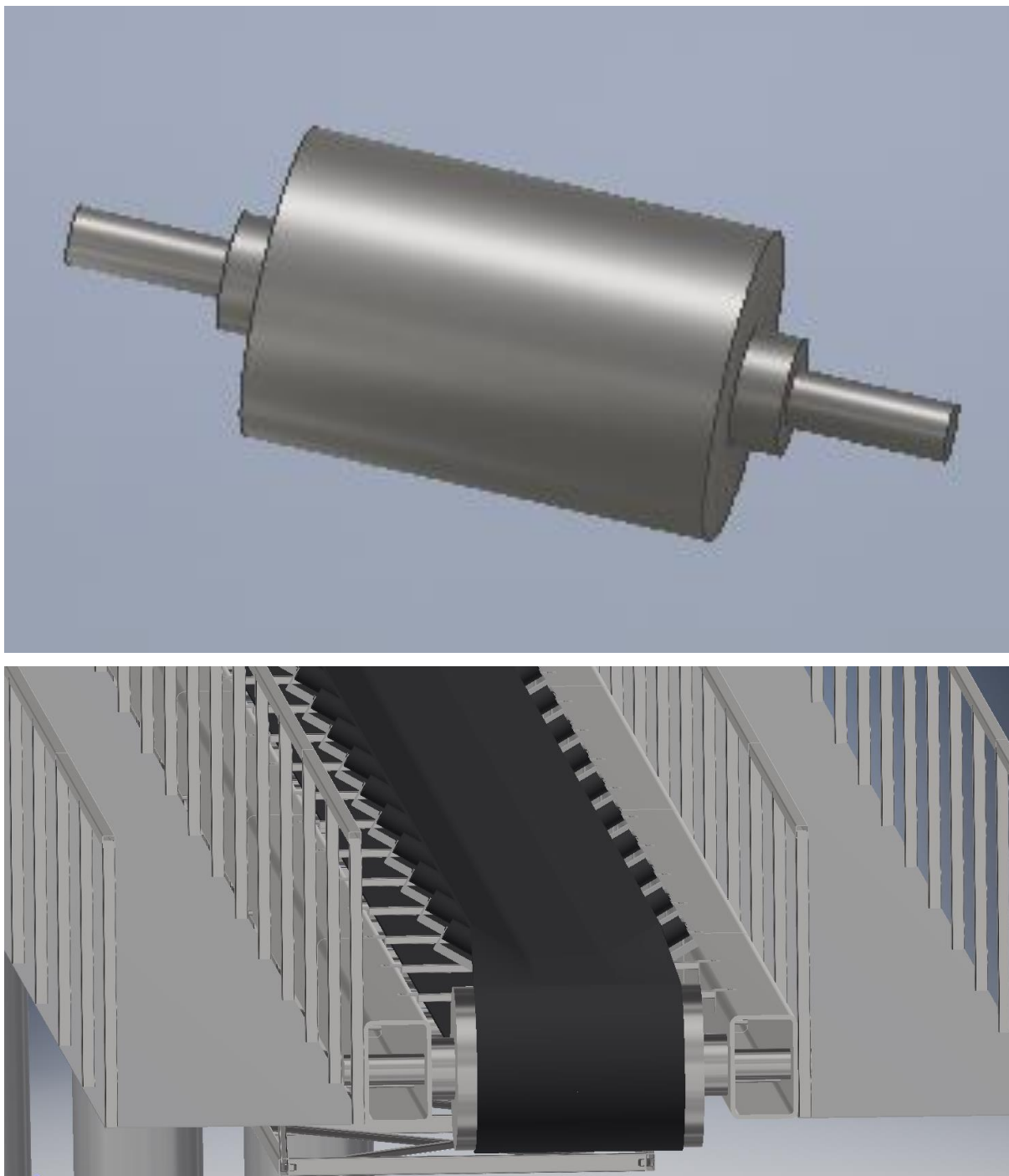
На основу вредности добијених прорачуном, урађен је модел тракастог транспортера. Модел је урађен у програму „Autodesk Inventor“. Сви делови транспортера су израђени од челика, сем траке која је од гуме. На слици 5.1 је приказан урађени модел тракастог транспортера из више погледа, са својим основним елементима као што су носећа конструкција, погонска станица, вучни елемент, повратни добош, ваљци.



Слика 5.1 Модел тракастог транспортера

Са једне стране транспортера налази се погонска станица, док се са друге стране налази повратни добош. Повратни добош обезбеђује промену правца траке за 180° и

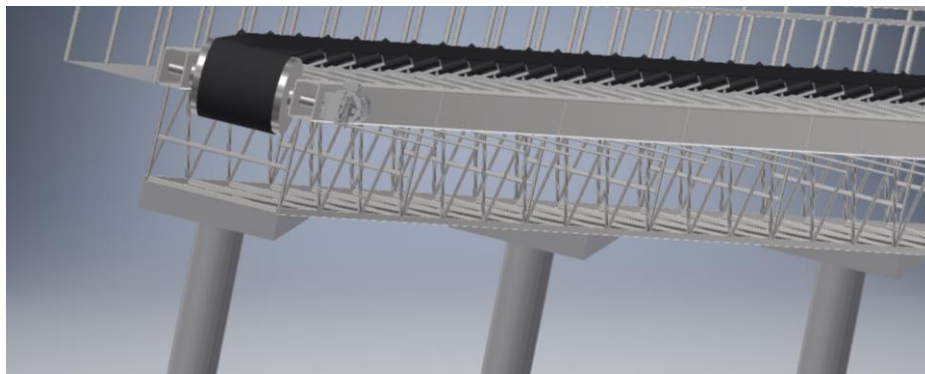
његов модел је приказан на слици 5.2. Модел је урађен према усвојеним вредностима, тако да је пречник повратног добоша једнак 630 mm, а ширина добоша је 950 mm. Добош је заварен за вратило пречника 240 mm, помоћу ког је повезан са носећом конструкцијом.



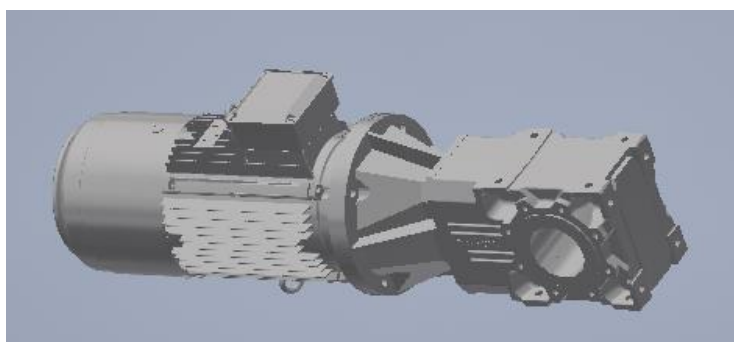
Слика 5.2 Повратни добош

Са друге стране транспортера се налазе електромотор, редуктор и погонски добош (слика 5.3.а. На вратило добоша се преноси погон са електромотора, при чему долази до обртања погонског добоша. На слици 5.3.б је приказан модел електромотора са редуктором. Трака као вучни и носећи елемент добија своје кретање од погонског

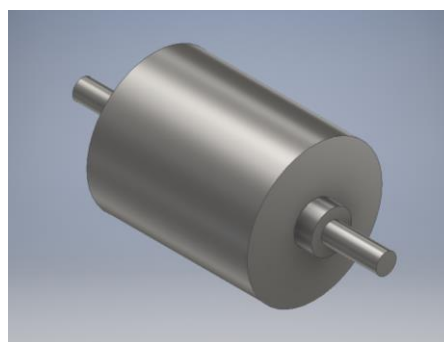
добоша преко трења између добоша и траке. Погонски добош (слика 5.3.в) је, према усвојеним вредностима, пречника 800 mm и дужине 950 mm.



а)



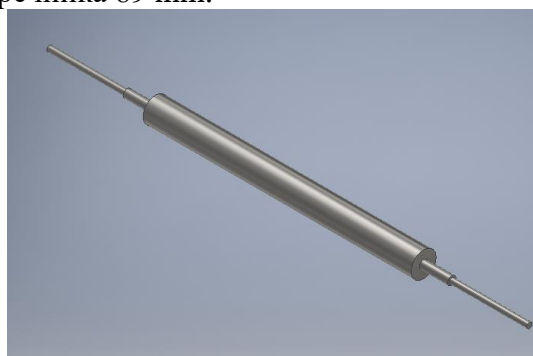
б)



в)

Слика 5.3 Погонска станица: а) приказ; б) електромотор са редуктором и в) погонски добош

Носећи ваљци су основни уређаји за ношење траке и њихова основна функција је ношење траке и терета, али поред тога одређују и облик профила траке. На нерадној грани транспортера је трака равна, према томе, у слогу имамо један доњи ваљак (слика 5.4) дужине 950 mm и пречника 89 mm.



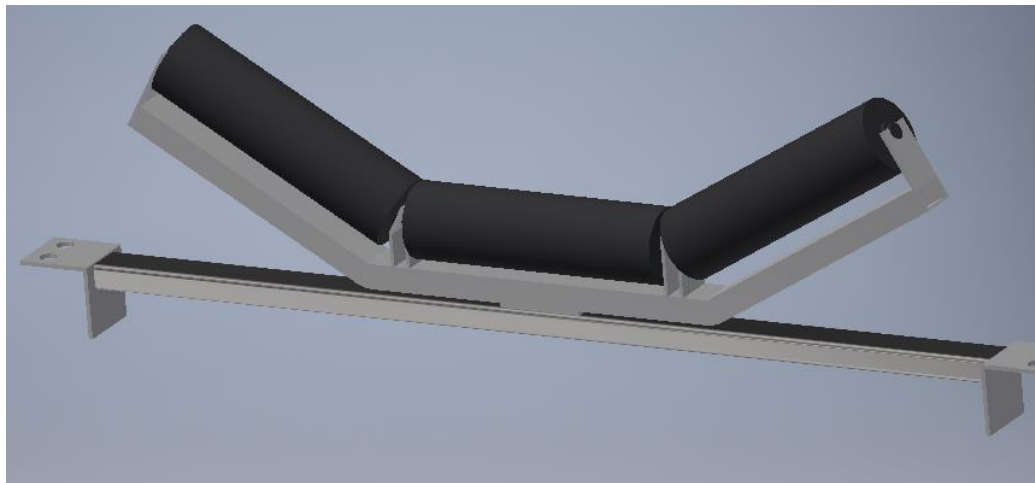
Слика 5.4 Доњи носећи ваљак

На слици 5.5 је приказан положај доњих носећих ваљака чије је растојање 2.8 m.



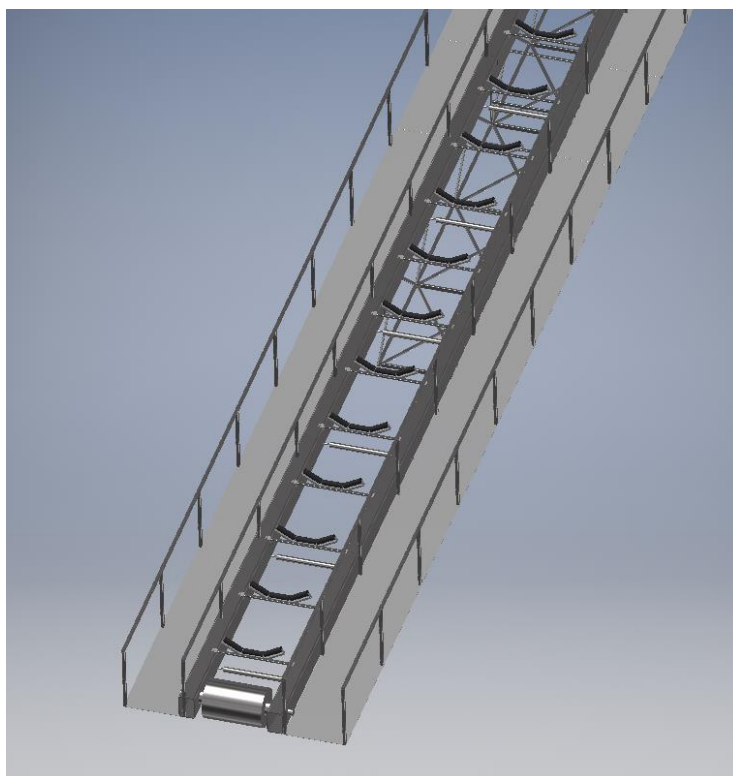
Слика 5.5. Положај доњих носећих ваљака

За радну грану транспортера је усвојен жлебни облик траке са три носећа ваљка и угао бочних ваљака $\alpha = 30^\circ$. Ваљци се обрћу око непокретне осовине која је фиксирана на носач слога (слика 5.6). Горњи носећи ваљци су пречника 89 mm и дужине 315 mm, а растојање између слогова ваљака је 1.4 m.



Слика 5.6 Слог ваљака

На слици 5.7 је приказан положај слога носећих ваљака на транспортеру.



Слика 5.7 Положај слога горњих носећих ваљака

Закључак

Тракасти транспортери су најчешће коришћени уређаји непрекидног транспорта. Транспорт материјала између два места се остварује бесконачном траком која представља и носећи и вучни елемент.

Захваљујући својим карактеристикама, као што су једноставна конструкција, миран и бешуман рад, велики капацитети, брзине и даљине транспорта, примена тракастих транспортера је веома олакшала и убрзала транспорт материјала. Имају веома широку примену како у рудницима, грађевинарству, складишним и производним погонима, у свим гранама индустрије, тако и за транспорт људи, као што су покретне степенице или у супермаркетима код касе. Тракасти транспортер се састоји од секција одређених дужина и спајањем тих секција може се добити веома дугачка транспортна путања.

Најбитнији елемент тракастих транспортера је гумента трака. Она износи 25% од укупне цене транспортера и треба оптимално одабрати траку како би се направио компромис између цене и квалитета. Носећи ваљци су основни уређаји за ношење траке и њихова основна функција је ношење траке и терета, али поред тога одређују и облик профила траке. Уређаји за центирање су такође битан део транспортера, јер може доћи до закошења траке, и тиме до могућности стварања опасности, па је потребно да се трака правилно води и не дође до закошења. Кочнице и устављачи су неопходни, јер без њих може доћи до лома погонских уређаја и случају наглог престанка рада транспортера под нагибом.

Тракасти транспортери су један од најефикаснијих начина транспорта, међутим могу бити и најопаснији сегмент у свом окружењу ако се не примењују одговарајуће безбедносне мере. Транспортери могу бити опасни по руковаоце или било кога другог ко се нађе у њиховој близини. Због тога посебно треба обратити пажњу на основне безбедносне мере.

Будући развој тракастих транспортера ће водити ка смањењу цене транспортера, повећању њиховог века трајања и оптималној тежини и димензијама. Траке ће бити лакше и мање дебљине и ићи ће се у смеру смањења потрошње електричне енергије. Модуларни систем је нов концепт у транспорту материјала. Он се одликује стандардним деловима и димензијама, лакој монтажи и лакој могућности поправке. Транспортне траке нановеличине могу доставити атом за атомом конструкције наноструктура. У будућности се ова трака може користити за транспорт мноштва атома за атомом било куда. Примењиваће се код напроизводње, на пример код нанолемљења и код наноелектромеханичких уређаја

Литература

- [1] Lovrin N., Debelić D.; О повјести тракастих транспортера; Технички факултет Свеучилишта у Ријеци, Хрватска; 2008. Интернет адреса: <https://hrcak.srce.hr/file/48481>
- [2] Gorenec M.; Бродски тракасти транспортер за ручне пртљаге, дипломски рад; Факултет стројарства и бродоградње Свеучилишта у Загребу, Хрватска; 2011. Интернет адреса: http://repozitorij.fsb.hr/1510/1/10_11_2011_Diplomski_Gorenec.pdf
- [3] Јевтић В.; ТРАНСПОРТНЕ МАШИНЕ за насипне и комадне терете са непрекидним начином рада, Машински факултет Универзитета у Нишу, Србија; 2001
- [4] Катедра за машинске конструкције, транспортне системе и логистику; Факултет техничких наука, Нови Сад. Интернет адреса: <http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/index.php/katedra-za-masinske-konstrukcije-transportne-sisteme-i-logistiku/>
<http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/05/trakasti-transporter.jpg>
- [5] Видовић М.; Механизација претовара I; Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, Србија, 2015. Интернет адреса: https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/8450/mod_resource/content/0/Predavanja_kontinualna_sredstva/TrakastiTransporter.pdf
- [6] Гегић М.; Тракасти системи - неки аспекти примене и облика конструкције; Техничка Школа, Шабац. Интернет адреса: <http://www.tehskolasabac.edu.rs/index.php/enastava/category/21-r-sh-il-r-d-g-gic?download=96:%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80>
- [7] Непрекидни транспорт – скрипта; Катедра за машинске конструкције, транспортне системе и логистику; Факултет техничких наука, Нови Сад.
Интернет адреса: <http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/10/Skripta-ZNR-Neprekidni-transport.pdf>
- [8] Цветановић Б.; Тракасти транспортери; Висока техничка школа струковних студија у Нишу, Србија, 2018. Интернет адреса: http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/10_TRAKASTI%20TRANSPORTERI_2018.pdf
- [9] Гашић М.; Транспортне машине – изводи из теорије са примерима; Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитет у Крагујевцу, Србија, 2017.
- [10] Сувајцић С.; Механизација претоварно-транспортних радова I део; Саобраћајни факултет Универзитет у Београду, Србија, 1964.

- [11] Транспортни уређаји и машине, предавања, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2019, доступно на:
http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/102387/mod_resource/content/4/TUM_2.pdf
- [12] Тошић Б. С.; Транспортни уређаји – механизација транспорта; Машински факултет Универзитета у Београду, Србија, 1999.
- [13] P. M. McGuire, *Conveyors: application, selection, and integration*, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2010
- [14] Испитивање транспортних трака и поступци регенерације траке; Рударско геолошки факултет Универзитета у Београду, Србија. Интернет адреса:
<http://www.rgf.rs/predmet/RO/III%20semestar/Tehnologija%20materijala/Vezbe/Transportne%20trake.pdf>
- [15] Rudar. Прорачун транспортера са бесконачном траком. Интернет адреса:
https://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Transport/Vjezbe/TabliceIIProgram.pdf
- [16] Транспортери I-скрипта; Катедра за машинске конструкције, транспортне системе и логистику; Факултет техничких наука, Нови Сад. Интернет адреса:
<http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/10/Skripta-TRANSPORTERI1.pdf>
- [17] Kesner. Тракасти цевни транспортери. Интернет адреса:
<http://www.kesner.cz/sr/proizvoda/trakasti-cevni-transporter-pdt/>
- [18] Elictricon. Вулканизација транспортне траке. Интернет адреса:
<https://eltctricon.ru/bs/energy-saving/vulcanization-of-the-conveyor-belt-docking-of-conveyor-belts-repair-vulcanization/>
- [19] Владић Ј.; Транспортна и претоварна средства и уређаји – непрекидни и аутоматизовани транспорт; Факултет техничких наука Универзитета у Новом саду, Нови Сад, Србија, 2005.
- [20] Vuljanković Т.; Транспорт у индустрији – тракасти транспортер, завршни рад; Велеучилиште у Карловцу, Карловац, 2018. Интернет адреса:
<https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1017/datastream/PDF/view>
- [21] Transporteri. Тракасти транспортери. Интернет адреса:
<http://www.transporteri.com/proizvodi/trakasti-transporteri>
- [22] Гашић, М.; Транспортни уређаји – непрекидни транспорт; Машински факултет, Краљево, 1997.