

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**

Илија Д. Пантић

**Тракасти транспортер као саставни
део производне линије
Мастер рад**

Крагујевац, 2016.

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: 344/2014

Илија Д. Пантић

Тракасти транспортер као саставни део производне линије Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Родољуб Вујанац - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да опише тракасте транспортере различитих намена, њихову конструкцију и поделе. Потребно је дефинисати све неопходне параметре за конструисање транспортера као и његове основне елементе: вучни елемент, погонски, затезни и отклони уређај, уређај за ношење и центрирање траке, уређај за чишћење траке. Теоријску анализу неопходно је поткрепити адекватним практичним примером конструкције тракастог транспортера у оквиру производне линије.

Препоручена литература:

[1] Трешћец И.: Теорија, прорачун и примјена транспортера с гуменом траком, Завод за продуктивност, Загреб, 1983.

[2] Тошић С.: Транспортни уређаји и механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.

[3] Гашић М.: Транспортни уређаји, Машински факултет, Краљево, 1997.

Крагујевац, 10.6.2016.

Ментор:
Др Родољуб Вујанац - доцент

Садржај

1. Увод	5
2. Општи подаци за прорачун тракастих транспортера	8
3. Прорачун капацитета тракастих транспортера	17
3.1. Радна ширина траке и попречни пресеци струје материјала	18
3.2. Брзина кретања транспортне траке и минимална ширина	23
3.3. Прорачун капацитета и избор ширине траке код дефинисаног протока	26
4. Прорачун вучне силе и снаге погонског мотора тракастог транспортера	30
4.1. Отпори при кретању траке	35
4.2. Дијаграм силе затезања траке и избор места погона тракастог транспортера	38
5. Основни параметри и прорачун транспортних трака	40
6. Избор конструкционих параметара транспортера	50
6.1. Избор димензија ваљака	50
6.2. Погонски добош	53
6.3. Затезни и отклони уређаји	54
6.4. Уређај за центрирање траке	56
7. Уређај за чишћење траке	58
8. Уређај за пуњење-пражњење, носећа конструкција и сигурносни уређаји	61
8.1. Уређај за пуњење траке	61
8.2. Уређај за пражњење траке	62
8.3. Носећа конструкција	63
8.4. Сигурносни уређај	63
9. Пројектни задатак	64
9.1. Технички опис и образложење	64
9.2. Носећа челична конструкција	64
9.3. Гумена трака	64
9.4. Погонска група	64
9.5. Електро - напајање	65
9.6. Технички услови за извођење радова	65
9.7. Прорачун тракастог транспортера	65
10. Закључак	69
11. Литература	71
12. Техничка документација	72

Abstract

In this paper belt conveyor with a short route for the transfer of unit loads within the production line was designed. At the beginning the basic terms, classifications, development and importance of belt conveyors were defined. A detailed analysis of parts of belt conveyors as well as proper selection of parameters for their calculation enabled an optimal solution for a given transport. After the calculation and selection of elements, belt conveyor was modelled in software Autodesk Inventor.

Key words: belt conveyor, production line, rubber belts, calculations, modeling.

Резиме

У овом раду пројектован је тракасти транспортер кратке трасе за пренос комадних терета у склопу производне линије. На почетку рада дефинисани су основни појмови, поделе, развој и значај примене тракастих транспортера. Детаљном анализом делова тракастих транспортера и правилним избором параметара за њихов прорачун омогућено је оптимално решење за задати транспорт. Након извршеног прорачуна и избора елемената, склоп и детаљи тракастог транспортера моделирани су у програму Autodesk Inventor.

Кључне речи: тракасти транспортер, гумена трака, прорачун, моделирање.

1. Увод

Тракасти транспортери се користе као основно средство континуалног транспорта у различитим гранама привреде. Најчешће се примењују у:

- Грађевинској индустрији,
- Површинским коповима и рудницима,
- Производним погонима.

Савремени развој тракастих транспортера захтева повећање њихове производности, дужине и снаге, што је повезано са повећањем капацитета и дужине транспортовања. Тако се већ примењују транспортери капацитета 20000 t/h и више, са ширином траке 3000 mm и брзином 6-8 m/s, а за даљи развој спомињу се транспортне линије дуже од 100 km, при дужини једног транспортера 8-10 km [1].

Важно је напоменути да су прве транспортне траке развијене крајем 18. века. Многи извори указују да је у питању 1795. година, као прва година примене транспортера. Њихове основне карактеристике биле су такве да су се састојали од кожних каишева, дужина им је била мала, а основна намена је била превоз робе фармера на бродове у луци.

Кључни моменат био је 1892. године, када је Томас Робинс, амерички проналазач започео низ истраживања која су касније завршена покретном траком која је почела да се користи за транспорт угља, руде и других сродних материјала. До 1901. године инжењерска компанија Sandvik начинила је потпуну револуцију у рударству чинећи га ефикаснијим, захваљујући развоју транспортних система. Данас, најдужи транспортни систем је у Сахари, чија је дужина око 97 километара [2].

Неке занимљиве чињенице о тракастим транспортерима су [3]:

- Најдужи транспортни систем је у Западној Сахари, дужине 97 km,
- Најдужи тракасти транспортер налази се у Индији, дужине 17 km, чији је капацитет 960 t/h. Постављен је на висини од 5 m, као превентивна заштита током монсуна.
- Најбржа покретна трака налази се у Немачкој, чија је брзина и до 15 m/s.

На основу теоретских и експерименталних испитивања, затим тачних поступака прорачуна основних параметара и елемената конструкције могуће је стварање снажних високопроизводних транспортера са гуменом траком, нарочито за површински коп.

Тракасти транспортер најопштије се може описати као транспортни уређај који помоћу бескрајне траке преноси робу између две тачке. Транспортна трака је пребачена и затегнута обично између два добоша и његови основни саставни делови су поред бескрајне траке: рамови носеће конструкције, ваљци или клизна подлога за ношење траке, затезна и погонска станица.

Са аспекта примене тракасти транспортер је универзално средство, погодно за транспорт како расуте тако и комадне робе. Његове главне предности у односу на многа друга претоварна средства су [4]:

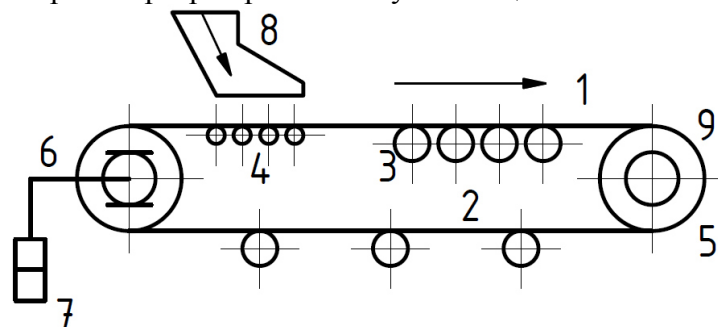
- Континуалан пренос робе,
- Мала специфична потрошња енергије због релативно мале масе вучног елемента и малих отпора кретања,
- Једноставна уградња у малом простору,

- Могућност транспорта и на великим дистанцама,
- Неутрално понашање вучног елемента у односу на промену квалитета робе која се транспортује,
- Релативно низак ниво буке у односу на друге врсте уређаја,
- Ниски трошкови одржавања и експлоатације,
- Добре могућности за рад са другим претоварним и помоћним уређајима.

Као лоше особине могу се навести:

- Код конвенционалне конструкције тракастог транспортера, која се највише користи у транспорту масовне расуте робе, величина нагиба је лимитирана трећем између траке и материјала, тако да њихова примена није свуда могућа,
- Стандардне траке су осетљиве на хемијске утицаје, високе температуре и на поремећаје који настају када дође до лепљења материјала на добоше и ваљке,
- Осетљивост на прашину. При транспорту одређене врсте робе, прашина компликује заптивање лежачева и изазива повећане инвестиционе и текуће трошкове,
- При транспорту грубих материјала са оштрим ивицама лако долази до оштећења траке, што представља велики проблем због високе цене траке,
- Тракасти транспортер нема особину активног захватања терета, па је за захватање неопходна примена одговарајућег средства за постављање терета на траку. Најрационалније је, ако је то технолошки сврсисходно, да се транспортер постави иза уређаја из кога роба излази слободним падом.

Основни и најважнији део транспортера са траком је бескрајна гумена трака која служи као носач терета и вучно средство. Трака се води преко најмање два добоша, једног погонског (5) и другог затезног (6), који су постављени на крајеве носеће структуре. Њихово осно растојање дефинише транспортну удаљеност. Радна оптерећена (1) и повратна неоптерећена (2) грана траке ослањају се на одређени број, дуж траке правилно распоређених носећих ваљака (3 и 4). Погонску станицу која се састоји од погонског мотора, редуктора, погонског ваљка-добоша, елемената за затезање (7) и слогова носећих ваљака обједињују носећу структуру у облику решеткасте металне конструкције. Осим тога, у састав транспортера улазе утоварни уређај (8), уређај за истовар или се он врши директно преко добоша (9), уређај за чишћење траке, уређај за центрирање траке и различити сигурносни и помоћни уређаји који имају задатак да заштите траку од било каквог оштећења у току рада. Основни елементи тракастог транспортера приказани су на слици 1.1.



Слика 1.1 Основни елементи тракастог транспортера

1. Горња (радна) страна траке, 2. Доња (повратна) страна траке, 3. Слог ваљака који носе траку, 4. Слог ваљка на месту насипања материјала, 5. Погонски добош, 6. Затезни добош, 7. Затезни тег, 8. Утоварни кош, 9. Истовар материјала (преко чела транспортера)

У данашње време, због примене у разним условима експлоатације, разрађено је много типова и конструкција тракастих транспортера које због лакшег пројектовања можемо класификовати на следећи начин:

- Према померљивости: стационарне, преносиве и покретне,
- Облику траке: са равном, жлебном, лучном и специјалном,
- Према врсти транспортованог материјала: за расипне (сортиране и несортиране) и за комадне (правилног и неправилног облика),
- Према положају носивог дела траке: са горњим носивим делом (већина транспортера) са доњим носивим делом, са два носива дела,
- Према типу траке: са текстилном траком, гуменом, и челичном траком,
- Облику горње површине траке: са глатком површином, са рељефном површином у облику гребена, са ребрастом површином, са попречним преградама и са бочним ивицама,
- Броју погона: са једним погоном и са више погона,
- Месту пражњења: на крају (преко добоша) и на распону између два добоша,
- Облику трасе: хоризонталне, косе, вертикалне и комбиноване,
- Типу носеће конструкције: са крутом и еластичном,
- По начину извођења погона: са једним погонским добошем, са два погонска добоша, три или више погонска добоша, са међупогонским тракама.

У наредним поглављима су приказани општи подаци за прорачун транспортера са гуменом траком, физичко-механичке карактеристике транспортованих материјала, разматрани су услови експлоатације транспортера, прорачун капацитета, прорачун вучне силе транспортера, конструкције трака, уређаји за пуњење и пражњење и уређаји за чишћење траке.

2. Општи подаци за прорачун тракастих транспортера

При пројектовању и прорачуну тракастих транспортера неопходно је узети у обзир експлоатационе услове. Најтежи услови за рад су у рудницима и на површинским коповима.

За транспортере који се користе у рудницима карактеристични су следећи услови за рад:

- Збијеност радног места која је условљена ограниченим простором за уградњу, па се у вези тога за димензије транспортера постављају оштра ограничења, нарочито у погледу висине и ширине,
- Влажност средине,
- Хемијска активност подземних вода,
- Експлозивност рудничке атмосфере,
- Преоптерећења,
- Абразивност многих транспортних материјала.

Карактеристични услови за рад на површинским коповима су:

- Веома велики проток материјала, а према томе и веома снажни транспортери са изузетно високим капацитетом (1500 t/h и више),
- Велика дужина транспортних линија,
- Експлоатација на отвореном у различитим климатским условима,
- Неопходност померања транспортне линије,
- Велика влажност и лепљивост транспортованог материјала,
- Транспорт крупних комада материјала,
- Абразивност транспортованих материјала, итд.

Код тракастих транспортера, трака је најскупљи и најосетљивији део. Посебно се брзо смањује њена трајност при транспортовању абразивних материјала. Угаљ свих врста, осим антрацита, одликује се малом абразивношћу у односу на абразивност већине других ископаних материјала. Заштита траке од абразије може се постићи повећањем дебљине горњег слоја гуме траке [1].

Трака се обично састоји од уложака, као вучних слојева, израђених од различитих материјала који су по правилу заштићени од могућих оштећења и хабања. За мање капацитете транспорта и транспорт материјала који немају изражено својство абразивности, код којих су ивице комада заобљене, а радне средине неагресивне, примењују се траке од ланених, кудељних и влакана од јуте. Израђују се ткањем и примењују се за мање дужине транспорта. Код тракастих транспортера трака обавља функцију носећег и вучног или само носећег елемента [5].

Глина у транспортованом материјалу доводи до прљања носиве стране траке, добоша, ваљака и носача транспортера, што често доводи до проклизавања траке на добошима и померање у страну. Оваква трака снижава вучну способност погонског добоша.

Експлозивност средине у петрохемијској индустрији и руднику угља захтева примену посебних специјалних трака без статичког електрицитета и посебну електроопрему.

Велики протоци и њихова неравномерност морају се узети у обзир при прорачуну вучне силе тракастог транспортера.

Приликом транспорта комадних терета долази до удара, а према томе, до честих замена претоварних чворова транспортера и ваљчаних слогова. Да би се повећао њихов радни век неопходно је спровести посебна теоретска и експериментална испитивања.

Основни подаци за пројектовање тракастог транспортера, који морају бити садржани у пројектном задатку су:

- Капацитет транспортера V (m^3/h) или Q (t/h , t/god.),
- Шема трасе транспортера са свим њеним основним величинама попут максималне дужине, угла нагиба, висине подизања материјала,
- Физичко-механичке карактеристике материјала попут гранулометријског састава, влажности материјала, абразивности, лепљивости, температуре, коефицијента трења,
- Начин рада транспортера – број сати рада у смени, број дана рада у години итд.
- Услови рада – влажност, прашњавост, рад у експлозивним срединама, температура материјала,
- Начин утовара и истовара материјала – ручни утовар, механизовани утовар, континуално додавање.

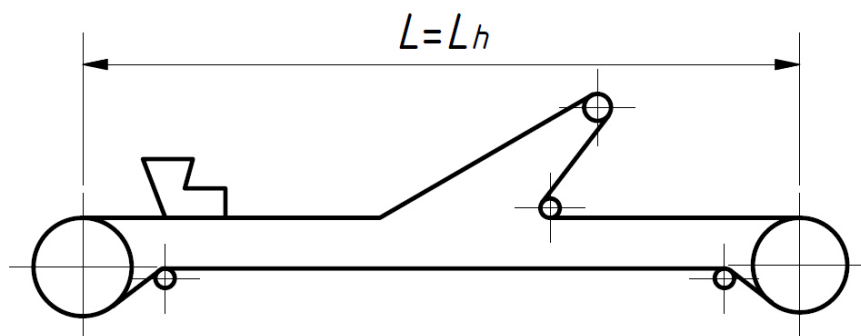
Стандардни подаци за пројектовање су:

- Угао нагиба транспортера према хоризонталу,
- Минимална ширина траке,
- Допуштени коефицијент сигурности траке,
- Број уложака траке.

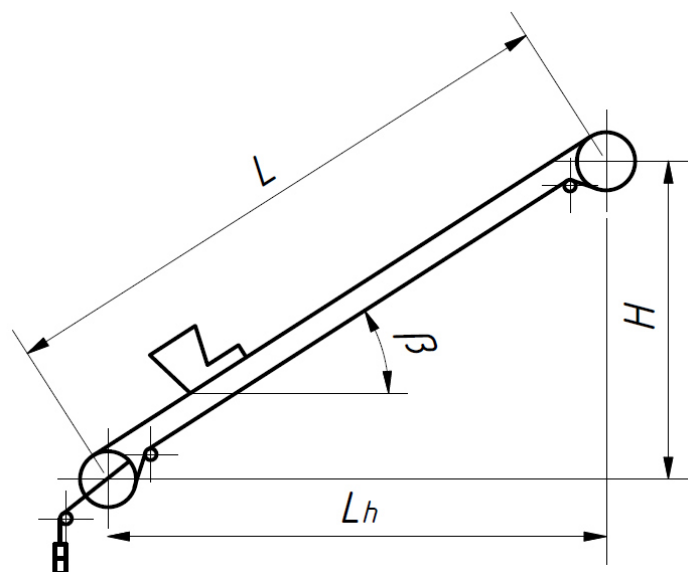
Такође, установљени су захтеви за дужину века трајања одређених елемената транспортера. За ваљке без ремонта не мање од 3 године, за стационарне транспортере 8 година, за површински коп 4 године.

Одређени су стандарди за дужине ваљака и добоша. Сви ови стандарди се узимају у обзир при прорачуну и избору конструктивних величина транспортера.

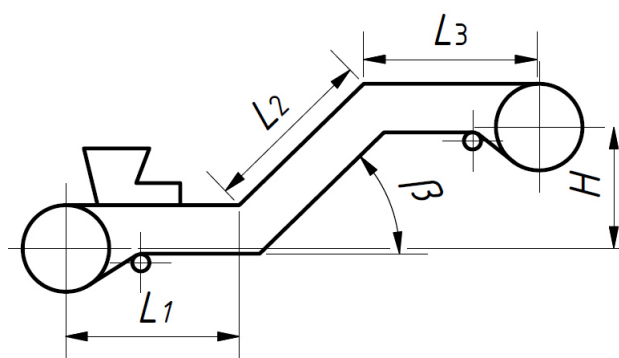
Уређаји непрекидног транспорта врше транспорт материјала по трасама у једној или више равни. На слици 2.1 приказане су шеме траса уређаја непрекидног транспорта.



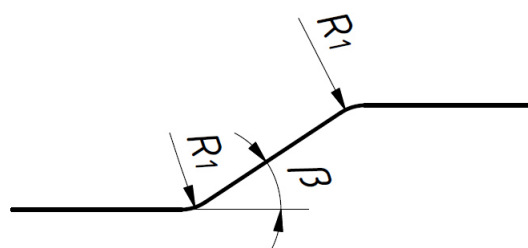
a)



б)



в)



г)

Слика 2.1 Шеме траса уређаја непрекидног транспорта

*а – хоризонтална; б – коса; ц – комбинована
д – комбинована са лучним деловима*

Тракасти транспортери су основно средство за континуални транспорт растреситих материјала. На површинском копу то су: руда, угаљ, шљунак, песак, камен и др., у рудницима: угаљ, руда и др., у металургији: руда, кокс, шљака [1].

Карактеристике насипних материјала које треба узети при пројектовању и прорачуну транспортера и који утичу на услове експлоатације су:

- Гранулометријски састав,
- Густина,
- Абразивност,
- Угао природног пада,
- Влажност и температура,
- Коефицијент трења и др.

Гранулометријски састав дефинише крупноћу комада као и њихову количину у транспортованом материјалу. Одређује се методом просејавања. На процес транспортовања насипних материјала велики утицај има и сортираност материјала. У зависности од коефицијента сортираности, разликују се несортирани и сортирани материјали [5].

Коефицијент сортираности се дефинише као:

$$k_0 = \frac{a_{\max}}{a_{\min}} \quad (2.1)$$

где је:

$a_{\max}$ - највећа димензија комада,

$a_{\min}$ - најмања димензија комада.

Ако је $k_0 > 2,5$ - материјал је несортиран, а ако је $k_0 < 2,5$ - материјал је сортиран.

Димензије карактеристичног представника комада a' се одређују на следећи начин:

- Код сортираних материјала:

$$a' = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2} \quad (2.2)$$

- Код несортираних материјала:

$$a' = a_{\max}, \text{ ако је } c > 0,1 \quad (2.3)$$

$$a' = 0,8 \cdot a_{\max}, \text{ ако је } c < 0,1 \quad (2.4)$$

где је:

c - однос масе највећих комада m_0 и укупне масе m .

Класификација насипних материјала приказана је у табели 2.1 [5].

Табела 2.1 Класификација насипних материјала

Крупноћа	Димензије карактеристичних комада (mm)	Типични представници
Веома крупни	$a' > 320$	Камен добијен минирањем
Крупни комади	$160 < a' \leq 320$	Руда
Средње крупни	$60 < a' \leq 160$	Камени угаљ
Ситни комади	$10 < a' \leq 60$	Туцаник
Крупнозрнасти	$2 < a' \leq 10$	Шљунак ситни
Ситнозрнасти	$0,5 < a' \leq 2$	Песак крупни
Прашкасти	$0,05 < a' \leq 0,5$	Песак ситни
Прах	$a' \leq 0,5$	Цемент

Ако је $a' > 10 \text{ mm}$ насипни материјал је комадни, ако је $0,5 < a' \leq 10 \text{ mm}$ онда је зрнасти, а за $a' \leq 0,5$ је прашкасти. Комадни материјали преко 500 mm се сматрају негабаритним и пре транспорта се морају уситнити дробљењем.

У табели 2.2 приказана је класификација материјала према коефицијенту дробљења f_d [1].

Табела 2.2 Класификација материјала према коефицијенту дробљења

Високо отпорни на дробљење	$f_d = 20$
Врло отпорни на дробљење	$f_d = 15$
Отпорни на дробљење	$f_d = 10$
Довољно отпорни	$f_d = 6$
Средње отпорни	$f_d = 4$
Довољно мекани	$f_d = 2$
Мекани	$f_d = 1$
Изразито мекани	$f_d = 0,8$
Земљани	$f_d = 0,6$
Прашкасти	$f_d = 0,5$
Таложни	$f_d = 0,3$

Под густином материјала ρ подразумева се однос масе и запремине коју та маса заузима. Код насипних материјала се дефинише насипна густина ρ_m која зависи од густине комада, гранулометријског састава, влажности и друго. Класификација материјала у зависности од густине приказана је у табели 2.3 [5].

Табела 2.3 Класификација материјала у зависности од густине

Опсег густине материјала $\rho_m \text{ (t/m}^3\text{)}$	Класификација материјала
$\rho_m < 0,6$	Лаки
$0,6 \leq \rho_m < 1,1$	Средњи
$1,1 \leq \rho_m < 2$	Тешки
$\rho_m > 2$	Веома тешки

Насипни материјали у току кретања испољавају својство тарења носеће површине уређаја непрекидног транспорта током времена. Ово својство се дефинише као абразивност. У зависности од степена абразивности, насипни материјали се деле на:

- Неабразивне (А),
- Малоабразивне (В),
- Средње абразивне (С),
- Веома абразивне (D).

Лепљивост је својство материјала да се при премештању по неком другом материјалу или при краћем или дужем задржавању на њему, приања односно лепи за његову површину. Она је условљена појавом молекуларних и капиларних сила и узајамним деловањем одвојених честица материјала и траке [1]. Степен лепљивости се мери силом отпора смицања таквог материјала на залепљеној површини.

Карактеристике најраспрострањенијих насипних материјала приказане су у табели 2.4 [5].

Табела 2.4 Карактеристике насипних материјала

Назив материјала	Насипна густина ρ_m (t/m ³)	Угао природног пада (°)			Коеф. трења при мировању		Абразивност
		У миру φ_1	При кретању φ_2	При раду φ_3	По челику	По гуми	
Агломерат гвоздене руде	1,7-2	45	30	20	0,8-1		D
Антрацит, ситнозрнасти суви	0,8-0,95	45	30	20	0,84	0,61	C
Апатит, суви	1,5-1,7	31-45	20-30	15			D
Шљунак, суви	1,5-1,8	30	20	15			
Глина Ситнозрнаста сива	0,7-1,5	50	35	25	0,75-1		A
Влажна глина	1,9-2	45	30	20			B
Шљунак	1,5-2	45	30	15	0,58-1		B
Сува земља у комаду	1,1-1,6	30-40	30	20	0,8		C
Влажна земља у комаду	1,6-1,9	30-40	30	20			C
Доломит суви	1,7-1,9	40	30	20			C
Пепео суви	0,4-0,72	50	40	25	0,6-0,85		D
Кречњак ситнозрнасти	1,5-2,2	45	30	20	0,66-0,96		A
Кречњак у праху	1,6	40	30	20			A
Креч гашени у праху	0,32-0,8	40-50	35	25	0,30		B
Креч печени	1-1,1	30-40	30	20			B
Камен крупнокомadni	1,8-2,2	45	30	20			A
Камен средњи и ситнокомadni	1,3-1,5	45	30	20	0,6-0,81		A
Кокс средњекoмadni	0,48-0,53	35	20	15	0,84		
Креда у праху	0,95-1,2	30-40	20-30	20			A
Креда-средњи и ситни комади	1,4-2,5	40					A
Дрвени опилци, суви	0,16-0,32	40	30	20	0,39-0,83	0,5-0,65	A
Песак суви	1,4-1,65	40	25	15			C
Песак влажни	1,5-1,7	45	35	20			

Назив материјала	Насипна густина ρ_m (t/m ³)	Угао природног пада (°)			Коеф. трења при миновању		Абразивност
		У миру φ_1	При кретању φ_2	При раду φ_3	По челику	По гуми	
Руда гвожђа, ситни и средње крупни комади	2,1-3,5	40-50	35	25	1,2		D
Со техничка	0,72-1,28	40	30	20	0,5-1,2		
Тресет суви	0,33-0,4	45	30	20	0,27-0,75		A
Тресет влажни	0,5-0,6	55	50	25	0,52-0,66		A
Угаљ мрки (сушени)	0,6-0,78	35-45	35	20	0,84		
Угаљ камени-комадни	0,6-0,8	35-40	25	15	0,42-0,6	0,53	B
Угаљ камени ситнозрнасти-сортирани	0,8-1	40	30	20	0,4-0,6	0,64	C
Цемент	1-1,8	40	30		0,65-0,8	0,64	C
Шљака каменог угља-сува	0,6-1	50	35	25	0,4-1,2	0,5-0,66	C
Шљака каменог угља-влажна	0,62-0,71						
Шљака тресета-ситна	1,3-1,9				0,4-0,6	0,46	
Тузаник-суви	1,2-1,8	45	35	25	0,47-0,53		D
Дробљени гипс, комадни	1,3-1,6	40			0,61	0,7	
Цемент портланд	1-1,6	40	25	15	0,35-0,65	0,64	C
Ломљени камен	1,4-1,6	45	35	25	0,5-0,6		C
Материјал за опеке (цигле)	1,2-1,35	45	35	25	0,5-0,6		C

Угао природног пада материјала φ се дефинише као највећи угао нагиба конуса према хоризонталу, кога образује слободна површина насипног материјала. Дефинише се за случај када је материјал у стању миновања φ_1 и стању кретања φ_2 [5]. Угао природног пада зависи од многих фактора попут:

- Крупноће честица,
- Влажности,
- Лепљивости,
- Коефицијента адхезије и др.

Овај угао утиче на површину попречног пресека материјала на траци, а према томе и на капацитет транспорта. При постојању већих комада у материјалу, допуштени угао се смањује, при смањењу брзине угао нагиба се повећава.

Експерименталним путем је утврђено:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \approx 0,7 \quad (2.5)$$

С обзиром да се при транспортовању материјала јављају осцилације носећих елемената уређаја непрекидног транспорта, то доводи до разливања материјала, па се рачунски угао насипања материјала дефинише:

$$\varphi_3 \approx 0,5 \cdot \varphi_2 = (0,35 \div 0,40) \cdot \varphi_1 \quad (2.6)$$

На основу вредности φ_1 и φ_3 насипни материјали, у зависности од покретљивости честица, могу се поделити на лако, средње, и слабо покретљиве, што је и приказано у табели 2.5 [5].

Табела 2.5 Класификација материјала у зависности од покретљивости честица

Покретљивост честица материјала	Типични представници	Угао природног пада при мировању $\varphi_1(^{\circ})$	Угао насипања $\varphi_3(^{\circ})$
Лака покретљивост	Апатит, суви песак, цемент	30-35	15
Средња покретљивост	Агломерат, антрацит, доломит	40-45	20
Слаба покретљивост	Пепео, руде гвожђа, мрки угаљ	50-55	25

Код веома сипкастих материјала угао природног пада материјала једнак је углу унутрашњег трења [5].

Влажност насипних материјала карактерише се садржајем, који није повезан честицама воде и одређује се односом масе испарене воде са масом остатка тврдих честица:

$$w = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) \quad (2.6)$$

где је:

m_1 - маса узорка пре сушења,

m_2 - маса узорка после сушења.

Уређаје непрекидног транспорта можемо разврстати у погонске класе (режиме рада) ради бољег прилагођавања радним условима. Основ за дефинисање режима рада, на основу којих се врши усвајање разних коефицијената који утичу на димензионисање елемената уређаја непрекидног транспорта, чине параметри који ближе дефинишу радно стање уређаја.

У зависности од временског искоришћења и релативног капацитета, уређаје непрекидног транспорта можемо сврстати у пет режима рада:

- Веома лаки режим рада (VL),
- Лаки режим рада (L),
- Средњи режим рада (S),
- Тешки режим рада (T),
- Врло тешки режим рада (VT).

Припадност одређеном режиму рада може се оријентационо, одредити коришћењем табеле 2.6 [5].

Табела 2.6 Класификација уређаја непрекидног транспорта према режиму рада

Релативни капацитет (%)	Режим рада				
	Коефицијент временског искоришћења (%)				
	0-20	20-30	30-50	50-80	80-100
0-50	VL	L	S	T	T
50-63	VL	L	S	T	VT
63-100	VL	S	T	VT	VT

Коефицијент временског искоришћења k_v зависи од времена рада уређаја непрекидног транспорта у току године израженог у сатима, табела 2.7 [5].

Табела 2.7 Коефицијент временског искоришћења уређаја непрекидног транспорта

Време рада уређаја непрекидног транспорта у току године (h)	Коефицијент временског искоришћења k_v (%)
<1600	20
1600-2500	30
2500-4000	50
4000-6300	80
6300-8000	100

Ниво дробљења при транспортовању у многим ситуацијама снижава товарну способност неких материјала. Он се јавља као важан показатељ при прорачуну транспортера, при одређивању оптималне дужине без претоваривања, а такође и за техничко-економску оцену транспортовања тракастим транспортерима [1].

3. Прорачун капацитета тракастих транспортера

При прорачуну и избору параметара транспортера за конкретне услове рада потребно је разликовати теоретски, технички и експлоатациони капацитет.

Теоретски капацитет, или пријемна способност транспортера уједно је и максималан капацитет, при највећем допуштеном пуњењу траке материјалом.

Технички капацитет одговара номиналном режиму раду транспортера. Он се одређује с обзиром на одабране параметре чврстоће траке и снаге погона. Технички капацитет мањи је од теоретског.

Експлоатациони капацитет одређује се на основу стварног протока материјала.

Капацитет транспортних уређаја може се изразити као масени капацитет Q (t/h), запремински V (m³/h) при претовару расутог терета и ситнокомадног материјала који се насипа, при премештању комадних терета капацитет се може изразити као број транспортованих јединица за одређено време Z (kom/h) [6].

При прорачуну капацитета уређаја непрекидног транспорта разматрају се три основна начина преношења материјала:

- Непрекидним током,
- Преношење комадних материјала,
- Преношење материјала у посудама.

У сва три случаја основни параметри за прорачун капацитета су погонска маса q (kg/m) и брзина транспорта v (m/s):

$$Q = 3,6qv \text{ (t/h)} \quad (3.1)$$

При транспорту насипних материјала континуалним током:

$$Q = 3,6qv = 3,6(A \cdot \rho) \cdot v \text{ (t/h)} \quad (3.2)$$

где је:

A – површина попречног пресека струје материјала.

При транспорту комадних терета:

$$Q = 3,6qv = 3,6\left(\frac{m}{t}\right) \cdot v = 0,001mZ \text{ (t/h)} \quad (3.3)$$

где је:

Z – број комада који се премести за сат,

m – маса комада терета.

Број комада који се премести за један сат: $Z = 3600v/t$.

При транспорту материјала континуалним током величина капацитета, поред густине материјала и брзине транспорта зависи и од површине попречног пресека струје материјала. Површина попречног пресека насипног материјала на траци зависи од следећих фактора:

- Типа ваљчаних слогова,
- Угла нагиба бочних ваљака,
- Од ширине траке и ширине на њој насипаног материјала,
- Од карактеристика материјала,
- Гранулометријског састава,
- Угла нагиба транспортера.

3.1. Радна ширина траке и попречни пресеци струје материјала

У данашње време не постоји јединствена метода за одређивање радне ширине траке. За одређивање радне ширине траке b у зависности од ширине траке B најчешће се употребљава следећи израз:

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \text{ (m)} \quad (3.4)$$

Испитивања експлоатације тракастих транспортера показала су, да се као база може прихватити величина радне ширине траке по формули (3.4). Већа величина за радну ширину траке је несврхисходна, јер доводи до повећања просипања материјала са траке.

Упоређивањем прорачуна капацитета при промени ширине траке од 300 до 2000 mm дошло се до закључка, да је за све најраспрострањеније материјале са средњим односом фракција и средњим углом природног пада материјала, разлика између резултата прорачуна достиже 15 до 20%.

Код тракастих транспортера попречни пресек струје материјала зависи од облика траке кога формирају носећи ваљци и изгледа носеће површине траке (глатка или рељефна).

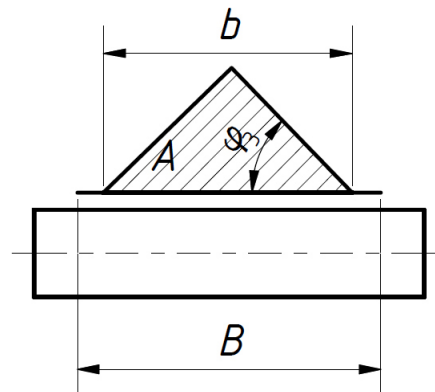
Гумене траке са глатком површином могу имати:

- Раван облик,
- Облик жлеба,
- Лучни облик.

Облици траке према броју ваљака и углу њиховог нагиба су:

- Равни,
- Жлебни са два носећа ваљка ($\alpha = 15^\circ$ и $\alpha = 20^\circ$),
- Жлебни са три носећа ваљка ($\alpha = 20^\circ$, $\alpha = 30^\circ$, $\alpha = 36^\circ$, $\alpha = 45^\circ$),
- Жлебни са пет носећих ваљака ($\alpha_1 = 22,5^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_1 = 18^\circ$, $\alpha_2 = 54^\circ$),
- Лучни.

На слици 3.1 приказан је раван облик траке.



Слика 3.1 Раван облик траке

При ослањању траке на један носећи ваљак формира се раван облик траке, као што је приказано на слици 3.1. Ако се претпостави да је попречни пресек материјала на равној траци у облику једнакокраког троугла, са углом φ_3 , на основици која је једнака радној ширини траке b , онда је:

$$A = 0,25 \cdot b^2 \operatorname{tg}(\varphi_3) \cdot k_\beta \quad (3.5)$$

где је:

k_p - коефицијент смањења пресека материјала за одговарајући нагиб транспортера (табела 3.2),

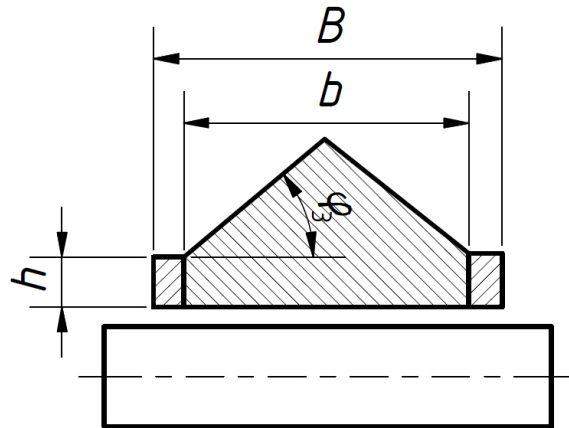
$\varphi_3 = 15^\circ$ - угао насипања материјала на траку,

$b = 0,9 \cdot B - 0,05$ радна ширина траке,

па је:

$$A \approx 0,05B^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.6)$$

Код равне траке са бочним ивицама укупна површина се састоји из површине троугла и површине правоугаоника. На слици 3.2 приказана је равна трака са бочним ивицама.

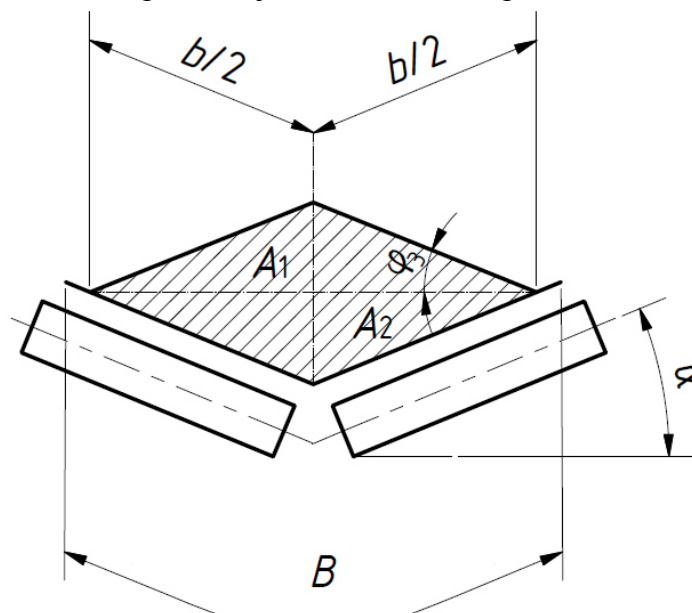


Слика 3.2 Равна трака са бочним ивицама

Код овог типа траке приближна површина износи:

$$A \approx 0,15B^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.7)$$

Ако се трака ослања на два или више ваљака и ако су осе бочних ваљака нагнуте, онда трака формира облик жлеба. У пракси су најзаступљенији жлебови траке са два и три носећа ваљка. На слици 3.3 приказан је жлебни облик траке са два носећа ваљка.



Слика 3.3 Жлебни облик траке са два носећа ваљка

Код жлеба траке са два носећа ваљка укупна површина попречног пресека струје материјала састоји се из површина два троугла:

$$A = A_1 + A_2 = 0,25 \cdot b^2 \left(\cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \cdot k_\beta \quad (3.8)$$

За усвојене вредности b , φ_3 и $\frac{b}{B}$ добија се:

$$A \approx 0,08B^2 \text{ за } \alpha = 15^\circ \quad (3.9)$$

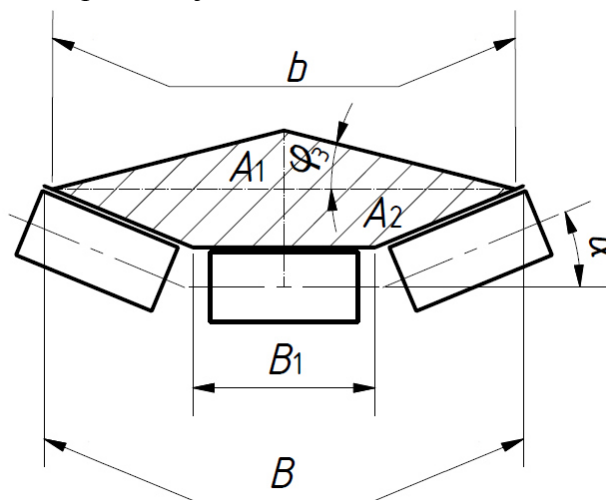
$$A \approx 0,1B^2 \text{ за } \alpha = 20^\circ \quad (3.10)$$

где је:

α - угао бочних ваљака.

За широке траке ($B \geq 1600 \text{ mm}$), синтетичке и гумене, допуштени углови савијања траке су од 36° до 40° . У том случају угао нагиба ваљака је $\alpha = 18^\circ \dots 20^\circ$.

Код жлеба са три носећа ваљка, укупна површина попречног пресека струје материјала једнака је збиру површине троугла A_1 и површине трапеза A_2 . Жлебни облик траке са три носећа ваљка приказан је на слици 3.4.



Слика 3.4 Жлебни облик траке са три носећа ваљка

Површина попречног пресека струје материјала:

$$A = A_1 + A_2 \quad (3.11)$$

где је:

$$A_2 = 0,25 \cdot (b^2 - B_1^2) \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.12)$$

Укупна површина је:

$$A = 0,25B^2 \left[k_\beta K_B^2 \operatorname{tg} \varphi_3 + (K_B^2 - K_1^2) \cdot \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (3.13)$$

Када се усвоје одговарајуће вредности за k_β , φ_3 , $K_B = \frac{b}{B}$ и $K_1 = \frac{B_1}{B} = 0,38$, добија се [3]:

$$A \approx 0,11B^2 \text{ за } \alpha = 20^\circ \quad (3.14)$$

$$A \approx 0,14B^2 \text{ за } \alpha = 30^\circ \quad (3.15)$$

Стандардна дужина ваљака L_1 као и оптималне дужине средњих ваљака L_{opt} , које одговарају максималној површини пресека материјала при одговарајућим угловима нагиба бочних ваљака и у зависности од ширине траке приказане су у табели 3.1. У овој табели приказане су величине дужина средњих ваљака примењиваних у пракси.

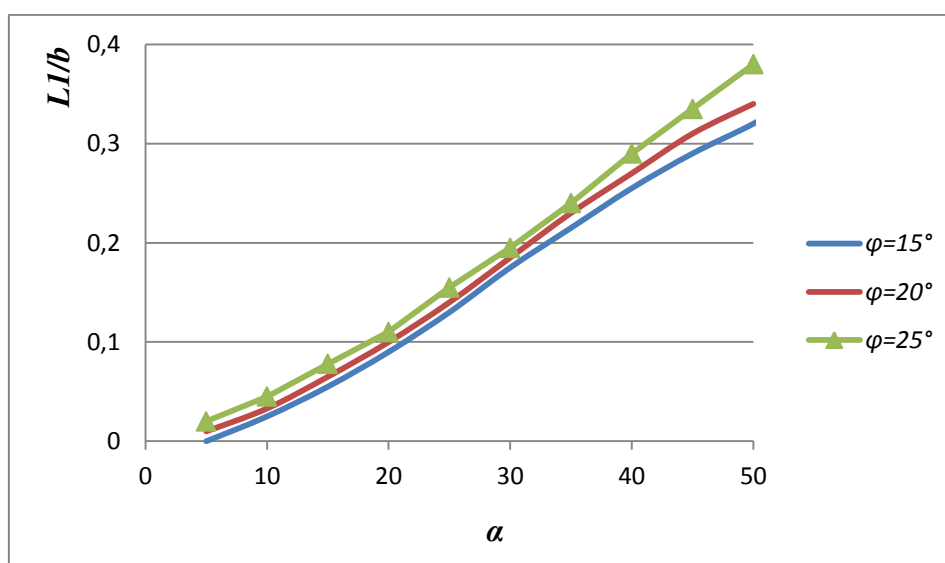
Највећи пресек материјала постиже се код средњег ваљка, који има мању дужину од бочног [1].

Табела 3.1 Оптимална дужина средњих ваљака у зависности од ширине траке

Параметар (mm)	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
L_1	160	200	250	315	380	465	530	580	650	720
$L_{opt}(\alpha = 20^\circ)$	42	53	64	86	100	120	150	173	187	216
$L_{opt}(\alpha = 36^\circ)$	70	90	120	150	190	225	270	310	350	390

Смањивањем дужине средњег најоптерећенијег ваљка повећава се рок трајања његових лежајева. Тако је код ваљака једнаке дужине и угла нагиба бочних ваљака од 35° оптерећење средњег ваљка око 70% веће. Подаци о року трајања лежајева средњег ваљка за траку ширине 2200 mm показују, да код дужине средњег ваљка од 800 mm његови лежајеви трају приближно упола мање него код његове дужине од 600 mm. Али због унификације и удобности експлоатације обично се даје предност носећим ваљцима једнаке дужине.

На слици 3.5 приказан је дијаграм зависности односа дужине ваљка и радне ширине траке од угла нагиба бочних ваљака и угла насипања материјала на траку.



Слика 3.5 Зависност $\frac{L_1}{b}$ од φ и α

Нове синтетичке и гумене траке дају могућност постављања бочних ваљака под углом од 30° без значајнијег смањења рока трајања траке, а нарочито широке траке – под углом од 36° и 45° . У том случају је повећање производности око 10% у односу на ваљчане слојеве са углом нагиба бочних ваљака од 30° . Препоручује се примена следећих углова нагиба бочних ваљака код траке са три носећа ваљка, у зависности од ширине синтетичке и гумене траке:

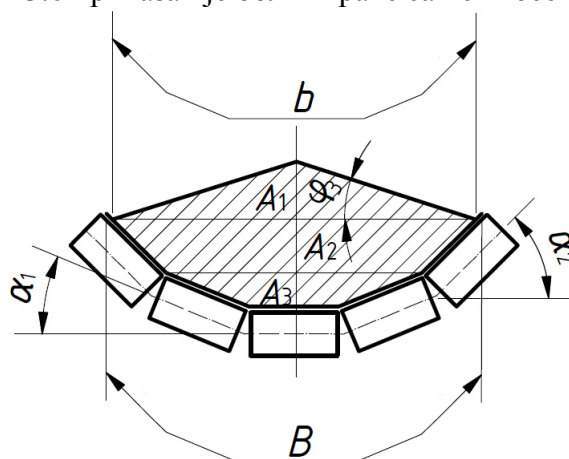
$$\alpha = 20^\circ \text{ за } B < 800 \text{ mm}, \quad (3.16)$$

$$\alpha = 30^\circ \text{ за } B = 800 \dots 1400 \text{ mm}, \quad (3.17)$$

$$\alpha = 36^\circ \text{ за } B > 1400 \text{ mm}. \quad (3.18)$$

Основни услов примене жлебног облика траке са пет носећих ваљака јесте да се крајњи ваљци не постављају под углом већим од 45° . У том случају унутрашњи ваљци постављени су под углом од $22,5^\circ$.

Природно је да су такви углови нагиба бочних ваљака повољнији за траку, него што су код траке са три носећа ваљка, са углом нагиба од 30° и 36° , а у исто време се повећава капацитет за 10% у односу на транспортере са три ваљка. Недостатак ових слогова састоји се у томе да се повећањем броја ваљака повећава допунски отпор кретању траке и у том случају се повећава број лежајева, а према томе и цена транспортера. На слици 3.6 приказан је облик траке са пет носећих ваљака.



Слика 3.6 Облик траке са пет носећих ваљака

У овом случају код угла нагиба бочних ваљака $\alpha_1 = 28^\circ$, $\alpha_2 = 56^\circ$ површина постаје оптимална за $\varphi_3 = 20^\circ$ па је [1]:

$$A = (0,155 + 0,160 \cdot \operatorname{tg} \varphi_3) \cdot b^2 \quad (3.19)$$

Вредности коефицијента k_β , који се јавља при прорачуну површине попречног пресека струје материјала представља коефицијент који у обзир узима смањење пресека струје материјала при порасту угла нагиба транспортера и његове вредности дате су у табели 3.2 [5].

Табела 3.2 Вредност коефицијента k_β у зависности од угла нагиба транспортера

Угао нагиба транспортера $\beta(^{\circ})$	k_β	Угао нагиба транспортера $\beta(^{\circ})$	k_β
0 ÷ 10	1	36 ÷ 40	0,81
11 ÷ 15	0,95	41 ÷ 45	0,76
16 ÷ 20	0,90	46 ÷ 50	0,72
21 ÷ 25	0,88	51 ÷ 55	0,66
26 ÷ 30	0,86	56 ÷ 60	0,64
31 ÷ 35	0,84		

Овај коефицијент се уводи при прорачуну косих транспортера и његова вредност је мања од 1. Он зависи од многих фактора. На пример, неправилни облик честица материјала може повећати допуштени угао нагиба у односу на честице у облику сфере.

Код несортираног материјала угао нагиба може бити већи него код сортираног или већих комада материјала. Равномерно оптерећена трака даје могућност повећања угла нагиба транспортера.

На коефицијент k_β битно утиче и влажност материјала. На пример, при промени влажности песка са 1,4 до 3,5 ÷ 4% величина k_β при углу $\beta = 21^\circ$ повећава се са 0,42 на 0,78. Повећање влажности песка од 12 ÷ 13% поново смањује k_β на 0,5.

3.2. Брзина кретања транспортне траке и минимална ширина

Капацитет транспортера такође зависи и од брзине траке. У пракси, а и прорачуном економичности, често се предлаже смањење ширине траке и одговарајуће повећање њене брзине. Повећањем брзине смањује се погонско оптерећење, при чему се такође снижава и натежање траке, што омогућава коришћење траке са мањом чврстоћом. У вези са тим смањује се и њена цена, или се код исте чврстоће траке омогућава повећање дужине транспортера. Код трака са мањим бројем уложака захтевају се мање димензије добоша, те се смањује маса покретних делова транспортера.

Пораст протока и капацитета такође захтева повећање брзине кретања транспортера.

Примена већих брзина није увек оправдана јер се јављају одређене техничке потешкоће попут повећања носивости лежајева. Брзина се одређује и на основу следећих услова:

- Експлоатације транспортера,
- Његове намене,
- На основу облика и гранулометријског састава материјала,
- Ширине траке,
- Начина утовара,
- Распореда материјала на траци.

Утврђено је да код већих брзина и мале ширине траке, њено кретање понекад је нестабилно и ствара интензивније просипање материјала са транспортера, постоји опасност померања траке у страну у случају искривљења ваљака, на месту утовара трака се више троши и тражи боље уређаје за чишћење, повећава се опасност од запаљења траке због њеног трења о непокретне предмете што нарочито важно узети у обзир у подземним условима рада, јавља се дробљење сувих крхких материјала. У табели 3.3 приказане су предложене брзине траке у односу на ширину, за подземне услове рада [1].

Табела 3.3 Зависност брзине од ширине траке

B (mm)	800	1000	1200	1600	2000
v (m/s)	1,6 ÷ 2	1,6 ÷ 2,5	2 ÷ 3,15	3,15	3,15

За отворене радове ове величине су нешто повећане, али при томе треба узети у обзир намену постројења, што произилази из услова сигурности за производњу и експлоатацију.

Обично се унутар транспортног система брзине не узимају веће од 6,3 m/s, док за оне транспортере који стварају насипе, брзина може постићи величину од 8 до 10 m/s.

У табели 3.4 приказана је максимална допуштена брзина траке приликом истовара преко челичног добоша у m/s [1].

Табела 3.4 Допуштена брзина траке приликом истовара преко челичног добоша

Карактеристике транспортованог материјала	Ширина траке B (mm)							
	400- 500	650	800	1000	1200	1400	1000- 1800	2000- 3000
Прашинасти, суви, крти	1	1	1	1,25	1,25	1,6	1,6	2
Крхки, комадасти	1,25	1,6	2	2	2,5	2,5	3,15	4
Зрнасти, прашкасти материјали	1,6	2,5	3,15	4	4 ÷ 5	5	5 ÷ 6,3	6,3 ÷ 8
Ситнокомадасти, $a \leq 60$ mm	1,6	2	2,5	3,15	4	5	5	6,3 ÷ 8
Средње комадасти, лаки $a \leq 160$ mm	1,6	2	2,5	3,15	4	4	5	5
Средње комадасти, тешки $a \leq 160$ mm	-	1,6	2	2,5	3,15	3,15	4	-
Крупни, лаки $a = 170...350$ mm	-	-	1,6	2	2,5	2,5	3,15	3,15
Крупни, тешки $a = 170...350$ mm	-	-	1,25	1,6	2	2	2,5	2,5
Крупни $a \leq 350$ mm	-	-	-	-	2	2,5	2,5	3,15

У табели 3.5 приказане су вредности брзине траке при транспорту комадних материјала [5].

Табела 3.5 Брзина траке при транспорту комадних материјала

Облик паковања		Брзина траке (m/s)	
		Препоручена	Максимална
Паковања у тврдој и мекој амбалажи (сандуци, бурад, кутије)	до 15 kg	0,5 ÷ 0,8	1,5
	од 15 до 50 kg	0,3 ÷ 0,5	1,2
Ролне (хартије) до 250 kg		0,3 ÷ 0,5	0,8
Цакирани материјал (цемент, хемикалије)		0,3 ÷ 0,5	1,6
Паковања у тврдој амбалажи од 200-350 kg		0,2 ÷ 0,4	1

Код крхких материјала, транспорт већим брзинама може довести до дробљења материјала, па се не препоручује брзина траке већа од 1,6 до 2 m/s. У осталим случајевима, зависно од типа материјала, конструкције транспортера итд., брзина траке

не узима се већа од 4 m/s. При коришћењу различитих типова истоварних уређаја допуштене брзине су знатно мање.

Максимална брзина траке у зависности од начина пражњења:

- При пражњењу преко добоша $v_{\max} = 2$ (m/s),
- При плужном пражњењу ситнозрнастих материјала $v_{\max} = 1,6$ (m/s),
- При плужном пражњењу комадних материјала $v_{\max} = 1,25$ (m/s).

При транспортовању материјала који садржи крупне комаде, ширина траке, одређена према капацитету, мора бити проверена према крупноћи материјала. Прорачуната ширина траке мора бити већа од минималне ширине, која зависи од врсте транспортованог материјала [1]:

$$\text{- За несортиран материјал } B = 2a' + 200 \text{ (mm),} \quad (3.20)$$

$$\text{- За сортиран материјал } B = 3,3a' + 200 \text{ (mm),} \quad (3.21)$$

где је:

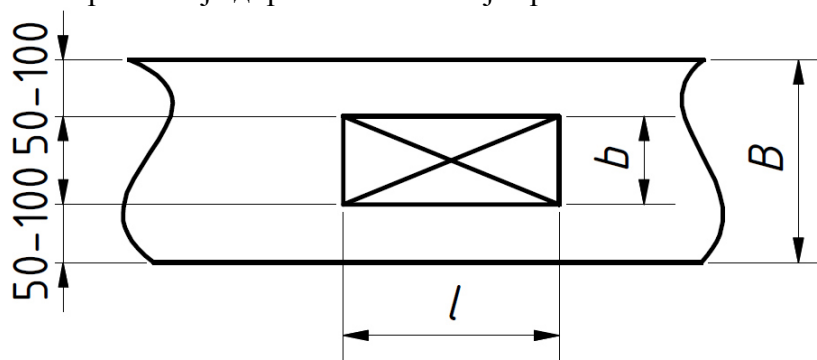
a' (mm) - димензија карактеристичног материјала.

При транспорту комадних терета ширина траке се одређује из услова да са обе стране терета, по ширини траке, остане најмање 50 ÷ 100 mm слободног простора.

Положај комадног терета на траци може бити:

- Произвољан и
- Диригован.

На слици 3.7 приказан је диригован положај терета.

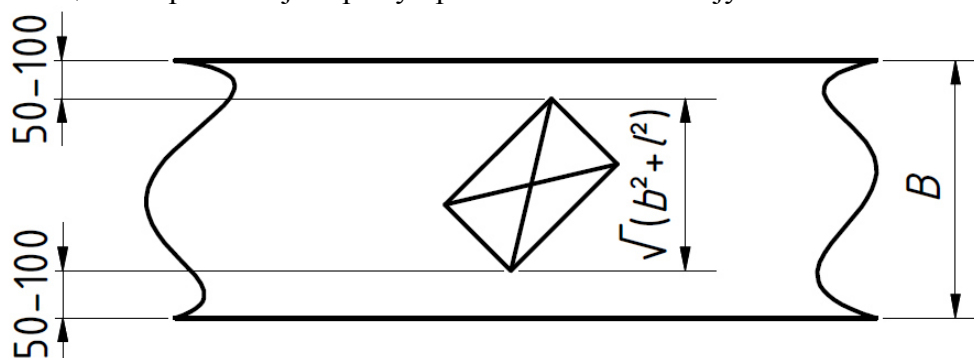


Слика 3.7 Диригован положај терета

При диригованом положају терета ширина траке се одређује из израза:

$$B = b + (100 \div 200) \text{ (mm).} \quad (3.22)$$

На слици 3.8 приказан је терет у произвољном положају.



Слика 3.8 Произвољан положај терета

При произвољом положају терета ширина траке се одређује из израза:

$$B = \sqrt{b^2 + l^2} + (100 \div 200) \text{ (mm)}, \quad (3.23)$$

где је:

b (mm) - ширина терета,

l (mm) - дужина терета.

Израчуната ширина траке се заокружује на прву већу стандардну вредност [5].

Ширина траке за преношење коадне робе одређује се на основу димензија транспортованих комада. Ако се тракастим транспортером остварује преношење коадних материјала чије су највеће димензије (дужина странице) 100 mm и више, проверава се да ли је задовољена вредност најмање ширине траке. У табели 3.6 дате су вредности најдуже ивице коад транспортованог материјала и најмање ширине траке, тако да уколико је потребно, с обзиром на димензије коад, или се повећава ширина изабране траке или се по потреби смањује брзина траке транспортера [6].

Табела 3.6 Зависност ширине траке од најдуже ивице коад материјала

Најдужа ивица коад (mm)	Најмања ширина траке B (m)	Најдужа ивица коад (mm)	Најмања ширина траке B (m)
100	0,4	400	1
150	0,5	500	1,2
200	0,65	600	1,4
300	0,8	-	-

3.3. Прорачун капацитета и избор ширине траке код дефинисаног протока

Препоручен је следећи поступак прорачуна параметара капацитета транспортера.

Теоретски капацитет транспортера Q (t/h) и V (m³/h), ако она није непосредно задана пројектним задатком, одређује се на основу заданог сменског, дневног или годишњег плана капацитета.

$$Q = \frac{Q_{sm}k}{T_{sm}k_v} = \frac{Q_dk}{mT_{sm}k_v} = \frac{Q_gk}{n \cdot mT_{sm}k_v} \text{ (t/h)} \quad (3.24)$$

где је:

Q_{sm} - потребна количина материјала за рад у смени,

Q_d - потребна количина материјала за рад на дан,

Q_g - потребна количина материјала за рад у години,

T_{sm} (h) - радно време у смени,

k_v - коефицијент временског искоришћења рада (табела 2.7),

m - број смена на дан,

n - број радних дана у години,

k - коефицијент неравномерности насипања материјала (табела 3.7).

Коефицијент временског искоришћења рада може се одредити помоћу следећег израза:

$$k_v = \frac{t_m}{T_{sm}} \quad (3.25)$$

где је:

t_m (h) - стварно време рада уређаја непрекидног транспорта у току једне смене.

Коефицијент временског искоришћења рада зависи од типа и намене транспортера, карактера и услова рада, ремонта транспортера, а може се узети у интервалу од 0,7 до 0,95. Тако на пример транспортер на површинском копу има вредност од 0,8 до 0,9.

Коефицијент неравномерности насипања материјала представља однос највећег рачунског капацитета и средњег капацитета транспортера:

$$k = \frac{Q_{\max}}{Q_{sr}} \quad (3.26)$$

У табели 3.7 приказане су вредности коефицијента неравномерности у зависности од услова рада [1].

Табела 3.7 Коефицијент неравномерности насипања материјала

Услови рада	k - Коефицијент неравномерности насипања материјала
Веома лаки	1
Лаки	1,1
Средњи	1,2
Тешки	1,3
Веома тешки	1,5

Мање величине узимају се обично за стално насипање транспортера, са применом уређаја за додавање материјала, док се веће вредности узимају за периодично насипање без међубункера.

У пројектном задатку може бити задат и запремински капацитет. Са познавањем масеног капацитета Q (t/h), запремински се дефинише као:

$$V = 1000 \frac{Q}{\rho} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (3.27)$$

При прочуну уређаја непрекидног транспорта сматра се да је транспортовани материјал равномерно распоређен дуж уређаја, па се дефинише маса јединице дужине (погонска маса) q .

При транспортовању насипних материјала континуалним током:

$$q = A \cdot \rho \text{ (kg/m)} \quad (3.28)$$

где је:

A - површина попречног пресека струје материјала,

ρ - густина материјала (табела 2.4).

Ако се транспортују комадни терети:

$$q = \frac{m}{t} \text{ (kg/m)} \quad (3.29)$$

где је:

m - маса једног комада,

t - растојање између два суседна комада (корак).

Код заданог или прорачунатог капацитета транспортера потребно је ширину траке одредити према површини попречног пресека материјала на траци, брзини кретања траке, густини, са провером у односу на величине комада транспортованог материјала, а бирајући је из дефинисаног реда ширина трака: 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800 и 3000 mm.

Највећа брзина кретања траке у зависности од карактеристика материјала, ширине траке, начина утовара и истовара, препоручује се узети из следећег реда: 0,85 – 1,06 – 1,32 – 1,7 – 2,12 – 2,65 – 3,35 – 4,25 – 5,3 – 6,7 – 8,5 (допуштена одступања од назначених величина су у дијапозону $\pm 10\%$).

Минимална брзина кретања траке код транспортовања већег броја насипних материјала не треба да буде нижа од 0,8 до 1 m/s, осим у посебним случајевима.

Код косих транспортера ширину траке можемо израчунати на следећи начин:

$$B = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q}{v \cdot \rho \cdot k \cdot k_{\beta}}} + 0,05 \right) \text{ (m)} \quad (3.30)$$

где је:

Q (t/h) – потребни капацитет,

v (m/s) – брзина траке,

k - коефицијент који зависи од угла насипања материјала на траку (табела 3.8),

k_{β} - коефицијент смањења капацитета (табела 3.2).

У табели 3.8 приказане су вредности коефицијента k који зависи од угла насипања материјала на траку [5].

Табела 3.8 Вредности коефицијента k

Облик траке	Угао бочних ваљака $\alpha(^{\circ})$	Угао насипања материјала на траку $\varphi_3(^{\circ})$		
		15	20	25
Равни облик	-	240	325	420
Облик жлеба са два ослона ваљка	15	450	535	620
	20	520	570	620
Облик жлеба са три ослона ваљка	20	470	550	640
	30	550	625	700
	36	585	655	725
	45	635	690	750

Коефицијент смањења капацитета на косом транспортеру превасходно зависи од карактера покретљивости честица насипног материјала и угла нагиба транспортера. Код транспортовања комадастих материјала, ширина траке, одређена према прорачунском капацитету, мора бити проверена према димензијама комада материјала. Максималне величине комада материјала, допуштених за одређену ширину траке, приказане су у табели 3.9. У општем случају, ако одабрана ширина траке не одговара подацима према табели 3.9 у односу на величине комада транспортованог материјала, неопходно је одабрати најближу већу ширину траке из дефинисаног реда ширина и смањити брзину кретања траке на одговарајући ниво ради добијања траженог капацитета транспортера [1].

Табела 3.9 Максималне величине комада материјала за одређену ширину траке

Ширина траке B (mm)	a (mm), при садржају крупних комада у транспортованом материјалу у % (по маси)						
	5	10	20	50	80	90	100
400	150	130	100	90	80	70	60
500	200	160	150	120	100	90	90
650	270	220	200	160	140	130	120
800	350	300	250	220	200	170	160
1000	450	360	350	300	250	220	200
1200	500	450	400	350	300	280	250
1400	600	500	450	400	350	330	300
1600	650	550	500	450	400	350	320
1800	700	600	550	500	450	400	350
2000	750	650	600	550	500	450	400
2200	800	700	650	600	550	500	450
2400	850	750	700	650	600	550	500

Теоретски капацитет тракастих транспортера са разним врстама носећих ваљака за насипне материјале са различитом покретљивошћу честица, када је $\rho = 1 \text{ t/m}^3$, $v = 1 \text{ m/s}$ и $\beta = 0$ дата је у табели 3.10 [1].

Табела 3.10 Капацитет тракастих транспортера

Носећи слог	φ_3	Капацитет у (t/h) при ширини траке у (mm)										
		650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	3000
Са три ваљка $\alpha = 20^\circ$	15	135	210	340	500	690	910	1160	1440	-	-	-
	20	160	250	400	580	810	1070	1360	1690	-	-	-
	25	180	290	460	680	920	1240	1580	1950	-	-	-
Са три ваљка $\alpha = 30^\circ$	15	-	245	400	580	810	1060	1360	1690	-	-	-
	20	-	280	450	660	910	1210	1540	1920	-	-	-
	25	-	320	510	740	1030	1370	1740	2170	-	-	-
Са три ваљка $\alpha = 36^\circ$	15	-	-	-	625	855	1140	1450	1800	2300	2860	-
	20	-	-	-	700	960	1280	1610	2000	2570	3200	-
	25	-	-	-	795	1090	1450	1850	2300	2930	3640	-
Са пет ваљака $\alpha = 18^\circ$ $\alpha = 54^\circ$	15	-	-	-	-	-	-	-	1870	2330	2930	4200
	20	-	-	-	-	-	-	-	1950	2560	3240	4670
	25	-	-	-	-	-	-	-	2160	2860	3600	5200
Равни	15	145	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	160	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Прорачун вучне силе и снаге погонског мотора тракастог транспортера

Основни подаци за прорачун вучне силе су:

- Дужина транспортера са шемом трасе,
- Угао нагиба транспортера,
- Карактеристике материјала попут густине, влажности, абразивности итд.,
- Теоретски капацитет,
- Брзина кретања траке,
- Ширина траке,
- Тип и параметри носећих слогова,
- Температура околине,
- Локација постројења и
- Услови експлоатације.

У зависности од намене примењују се два поступка прорачуна вучне силе:

- Оријентациони и
- Детаљни.

За оријентационе прорачуне примењује се општи коефицијент отпора кретању траке W . Као резултат добијају се приближне вредности снаге погона, параметри траке и њено напрезање у карактеристичним тачкама. Тачност оријентационих прорачуна је потпуно довољна при пројектовању транспортера мале дужине са ужом траком, а такође и за многе случајеве при избору серијско израђених транспортера.

При пројектовању савремених, снажних, дугих транспортера, који постижу све већу примену, оријентациони прорачун може довести до великих грешака у одређивању параметара и елемената конструкције транспортера, зато се њиме треба користити само за претходно одређивање основних параметара транспортера према пројектном задатку.

Овим се и објашњава, што су у последње време вршена опширна теоретска и експериментална испитивања са циљем што тачнијих прорачуна сила отпора кретању, у односу на сложену зависност од различитих услова.

Треба имати у виду да детаљни прорачун омогућава пројектовање транспортера са највећим техничко – експлоатационим показатељима, а губици на извршењу допунског прорачуна не представљају велики износ у односу на економичност, која се добија при изради и експлоатацији тракастих транспортера.

Контура, коју обликује трака састоји се од праволинијских и закривљених делова.

Најчешће се транспортер састоји од два праволинијска паралелна огранка спојена међусобним закривљеним деловима, на којима трака обухвата добоше.

Силе отпора кретању, које делују на тим деловима, деле се на силе распоређене по дужини транспортера и концентрационе отпоре. Ове последње су силе отпора на повратним деловима, на местима насипања материјала, на местима истовара и друго.

За одређивање вучне силе користи се поступак обиласка по контури траке, која има означене тачке преласка са праволинијских делова на закривљене и друге карактеристичне тачке. Најпре се врши нумерисање тих тачака у смеру кретања вучног елемента транспортера, почев од тачке са најмањом силом затезања. Најчешће је то

тачка силаска гране вучног елемента са погонског елемента. Натезање траке у свакој следећој тачки једнако је збиру натезања у претходној тачки, па је сила отпора на делу између тих тачака:

$$F_{(i+1)} = F_i + W_{i+(i+1)} \text{ (N)} \quad (4.1)$$

где је:

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

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

Одредивши и сабравши све делујуће силе отпора на деловима транспортера са концентрисаним отпорима, добијамо силу отпора кретању W (вучна сила), која је једнака разлици натезања у коначној и почетној тачки:

$$F_0 = F_n - F_1$$

Неопходна снага на вратилу погонског добоша одређује се формулом:

$$P_0 = 10^{-3} \frac{F_0 v}{\eta_v} \text{ (kW)} \quad (4.2)$$

где је:

F_0 - вучна сила са утицајем отпора превијања вучног елемента од тачке наилаaska до тачке силаска траке са погонског добоша,

v - брзина кретања вучног елемента,

η_v - коефицијент корисног дејства вратила погонског добоша.

Величине η за различите механизме дате су у табели 4.1 [1].

Табела 4.1 Вредности коефицијента корисног дејства

Врста преноса	Вредност коефицијента η
За зупчасти пренос, са цилиндричним зупчаницама, подмазани уљем	0,97
За конични зупчасти пренос	0,96
За зупчасти пренос, са цилиндричним зупчаницама, подмазани машћу	0,95
За пужни пренос	0,5-0,6

Максимална затезна сила коју вучни елемент треба да пренесе дефинисана је изразом:

$$F_{\max} = F_n = F_0 + F_s \text{ (N)} \quad (4.3)$$

при чему је: $F_s = F_1$.

Са познавањем максималне затезне силе вучног елемента могуће је одредити рачунски (минимални) број вучних слојева траке, при чему мора бити испуњен услов да је тај број мањи или једнак усвојеном броју. У случају да није испуњен тај услов, онда се усваја трака са већим бројем вучних слојева.

Потребан број вучних слојева траке:

$$z_r = \frac{F_{\max}}{k_r \cdot B} \leq Z \quad (4.4)$$

где је:

k_r (N/mm) – дозвољено оптерећење слоја гумене траке,

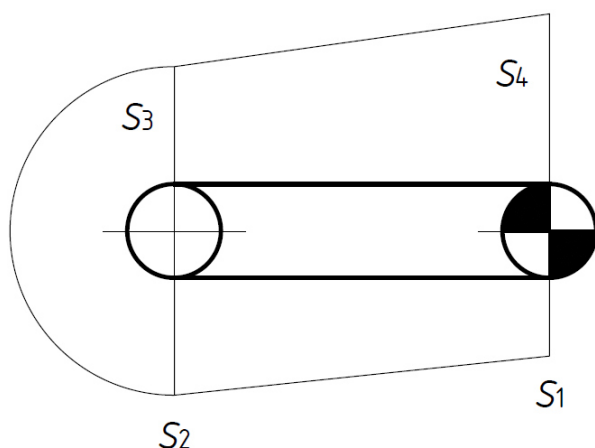
$$k_r = \frac{\sigma_r}{n} \quad (4.5)$$

где је:

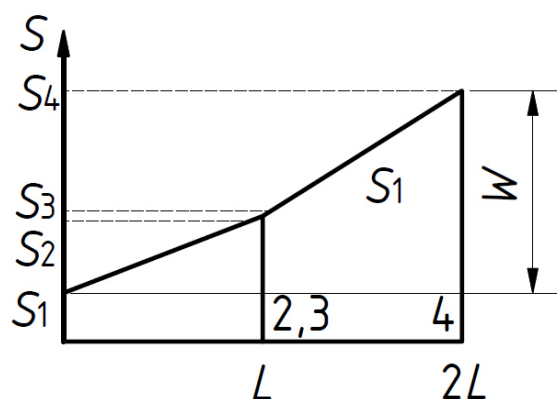
σ_r (N/mm) – затезна чврстоћа 1 mm ширине слоја траке,

n – степен сигурности (табела 5.6).

Начини приказивања дијаграма натезања траке може бити по контури и по развијеној траци. На слици 4.1 приказан је начин приказивања дијаграма натезања траке.



а)



б)

Слика 4.1 Начин приказивања дијаграма натезања траке

а) по контури

б) по развијеној траци

Ради прегледности можемо рачунским путем одређена натезања приказати у облику дијаграма у одређеној размери, по контури траке или по њеној развијеној величини [1].

Изабрана трака транспортера мора да испуни услов преношења максималне силе затезања траке:

$$F_{\max} = k_s \cdot F_0' \text{ (N)} \quad (4.6)$$

где је:

$$k_s = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1},$$

F_0' - вучна сила.

Приближна вредност вучне силе за тракасте транспортере може се одредити из израза [5]:

$$F_0' = [\omega L_h (q_M + q_{tr}) \pm q_M H] g k_k + W_{pl} \text{ (N)} \quad (4.7)$$

где је:

L_h (m) – дужина хоризонталне пројекције транспортера,

$$L_h = L \cos \beta \quad (4.8)$$

q_M (kg/m) – погонска маса транспортованог материјала,

$q_{tr} = q_{tr}^R + q_{tr}^N$ (kg/m) – погонска маса покретних делова транспортера,

$q_{tr}^R = q_T + q_r^R$ – погонска маса покретних делова транспортера у радном делу,

$q_{tr}^N = q_T + q_r^N$ – погонска маса покретних делова транспортера у нерадном делу,

ω – коефицијент отпора кретању траке преко носећих ваљака (табеле 4.2, 4.3, 4.4)

H – висина дизања материјала,

$$H = L \sin \beta,$$

k_k – коефицијент конструктивних карактеристика транспортера (табела 4.5).

Коефицијенти отпора кретању траке по носећим ваљцима бирају се на основу услова експлоатације и конструкције транспортера. У табели 4.2 приказане су вредности коефицијента отпора кретању траке преко носећих ваљака за гумене траке [5].

Табела 4.2 Коефицијент отпора кретању траке

Врста лежаја ваљка	Режим рада транспортера	Коефицијент отпора ω за гумене траке	
		Равна	У облику жлеба
Котрљајни	Лаки: средина чиста и сува, без прашине	0,018	0,020
	Средњи: грејана средина са нормалном влажношћу ваздуха и малим садржајем прашине	0,022	0,025
	Тешки: негрејане средине са повећаном влажношћу ваздуха и повећаним садржајем прашине	0,035	0,040
Клизни	Средњи услови рада	0,040	0,060
	Веома тешки услови рада	0,060	0,065
При температурама испод -20 °С вредност ω се увећава за 20%			
При раду са брзинама већим од 3 m/s вредност за ω се увећава $1,5 \cdot 10^{-3}(\nu - 3)$			

У табели 4.3 приказане су вредности коефицијента отпора кретању траке преко носећих ваљака за челичне траке [5].

Табела 4.3 Коефицијент отпора кретању траке

Уређај за ношење траке	Услови рада	
	Затворен простор без прашине	Отворен простор или средине са садржајем прашине
Равни носећи ваљци:		
- Са котрљајним лежајевима	0,02-0,04	0,05-0,06
- Са клизним лежајевима	0,1	0,2
Спирални са котрљајним лежајевима	0,03-0,05	0,07-0,09
Клизне плоче:		
- металне	0,3	0,4
- дрвене	0,5	0,6

У табели 4.4 приказане су вредности коефицијента отпора кретању траке преко носећих ваљака у подземним условима рада [1].

Табела 4.4 Коефицијент отпора кретању траке

Тип транспортера	Горњи огранак	Повратни огранак	Општи коефицијент отпора
Снажни магистрални транспортер, стационарни	0,021-0,025	0,025-0,035	0,025
Магистрални стационарни транспортер, мала запрљаност траке	0,025-0,03	0,03-0,04	0,03
Полустационарни транспортер, јако прљање траке	0,03-0,035	0,035-0,045	0,035
Превозни транспортер, велико прљање и запрашена атмосфера	0,035-0,45	0,04-0,05	0,04

У табели 4.5 дате су вредности коефицијента геометријских и конструктивних карактеристика транспортера [5].

Табела 4.5 Коефицијент геометријских карактеристика транспортера.

Дужина транспортера (m)	10	20	30	40	50	100	200	300	500	>1000
Коефицијент k_k	4,5	3,2	2,8	2,6	2,4	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1

4.1. Отпори при кретању траке

Да би се остварио погон тракастог транспортера, снага погонског мотора треба да савлада све отпоре који се при транспорту материјала јављају:

- Од подизања материјала,
- Од трења у лежајевима носећих ваљака на оптерећеном и неоптерећеном делу траке,
- Од трења у лежајевима на вратилима погонског, затезног, отклоног и превојног добоша,
- Од савијања траке,
- Од истоварно – утоварних уређаја,
- Од отпора кретању траке преко ваљака.

Овим отпорима треба додати и отпоре у погонском механизму, од мотора до вратила погонског добоша.

Ако су познате главне карактеристике транспортера, онда се укупни отпор кретању одређује тако што се прво појединачно одреде сви отпори.

Отпори на праволинијском оптерећеном радном делу транспортера одређују се из израза:

$$W_P^{RO} = \omega g [(q_M + q_{VE}) L_h^{RO} + q_r^R l^{RO}] \pm (q_M + q_{VE}) g H^{RO} \text{ (N)} \quad (4.9)$$

где је:

ω – коефицијент отпора кретању траке преко носећих ваљака (табеле 4.2, 4.3, 4.4),

q_M (kg/m) – погонска маса транспортованог материјала,

q_{VE} (kg/m) – погонска маса вучног елемента код тракастог транспортера,

$q_{VE} = q_T$ – погонска маса траке,

L_h^{RO} (m) – дужина хоризонталне пројекције оптерећеног радног дела,

$L_h^{RO} = L^{RO} \cos \beta$

L^{RO} (m) – дужина оптерећеног радног дела,

β (°) – угао нагиба транспортера према хоризонтали,

$q_r^R = m_r / l_r$ (kg/m) – погонска маса ротирајућих делова на радном делу,

m_r (kg) – маса ротирајућих делова једног ваљка на радном делу,

l_r (m) – корак носећих ваљака на радном делу (табела 4.10),

H^{RO} (m) – висина вертикалне пројекције радног оптерећеног дела,

$H^{RO} = L^{RO} \sin \beta$.

Отпори на праволинијском радном неоптерећеном (празном) делу транспортера:

$$W_P^{RN} = \omega g (q_r^R L^{RN} + q_{VE} L_h^{RN}) \pm q_{VE} g H^{RN} \text{ (N)} \quad (4.10)$$

где је:

L^{RN} (m) – дужина неоптерећеног радног дела,

L_h^{RN} (m) – дужина хоризонталне пројекције радног неоптерећеног дела,

H^{RN} (m) – висина вертикалне пројекције радног неоптерећеног дела.

Отпори на праволинијском нерадном (повратном) делу транспортера:

$$W_p^N = \omega g (q_r^N L^N + q_{VE} L_h^N) \pm q_{VE} g H^N \text{ (N)} \quad (4.11)$$

где је:

$q_r^N = m_n / l_n$ (kg/m) – погонска маса ротирајућих делова на нерадном делу,

m_n (kg) – маса ротирајућих делова једног ваљка на радном делу,

l_n (m) – корак носећих ваљака на нерадном делу,

L^N (m) – дужина нерадног дела,

L_h^N (m) – дужина хоризонталне пројекције нерадног дела,

H^N (m) – висина вертикалне пројекције нерадног дела.

У изразима 4.9, 4.10, 4.11, знаци $\pm$ означавају транспорт уз нагиб, односно низ нагиб.

У случају да се вучни елемент ослања на клизне плоче, у изразима 4.9, 4.10, 4.11 треба избацити погонске масе ротирајућих делова, а уместо коефицијента отпора ω ставити коефицијент трења μ .

Вредности коефицијента трења μ приказане су у табели 4.6 [5].

Табела 4.6 Вредности коефицијента трења

Материјал		Коефицијент трења μ
Трака	Преводница	
Гума	Челик	0,35-0,60
Гума	Дрво	0,40-0,70

Отпор на местима прелаза из косог у хоризонтални правац (отпор на кривини):

- За преводницу у облику лучног клизача:

$$W_{kr} = F_n (e^{\mu\alpha} - 1) \text{ (N)} \quad (4.12)$$

- За преводницу у облику лука чију периферију чини батерија ваљака:

$$W_{kr} = F_n (e^{\omega\alpha} - 1) \text{ (N)} \quad (4.13)$$

где је:

F_n (N) – сила затезања у наилазећој грани траке на кривину,

μ - коефицијент трења између траке и клизне површине (табела 4.6),

ω - коефицијент отпора за носеће ваљке (табеле 4.2, 4.3, 4.4),

α - централни угао лука преводнице ($\alpha = 1,06 - 1,08$ rad).

Изрази 4.12 и 4.13 важе за испупчене кривине. При угнутом прелазу из косог у хоризонтални правац и обрнуто, отпор на кривини се не узима у обзир.

Отпор превијању вучног елемента:

$$W_p = F_n (k_p - 1) \text{ (N)} \quad (4.14)$$

где је:

k_p - коефицијент отпора на превојним местима, који зависе од обухватног угла вучног елемента (табела 4.7) [5].

Табела 4.7 Коефицијент отпора на превојним местима

Обухватни угао	k_p
$\alpha = 90^\circ$	1,03-1,05
$\alpha = 180^\circ$	1,05-1,07

Отпор у лежајевима добоша:

$$F_d = R \cdot \frac{\mu_1 \cdot d}{D} \text{ (N)} \quad (4.15)$$

где је:

R (N) – резултанта сила затезања у наилазној и силазној грани траке и тежине добоша,

$\mu_1 = 0,1 - 0,15$ - за клизне лежајеве,

$\mu_1 = 0,01 - 0,02$ - за котрљајне лежајеве,

d (mm) - пречник рукавца вратила добоша,

D (mm) - пречник добоша.

Отпор на месту сипања материјала на траку – ако је брзина сипања материјала на траку приближно једнака брзини траке, отпор на месту сипања се одређује као:

$$W_{sm} \approx \frac{Q \cdot g \cdot v}{36} \text{ (N)} \quad (4.16)$$

где је:

Q (t/h) – капацитет транспортера,

g (m/s²) – убрзање земљине теже,

v (m/s) – брзина транспорта материјала.

Отпор од трења материјала по бочним ивицама олука:

$$W_o \approx 50l \text{ (N)} \quad (4.17)$$

где је:

l (m) – дужина бочне ивице олука (табела 4.8).

Основни параметри олука се дају у функцији од ширине траке и усвајају се према табели 4.8 [5].

Табела 4.8 Основни параметри олука

Димензије (mm)	Ширина траке B (mm)				
	500	650	800	1000	1200
Ширина олука B_l	340	430	530	660	800
Дужина олука l	1200	1500	2000	2000	2000

Отпор уређаја за чишћење траке:

$$W_c = \omega_c \cdot B \text{ (N)} \quad (4.18)$$

где је:

B (m) – ширина носећег елемента (трака, плоча),

ω_c (N/m) – специфични отпор чишћењу (табела 4.9).

Вредности специфичног отпора чишћењу приказане су у табели 4.9 [5].

Табела 4.9 Специфични отпор чишћењу траке

Уређај за чишћење траке	ω_c (N/m)
Ротациона четка	150-250
Стругач	300-500

Отпор при пражњењу материјала:

- Плужно пражњење

$$W_{pl} = (2,7 \div 3,6) \cdot q_M \cdot g \cdot B \text{ (N)} \quad (4.19)$$

- Пражњење уређајем са два добоша

$$W_{PD} = (F_s + q_M \cdot g \cdot h) k_p^2 \text{ (N)} \quad (4.20)$$

где је:

F_s (N) – сила затезања у грани траке која силази са добоша за пражњење,

h (m) – висина дизања материјала при дизању,

k_p - коефицијент отпора на превојним местима, који зависе од обухватног угла

вучног елемента (табела 4.7).

За транспортере са гуменим тракама корак носећих ваљака дат је у табели 4.10 [5].

Табела 4.10 Корак носећих ваљака

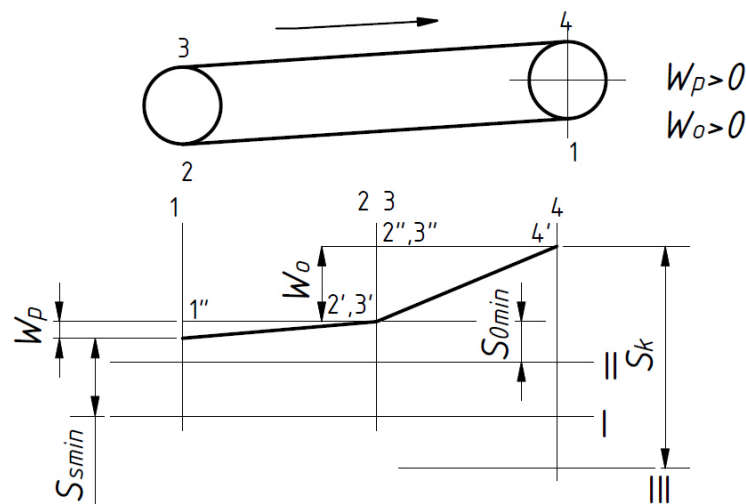
Насипна густина ρ (t/m ³)	Растојање између носећих ваљака (корак) у радном делу транспортера l (m) при ширини траке B (mm)				
	400-500	650-800	1000-1200	1400-1600	1800-2000
<1	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
1,1-2,0	1,4	1,3	1,2	1,1	1
>2	1,3	1,2	1,1	1	0,9

4.2. Дијаграм силе затезања траке и избор места погона тракастог транспортера

Конструкција дијаграма силе затезања транспортне траке графички представља закон промене силе затезања транспортне траке, као вучног уређаја, дуж линије трасе транспортера. Његовом конструкцијом графички се одређују силе затезања у карактеристичним тачкама, врши се провера чврстоће траке, а одређују се и минималне силе затезања.

Конструкција дијаграма врши се тако што се на осу апцисе, у одговарајућој размери, наноси укупна дужина транспортне траке као вучног уређаја, док се на ординату наносе силе отпора кретању транспортне траке, као и силе затезања траке.

На слици 4.2 приказана је једна од могућих варијанти дијаграма силе за затезање транспортне траке.



Слика 4.2 Дијаграм силе затезања

При конструисању дијаграма сила затезања транспортне траке, у произвољној размери на дужини L , повлаче се вертикалне праве 1, 2-3 и 4. Потом се на првој вертикалној правој 1 изабере произвољна тачка 1'. Од те тачке, у одговарајућој размери наноси се вредност силе отпора уређаја траке на делу 1-2. Ако део транспортера 1-2 представља повратну грану, наноси се сила отпора кретања повратне гране W_p , ако представља радну грану, наноси се вредност силе отпора оптерећене гране W_0 што се представља одсечком 1'-1''. Позитивне вредности силе отпора на дијаграму сила затезања наносе се навише, а негативне наниже. Кроз тачку 1'' повлачи се хоризонтална права до пресека са вертикалом 2-3, а пресечна тачка се означава тачком 2',3'. Потом се од тачке 2',3' наноси величина отпора траке на делу 3-4. Кроз добијену тачку 2''-3'' повлачи се хоризонтална права до њеног пресека са вертикалном правом 4, а пресечна тачка је означена са 4'. Затим се тачке 1', 2'-3' и 4' спајају дужима. Линија 1', 2'-3' и 4' одређује закон промене силе затезања траке по њеној дужини.

Избор осе апцисе врши се тако што се најпре од те тачке са најмањом силом затезања на оптерећеној грани наноси наниже S_{0min} и повлачи се хоризонтална права II (оса угиба). Од тачке 1' наноси се наниже сила затезања у силазној тачки S_{smin} и повлачи се хоризонтална права I (оса клизања). За осу апцисе усваја се права која је нижа од две конструисане праве. Провера транспортне траке према критеријуму чврстоће врши се тако што се од тачке 4' одмерава наниже рачунска чврстоћа S_k и повлачи се хоризонтална права III (оса чврстоће).

Може се извести закључак да је оправдано поставити погонски мотор на крајњем делу транспортера са највећом силом затезања. Важно је тако лоцирати погонски мотор како би се обезбедила што мања сила затезања траке, која уствари представља површину између осе апцисе и изломљене линије силе затезања [6].

5. Основни параметри и прорачун транспортних трака

Трака је основни, најскупљи и најмање трајан елемент тракастог транспортера. Њена цена је готово половина укупне цене транспортног уређаја. Управо из овог разлога је веома битан правилан прорачун и избор конструкције и карактеристика траке уз одговарајуће услове експлоатације, што битно утиче на продужење рока трајања траке.

У зависности од услова експлоатације транспортера, трака мора имати следећа својства:

- Довољну чврстоћу при растезању и савијању,
- Мало еластично продужење код радног оптерећења,
- Антистатичност,
- Ватроотпорност,
- Високу отпорност на замор и абразивно трошење,
- Отпорност према раслојавању и пробоју код крупнозрнастих материјала,
- Гипкост,
- Што је могуће мањим процесом старења и ослабљења због механичких и атмосферских деловања.

Најважнији рачунски параметри траке су:

- Ширина,
- Чврстоћа на кидање,
- Релативно продужење,
- Дебљина слојева траке.

Ширина траке одређује се крупноћом материјала који се може транспортовати задатом траком, а заједно са одабраном брзином и капацитетом транспортера.

Чврстоћа на кидање (максимална сила која се може допустити код задане траке) одређује максимално могућу дужину транспортера, снагу погона, конструкцију погона а с обзиром и на релативно продужење траке, конструкцију затезног уређаја. Чврстоћа траке на кидање одређује се на основу типа ткања и броја уложака или ужета у њој.

Усавршавање транспортне траке иде у смеру повећања њихове номиналне чврстоће, отпорности на трошење, ватроотпорности и смањењу релативног продужења.

У зависности од услова експлоатације и намене разликује се неколико основних типова трака за транспортовање прашкастих, зрнастих и комадних терета следећих намена [1]:

- Опште намене,
- Отпорне на хладноћу,
- Ватроотпорне за руднике,
- Отпорне на топлоту.

Транспортне траке могу бити:

- Гумене,
- Челичне,
- Од плетене жице,
- Од јуте,
- Кудеље,

- Ланене.

Транспортне траке од јуте, кудеље и лана налазе примену при транспорту сувих и расутих материјала, као и финих комадних терета у покривеним просторијама. Израђују се било ткањем или прошивањем из више слојева, а недостатак им је што нису отпорне на влагу, јер се брзо скупљају и хабају. Због тога се примењују у затвореним просторијама. Могу да се израде од длаке камиле али су скупље.

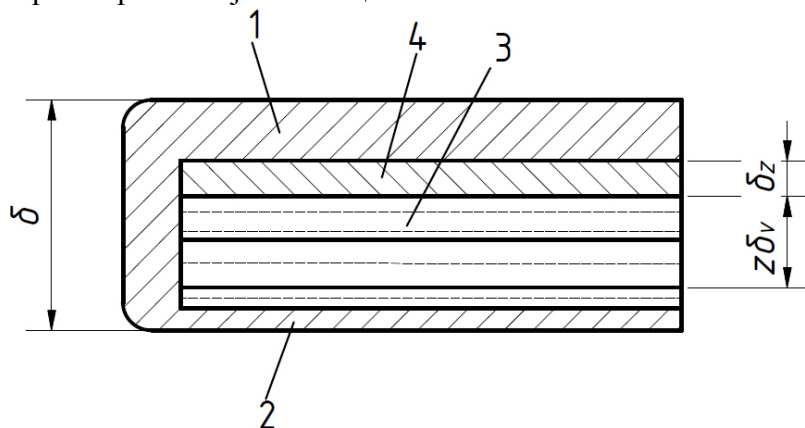
Веће трајности, а и отпорније су траке израђене од гуме. Састоје се из више слојева од јуте (текстилна тканина) и везивог слоја гуме. Тако гумиране транспортне траке отпорне су на хабање, кидање, влагу, добро су савитљиве и релативно су мале сопствене тежине, осим тога имају и релативно дуги експлоатациони век. Гумена трака састоји се из неколико слојева текстилне тканине, обично од јуте, највише 10 до 12 слојева.

Број слојева траке углавном зависи од ширине траке, а ширина траке одређује у највећој мери капацитет транспортера.

Текстилни улошци гумиране траке прихватају и преносе затезну силу у траци, а такође и силе удара од терета који пада на траку при утовару, а гумени слојеви штите текстилне улошке од влаге, хабања и осталих механичких оштећења [6].

За мање капацитете транспорта и транспорт материјала који немају изражено својство абразивности, код којих су ивице комада заобљене, а радне средине неагресивне, примењују се траке од ланених, кудељних и влакана од јуте. Израђују се ткањем и примењују се за мање дужине транспорта. Код тракастих транспортера трака обавља функцију носећег и вучног или само носећег елемента.

Најраспрострањеније су траке код којих су улошци, као вучни слојеви, израђени од одговарајућих материјала, сједињени танким слојем гуме или пластике вулканизирањем и заштићене са обе стране гуменим облогама одређених дебелина. Пресек гумене траке приказан је на слици 5.1.



Слика 5.1 Пресек гумене траке

- 1 – гумена облога на радној страни траке,
- 2 – гумена облога на нерадној страни траке,
- 3 – вучни слојеви,
- 4 – заштита вучних слојева

Вучни слојеви траке се израђују од нити, од различитих материјала:

- Текстилне нити (лан, памук, јута),
- Синтетичке нити (полиестер, полиамиди),
- Метална ужад.

Затезна чврстоћа вучних слојева гумене траке зависи од материјала нити и дата је у табели 5.1 [5].

Табела 5.1 Затезна чврстоћа вучних слојева гумене траке

Затезна чврстоћа вучног слоја σ_r (N/mm)	Врста материјала нити		
	Основа од комбинованих нити (полиестер са памуком)	Основа од полиестра, (синтетичка влакна)	Основа од полиамида
65	K-65	-	-
100	K-100	PP-100	-
150	K-150	PP-150	-
200	-	PP-200	P-200
300	-	PP-300	P-300
400	-	PP-400	P-400

Траке формиране на овај начин (гумиране траке) су отпорне на хабање, кидање и влагу. Еластичне су и имају малу сопствену масу, а релативно дуг експлоатациони век. Нису погодне за рад у срединама где је температура већа од 60°C , као и у срединама где могу доћи у контакт са уљем, машћу или киселинама. За рад у таквим срединама примењују се траке са специјалним вучним слојевима (азбест, синтетика).

У зависности од примене и услова рада, гумене траке су типизирани и сврставају се у одређене групе и подгрупе, табела 5.2 [5].

Табела 5.2 Класификација гумених трака на групе и подгрупе

Група	Примена	Специфичности услова рада	Под- група	Класа зат. чврст.	Темп. транс. матер. $^{\circ}\text{C}$	Темп. Окол- ине $^{\circ}\text{C}$
1	За транспорт веома абразивних материјала, крупних комада до 500 mm	Општи	1-a	A, B	-45	60
		Отпорне на ниске температуре	1-b	C	-60	60
2	За транспорт абразивних материјала, средње крупних комада до 350 mm	Општи	2-a	A, B, C	-45	60
	За транспорт угља веома крупних комада до 700 mm	Отпорне на мраз	2-b	C	-60	60
	и стена крупних комада до 500 mm	Отпорне на ватру	2-c	D, E	-25	60
3	За транспорт малоабразивних и неабразивних материјала, комада средње крупноће до 150 mm	Општи	3-a	B, C	-45	60
				E	-25	60
		Отпорне на мраз	3-b	C	-60	60
		Повишена отпор. на темп.	3-c	E		200

Група	Примена	Специфичности услова рада	Под- група	Класа зат. чврст.	Темп. транс. матер. °C	Темп. Окол- ине °C
3	За транспорт угља средње крупних комада до 500 mm и стена крупноће до 300 mm	Отпорне на температуру	3-d	E		до 700
		За прехранбену индустрију	3-e	E	-25	60
		Отпорне на ветру	3-f	D, E	-25	60
4	За транспорт малоабразивних и неабразивних ситнокомадних до 80 mm, насипних и зрнастих материјала	Општи	4-a	C E	-45 -25	60 60
		За прехранбену индустрију	4-b	E	-25	60
5	За транспорт абразивних ситнокомадних до 80 mm, насипних и ситнозрнастих материјала	Општи	5-a	E	-25	60
		За прехранбену индустрију	5-b	E	-25	60

Дебљина гумене траке δ дефинисана је изразом:

$$\delta = z\delta_v + \delta_z + \delta_r + \delta_n \text{ (mm)} \quad (5.1)$$

где је:

z – број вучних слојева (табела 5.5),

δ_v (mm) – дебљина вучног слоја (табела 5.3),

δ_z (mm) – дебљина заштитног слоја ($\delta_z \approx 3$ mm, само за траке типа 1 – табела 5.2),

δ_r (mm) – дебљина облоге на радној страни траке (табела 5.4),

δ_n (mm) – дебљина облоге на нерадној страни траке (табела 5.4).

У табели 5.3 приказана је дебљина вучних слојева [5].

Табела 5.3 Дебљина вучних слојева код гумених трака

Дебљина вучних слојева код гумених трака δ_v (mm)			
Затезна чврстоћа слоја (N/mm)	Уметци са гуменим међуслојем		Уметци без гум. међуслоја, од комб. влакана
	Од синтетичких влакана	Од комбинованих влакана	
65	-	-	1,15
100	1,2	1,6	1,3
150	1,3	1,9	1,6
200	1,4	-	-
300	1,9	-	-
400	2	-	-

У табели 5.4 приказане су вредности дебљина облога на радној и нерадној страни траке [5].

Табела 5.4 Дебљина облога на радној и нерадној страни траке

Дебљина облога (радног δ_r /нерадног δ_n) траке (mm)						
Тип	Подгрупа	Класа/ Затезна чврстоћа гуме (N/mm)				
		A/25	B/20	C/15	D/12	E/10
1	1-a	4,5/2; 6/2	4,5/2; 6/2; 8/2	-	-	-
	1-b	-	-	4,5/2; 6/2	-	-
2	2-a	4,5/2; 6/2	4,5/2; 6/2; 8/2	4,5/2; 6/2	-	-
	2-b	-	-	4,5/2; 6/2	-	-
	2-c	-	-	-	4,5/2; 6/2	4,5/2; 6/2
3	3-a	-	3/1; 4,5/2; 6/2; 8/2	3/1; 4,5/2; 6/2	-	3/1,5
	3-b	-	-	3/1; 4,5/2; 6/2	-	-
	3-c	-	-	-	-	6/2; 8/2; 10/2
	3-d	-	-	-	-	3/1; 4,5/2
	3-e	-	-	-	3/1,5; 4,5/2	3/1; 4,5/2
	3-f	-	-	-	3/1,5; 4,5/2	3/1; 4,5/2
4	4-a	-	-	2/0	-	2/0; 3/0
	4-b	-	-	-	-	2/0; 3/0
5	5-a	-	-	-	-	1/1; 2/1; 3/1
	5-b	-	-	-	-	1/1; 2/1; 3/1

Код прорачуна и избора параметара транспортних трака, неопходно је узети у обзир минимално допуштени број уложака, који осигуравају стварање жлеба траке, будући да прекомерно ширење траке између ваљчаних слогова доводи до просипања транспортованог материјала и повећања отпора кретању.

Ваља такође узети у обзир максимално допуштени број уложака, који се одређује способношћу траке да се прилагоди према одговарајућем геометријском облику ваљчаног слога. Ако се грешком узме већи број уложака, онда трака има већу дебљину и крутост, па се при свом кретању без материјала не приљубљује уз средњи ваљак, што доводи до интензивног трошења крајева и нестабилног кретања траке. Код оптерећене траке настају већа напрезања на савијање на местима њених прегита, што доводи до брзог раслојавања.

Максимални и минимални број уложака траке код којег настаје нормално обликовање жлеба на ваљчаним слоговима и осигурање стања ужлебљености на размаку између њих, у зависности од ширине траке и чврстоће, приказан је у табели 5.5 [5].

Табела 5.5 Максимални и минимални број уложака траке

Ширина траке B (mm)	Тип траке							
	1			2				
	Затезна чврстоћа вучног слоја ширине 1 mm σ_r (N/mm)							
	400	300	200	400	300	200	150	
100, 200	-	-	-	-	-	-	-	
300, 400	-	-	-	-	-	-	-	
500	-	-	-	-	-	-	-	
650	-	-	-	-	-	-	-	
800	-	-	3-6	-	3-5	3-6	3-6	
1000	-	3-6	4-6	3-5	3-6	3-6	3-8	
1200	3-6	3-6	4-6	4-6	3-6	4-7	4-8	
1400	4-7	4-6	4-6	4-8	4-8	5-8	5-8	
1600	4-8	4-6	-	5-8	5-8	-	5-8	
2000	4-8	5-6	-	5-8	5-8	-	5-8	
2500	-	-	-	4-6	4-6	-	-	
Ширина траке B (mm)	Тип траке							
	3				4		5	
	Затезна чврстоћа вучног слоја ширине 1 mm σ_r (N/mm)							
	200	150	100	65	100	65	100	65
100,200	-	-	-	-	-	3; 4	1; 2	1; 2
300, 400	-	-	3	3-5	-	3-5	1; 2	1; 2
500	-	-	3	3-5	-	3-5	1; 2	1; 2
650	-	3; 4	3-5	3-6	3;4	3-6	1; 2	1; 2
800	3-6	3-6	3-8	3-8	3-5	3-8	1; 2	1; 2
1000	3-6	3-8	3-8	3-8	3-6	3-8	1; 2	1; 2
1200	4-7	4-8	3-8	3-8	3-6	3-8	1; 2	1; 2
1400	5-8	5-8	4-8	4-8	4-6	4-8	1; 2	1; 2
1600	-	5-8	4-8	4-8	-	4-8	-	-
2000	-	5-8	4-8	4-8	-	4-8	-	-
2500	-	4-6	4-6	4-8	-	-	-	-

Велики утицај на затезну чврстоћу има број и дебљина слоја облоге. Облога се може сматрати добром, ако је њен рок трајања једнак року трајања уложака. За облогу транспортних трака употребљава се гума на основу синтетичких каучука, која има високу отпорност на кидање и трошење.

Дебљина горњег наноса бира се у зависности од гранулације и абразивности транспортованог материјала и начина његовог пада на траку. Обично се за горњи гумени нанос, у зависности од услова експлоатације, узима дебљина 3, 4, 5, 6, 8 и 10 mm, а за доњи нанос 1, 1,5 и 2 mm.

У производњи трака све је шири употреба густотканих трака са костуром од једне многослојне тканине. Такве траке у поређењу са осталим обичним тракама имају низ предности попут:

- Искључује се могућност раслојавања густо тканих уложака,
- Постоји висока чврстоћа везе наноса са костуром,
- Већа је уздужна и попречна гипкост траке,
- Допушта се примена добоша мањих димензија,
- Добар је отпор костура при ударним оптерећењима,
- Мало трошење траке код радних оптерећења и др.

Тако, на пример, на површинским коповима, више од 25% свих примењених транспортних трака су густоткане.

На транспортерима велике дужине и снаге, све се више примењују гумено ужетне траке, чију основу чини метално језгро од једног реда паралелно положених челично-месинганих ужета, уграђених у траку. Такве траке могу бити са или без тканих уложака, распоређених изнад и испод језгра ради повећања попречне чврстоће траке, а такође и са обичном или ватроотпорном испуном.

Гумено-ужетне траке имају:

- Велику чврстоћу,
- Већу уздужну и попречну гипкост,
- Незнатно продужење у току рада,
- Велику брзину преноса вучне силе,
- Једноставну контролу целовитости костура (ужета) траке без заустављања транспортера различитим облицима дефектоскопије.

Према постојећим подацима ове траке трају дуже од 7 година и превезу 20 до 30 милиона тона руде. У исто време гумено ужетним тракама својствена је:

- Мала чврстоћа у попречном смеру,
- Потешкоћа у процесу спајања и одржавања,
- Већа маса него код тканих трака 1,5 до 2 пута,
- Подложност челичне ужади корозији при оштећењу гумених наноса.

У зависности од области примене траке, израђују се два типа са два ткана уложка, распоређених између језгра и површинског гуменог наноса траке и без њих.

Траке првог типа предвиђене су углавном за транспортовање високоабразивних тешких материјала (руде, камена, камене соли), док су траке другог типа предвиђене за транспортовање релативно лаганих материјала (лигнита, минерала, шљунка, јаловине, кокса и др.)

За транспортовање комадастих материјала користе се траке са повећаном дебљином наноса. Такве траке могу радити при углу нагиба бочних ваљака од 45° , а на месту насипања до 60° . Позната су постројења код којих се за транспортовање комадастих материјала користи дебљина горњег наноса од 20 до 30 mm, а доњег од 8 mm.

Бирајући тип траке код конкретног пројектовања, потребно је узети у обзир:

- Подручје чврстоће упоређених трака,
- Подручје допуштене дужине транспортера према величини релативног продужења траке код радног оптерећења у зависности од одабраног типа затезног уређаја,
- Трајност упоређених трака,
- Цену транспортних трака.

Транспортне траке се у садашње време најчешће прорачунавају према максималној затезној сили, коришћењем коефицијента резерве чврстоће односно степена сигурности.

Степен сигурности бира се по табели 5.6 у зависности од:

- Типа траке,
- Места постављања транспортера,
- Услови његовог рада.

Обично се за косе транспортере коефицијент резерве чврстоће узима нешто већим него за хоризонталне или благо нагнуте, будући да до кидања траке чешће долази код косих транспортера.

Релативно велике вредности коефицијента резерве чврстоће доводе се у везу са ослабљењем траке на месту споја, где се осим кидајућих напрезања на савијање на добошима, који нису узети у обзир при прорачунима, јавља и неравномерни распоред напрезања између уложака (ужета), а такође и појава старења [1].

Табела 5.6 Степен сигурности

Примена транспортера	Тип траке	Број вучних слојева	Степен сигурности n при углу нагиба транспортера	
			$\beta \leq 10^\circ$	$\beta > 10^\circ$
За транспорт материјала	Гумене, опште намене, отпорне на мраз и пламен	до 5	8	9
		преко 5	9	10
	Отпорне на топлоту	било који	10	10
	Повећане отпорности на топлоту	било који	20	20
	Пластифициране	до 5	8,5	9
	Гумене са челичним ужадима	преко 5	9	10
било који		7	8,5	
За превоз људи	Пластифициране, гумене са челичним ужадима	било који	9,5	10
		било који	8	9,5

Одређивање ширине траке вршимо преко израза 3.27, а за сортиране односно несортиране материјале помоћу израза 3.17 и 3.18. При транспорту комадних терета ширину одређујемо према изразима 3.19 и 3.20.

Израчуната ширина траке заокружује се на прву већу стандардну вредност из табеле 5.5.

Ако је позната ширина траке B и тип траке, онда се може усвојити потребан број вучних слојева траке z према препорукама у табели 5.5, док се провера врши преко израза 4.4 за рачунски број слојева траке.

Погонска маса гумених трака (маса дужног метра траке) одређује се на основу израза:

$$q_T = \rho \cdot \delta \cdot B \quad (5.2)$$

где је:

ρ - густина материјала траке,

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

$\rho = 1300 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ – за пластику,

B - ширина траке,

δ - дебљина траке

Важно је напоменути да се за веће капацитете транспорта и за транспорт на већа растојања примењују гумене траке са улошцима у облику челичних ужади. Челична ужад су превучена бакром и затопљена гумом у средишњи део траке. Траке се израђују са заштитним и без заштитног слоја између челичних ужади и облога нерадног дела траке.

Што се тиче гумених трака са рељефним површинама користе се да би се повећао угао нагиба транспортне траке, а самим тим и угао нагиба транспортера. Израђују се од траке код којих је радна (носећа) површина рељефна или са преградама.

Рељефи могу бити у облику:

- Гребена,
- Ребара,
- Са преградама.

Транспортери са тракама, чије су радне површине рељефног типа, испољавају одређене предности у односу на транспортере са глатким тракама. Оне се огледају у смањеној дужини укупног транспорта и до 30% при остварењу исте висине транспорта.

Траке са рељефима у облику гребена и ребара налазе примену код транспорта комадних, ређе насипних, материјала са углом нагиба од 30° до 35° . Основа код ових трака је стандардна трака са глатким површинама код које је горња површина израђена гребенима висине од 2 до 10 mm.

За нагибе транспортера од 25° до 28° примењују се траке са гребенима. Висина гребена креће се у границама од 2 до 10 mm.

За транспорт насипних материјала под већим углом нагиба транспортера од 32° до 38° примењују се траке са угаоним ребрима, са прорезима дуж траке ради лакшег формирања облика траке. Висина ребара зависи од врсте транспортованог материјала и износи:

- Од 6 до 10 mm при транспорту песка, шљунка, угља,
- Од 10 до 16 mm при транспорту несортираног насипног материјала,
- Од 16 до 25 mm при транспорту крупно комадних материјала.

За транспорт материјала при великим нагибима транспортера до 60° примењују се траке са преградама. У зависности од ширине, трака може имати једну, две, или три преграде са кораком од 200 до 600 mm.

При транспорту насипних материјала, препоручене брзине ових трака крећу се у границама од 0,5 до 5 m/s, при чему су мање вредности за веће углове нагиба. Код комадних материјала брзина се обично креће у границама од 0,1 до 1 m/s.

Што се тиче спајања гумених трака оно се може остварити на више начина:

- Прошивањем,
- Копчама,
- Шарнирима,
- Лепљењем,
- Вулканизирањем.

Спајање трака прошивањем, копчама и шарнирима се примењује код трака мањих дебљина, са мањим бројем вучних слојева, до 4. За траке већих дебљина спајање се врши лепљењем и вулканизирањем.

Код транспортера који раде у условима високих температура или ниских користе се челичне траке. Израђују се као жичане или глатке траке.

Жичане траке се израђују плетењем. Материјал жице је угљенични или нерђајући челик. Погодне су за транспортере који раде у индустријским погонима где се врши прање, одмашћивање, сушење и пастеризирање, због олакшане циркулације воде и ваздуха.

Челичне глатке траке су од каљеног угљеничног или нерђајућег челика. Израђују се у ширинама до 800 mm. Отпорне су на хабање и налазе примену при транспорту комадних материјала оштрих ивица.

Основни недостатак им је што захтевају употребу добоша већих пречника [5].

Рок трајања транспортних трака одређује се према великом броју фактора и услова. На њега утичу:

- Дужина транспортера и брзина кретања траке,
- Хабање траке,
- Дебљина и својства гуме у горњем и доњем слоју,
- Услови експлоатације транспортера,
- Могућност монтаже уређаја,
- Правилност спајања крајева траке,
- Извођење и опрема истоварних и претоварних места који утичу на ударно оптерећење траке,
- Могућност њеног чишћења,
- Начин подмазивања ваљака,
- Правовремени ремонт траке,
- Старење транспортне траке под утицајем атмосферских услова итд.

На пример, средњи рок трајања топлоотпорних трака при транспортовању неабразивних и малоабразивних материјала износи око 12 месеци, а за абразивне 6 месеци.

Повећање рока трајања траке зависи пре свега од смањења хабања траке, и има веома важно значење за повећање економске ефикасности транспорта са тракастим транспортерима.

Важно је рећи да купац траке може бирати боју у зависности од својих потреба како би побољшао видљивост за контролу, смањио одсјај [10].

6. Избор конструкционих параметара транспортера

6.1. Избор димензија ваљака

Носећи ваљци су основни уређаји за ношење траке. Преко котрљајних лежајева окрећу се око непокретне осовинице. Избор котрљајних лежајева зависи од типа конструкције ваљака.

Код конструкција лаког типа примењују се трајно подмазани куглични лежајеви. За већа оптерећења и теже услове рада примењују се ослони ваљци са коничним лежајевима који могу да се подмазују у току рада убацивањем масти преко мазалица.

У данашње време израђују се ваљци разноврсних конструкција (по дужини, типу улежиштења, довода мазива) и са великим дијапазоном димензија. Ово је у значајној мери повезано са тим, што у многим разноврсним индустријама ваљци раде у различитим условима и пред њима се постављају различити захтеви. Основни су: добра израда, мали коефицијент отпора кретању, трајност, мала цена израде, подземни услови рада и ограничене димензије и маса.

Површина ваљка треба да буде глатка и мора имати минимални удар.

Тип ваљка одређује се на основну његовог спољног пречника, величином лежаја, дужином ваљка која зависи од ширине траке и типа ваљчаног слога [1].

Што се тиче омотача носећих ваљака, он се израђује од челичних бешавних цеви и са главчином је спојен заваривањем. Ослонци са једним ваљком користе се за равне траке у радном и повратном делу транспортера. Најраспрострањенији су слогови са два или три ослона ваљка који формирају траку у облику жлеба.

Да би се трака заштитила од прекомерних оштећења која могу да изазову крупни комади оштрих ивица при сипању, у зони сипања се трака ослања на амортизујуће ваљке. У основи то је глатки челични ваљак на који су навучени и залепљени гумени прстенови [5].

Избор броја ваљака у слогу може се вршити према тебели 6.1 [5].

Табела 6.1 Број ваљака у слогу

Ширина траке B (mm)	Број ваљака у слогу	
	Радни део траке	Повратни део траке
До 300	1	1
400-500	2 или 3	1
≥ 650	3	1 или 2

У табели 6.2 приказани су пречници ваљака који се примењују у рудницима угља[1].

Табела 6.2 Пречници ваљака који се примењују у рудницима угља

Ширина траке (mm)	650-800	1000	1200-1600	1800-2000
Пречник ваљка (mm)	88,9	133	159	159; 193,7

За транспортере на површинском копу, примењују се ваљци пречника, приказани у табели 6.3 [1].

Табела 6.3 Пречници ваљака за транспортере на површинском копу

Ширина траке (mm)	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2600	3000
Пречник ваљка (mm)	108	133 159	133 159	159	159 193,7	159 193,7	159 193,7	193,7	193,7	193,7 219,1

Пречник ваљка зависи од: ширине траке, намене транспортера, карактеристика транспортованог материјала, брзине кретања траке.

Оријентационе вредности погонских маса ротирајућих делова носећих ваљака су дате у табели 6.4 [5].

Табела 6.4 Погонска маса ротирајућих делова носећих ваљака

Грана транспортера	Погонска маса ротирајућих делова носећих ваљака q_r (kg/m) при ширини траке B (mm)								
	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Радна	8,4	10	10,2	18,4	21	24,2	42	58,4	132,5
Повратна	2,5	3,2	4,4	7,8	9,2	11,1	16,7	23,8	52,5

Погонске масе могу се одредити и преко емпиријске формуле:

$$q_r = \frac{(10 \cdot B + K)}{l} \text{ (kg/m)} \quad (6.1)$$

где је:

$K = 3$ - за равне траке,

$K = 7$ - за траке у облику жлеба,

B (m) - ширина траке,

l (m) - корак ваљака у носећој или повратној грани.

Основне геометријске карактеристике ваљака у зависности од брзине траке дате су у табели 6.5 [5].

Табела 6.5 Геометријске карактеристике ваљака у зависности од брзине траке

Пречник ваљка d_v (mm)	Ширина траке (mm)	Густина транспортованог материјала ρ (t/m ³)	Брзина траке v (m/s)
63,5	300-800	1	1,25
89	400-800	1,6	2
108	400-1200	1,6	2,5
133	800-1200	2	3
159	800-1200	3	4
	1400-2000	1,25	3
194	2000-2500	3	6,3

Основне геометријске карактеристике ваљака у зависности од ширине и типа ваљака дате су у табели 6.6 [5].

Табела 6.6 Геометријске карактеристике ваљака у зависности од ширине и типа ваљака

Ширина траке (mm)	Пречник ваљака D (mm)	Дужина ваљака				Угао нагиба бочних ваљака	
		L (mm)		L_1	L_2		
		стац. и преносивих	преносиви за рудн.	(mm)	(mm)	α_1^*	α_2
1	2	3	4	5	6	7	8
300**	63,5	400	-	-	-	-	-
400	63,5; 89; 108	500	-	160	-	10; 20; 30	-
500	63,5; 89;	600	-	200	-	45;60	-
650	108	750	-	250	-	***	-
800	63,5; 89; 108; 133; 159; 194; 219; 245	950	1150	315	465		-
1000	89; 108; 133; 159; 194; 219; 245	1150	1400	380	600	10; 20; 30; 45	10
1200	89; 108; 133; 159; 194; 219; 245	1400	1600	465	670	10; 20; 30; 45	10
1400	108;	1600	1800	530	750		
1600	133; 159; 194; 219; 245	1800	2000	60	900		
1800	133; 159; 194; 219; 245	2000	2200	670	1000		
2000	159; 194; 219; 245	2200	2400	750	1150		
2250		-	-	800	1250		
2500		-	-	900	1400		
2750		-	-	1000	1500		
3000		-	-	1150	1600		

* угао нагиба $\alpha = 10^\circ$ се примењује код ваљака испред добоша

** ослањање за траке ширине 300 mm и мање, врши се само преко једног ваљака

*** угао нагиба бочних ваљака од 45° и 60° се примењује при транспорту житарица

Растојање између ослоних ваљака у радном делу зависи од ширине траке, њене дебљине и затегнутости као и од врсте материјала и његове густине. За транспортере са гуменим тракама корак носећих ваљака дат је у табели 6.7 [5].

Табела 6.7 Корак носећих ваљака

Насипна густина ρ (t/m ³)	Растојање између носећих ваљака (корак) у радном делу транспортера l (m) при ширини траке B (mm)				
	400-500	650-800	1000-1200	1400-1600	1800-2000
<1	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
1,1-2	1,4	1,3	1,2	1,1	1
>2	1,3	1,2	1,1	1	0,9

Растојање ваљака у повратном делу транспортера је два пута веће од истог у радном делу и креће се у границама од 2 до 3 m. За транспортере са тракама велике чврстоће размак између ваљчаних слојева у зони високог натежања траке може бити већи од величина приказаних у табели 6.7.

Код сувише великих размака нарушава се центрирани ход траке и повећава се губитак енергије [1].

6.2. Погонски добош

Правилни избор димензија добоша има веома важан утицај при пројектовању тракастих транспортера. Повећањем димензија добоша побољшавају се услови рада траке, али се повећава и маса добоша. Важно је да димензије добоша не буду веће него што је то неопходно за осигурање нормалних услова рада траке.

При избору погонских добоша узимају се у обзир следећи основни фактори [1]:

- Дебљина траке,
- Укупна напрезања која делују на траку,
- Учесталост напрезања траке на савијање, које зависи од смера обртања траке и броја обртаја добоша,
- Тип и место уградње транспортера.

Погонски добоши израђују се ливењем или заваривањем. У циљу повећања коефицијнта трења између траке и добоша, цилиндрична површина им се облаже материјалима са израженим коефицијентима трења попут гуме, дрвета.

Дужина добоша зависи од ширине траке као и од материјала траке.

Ако је трака гумирана дужина добоша се усваја према табели 6.8 [5].

Табела 6.8 Дужина добоша

Ширина траке B (mm)	Дужина добоша L (mm)
300-650	$B + 100$
800-1000	$B + 150$
1200-2000	$B + 200$
2500-3000	$B + 300$

Пречник добоша зависи од броја слојева траке. Најмањи пречник добоша за гумене траке одређује се преко израза:

$$D \geq k \cdot z \text{ (mm)} \quad (6.2)$$

где је:

k - коефицијент који зависи од затезне чврстоће вучног слоја траке (табела 6.9)

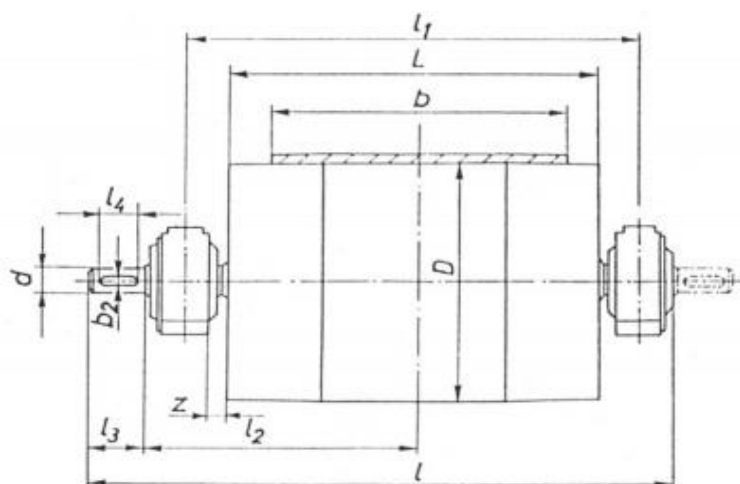
z - број слојева траке.

Зависност коефицијента k од затезне чврстоће вучног слоја траке дат је у табели 6.9 [5].

Табела 6.9 Зависност коефицијента k од затезне чврстоће вучног слоја

Добош	Затезна чврстоћа вучног слоја σ_r (N/mm)				
	65	100	120-200	250-300	350-400
Погонски	125-130	150-160	170-180	180-190	190-200
Затезни	100-110	120-130	135-145	145-150	150-160
Отклони и превојни	80-85	100-110	120-125	125-135	135-140

Пречнике добоша треба усвајати из реда: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1400, 1600, 2000, 2500 [5]. На слици 6.1 приказан је погонски добош [7].



Слика 6.1 Погонски добош

Добоши за гумене траке са уметцима у облику челичних ужади и за челичне траке, облажу се гуменом или дрвеном облогом.

Пречник погонског добоша за челичне траке зависи од дебљине траке:

$$D \geq 1200 \cdot \delta \text{ (mm)} - \text{за дужине транспортера до 30 m} \quad (6.3)$$

$$D \geq 1000 \cdot \delta \text{ (mm)} - \text{за дужине транспорта преко 30 m} \quad (6.4)$$

где је:

δ (mm) – дебљина челичне траке.

6.3. Затезни и отклони уређаји

Затезни уређај служи за затезање траке у задатим подручјима и у одређеним тачкама транспортера. Основни елемент затезног уређаја је затезни добош, који се помера на затезним колицима.

Што се тиче крутих затезних уређаја њих карактерише стални или периодични промењен положај добоша у току рада транспортера. Добоши се обично опремају динамометрима или уређајима за контролу растојања затезања.

Карактеристике ових уређаја су:

- Једноставност,
- Компактност конструкције,
- Неосетљивост на нечистоћу,
- Сигурност у раду.

Као предност аутоматских затезних уређаја треба споменути остварени рационални систем затезања траке и аутоматску компензацију еластичних и осталих истезања.

Недостаци ових уређаја су:

- Сложеност конструкције
- Веће димензије конструкције,
- Осетљивост на нечистоћу,
- Нужност допунског помоћног погона.

Аутоматски затезни уређаји се деле:

- По принципу деловања – на уређаје сталног и променљивог деловања,
- По броју управљаних параметара – на уређаје са управљањем на једном, два или три параметра, које се односе на затезну силу, вучну силу, брзину кретања траке,
- По типу погона – на електричне и хидрауличне уређаје.

Аутоматски затезни уређаји постављају се непосредно уз погонски добош. Што се тиче њихове дозвољене грешке она на пример не сме бити већа од 3,5% за рудничке транспортере.

Поред наведених функција затезни уређај може утицати и на величину угиба траке између два суседна ваљка. Систем се састоји од затезног добоша који је покретан дуж вођица и затезног механизма.

Затезни добош је по својој конструкцији сличан погонском добошу. Пречник затезног добоша је нешто мањи од погонског:

$$D_z = (0,8 \div 1) \cdot D \quad (6.5)$$

Затезни уређај може бити са:

- Завојним вретеном,
- Са опругом,
- Са колицима и тегом,
- Са тегом.

Што се тиче отклоних уређаја, промена правца кретања траке врши се превојним и отклоним добошима.

Превојни добош који обезбеђује промену правца траке за 180° назива се повратним добошем, а често служи и као затезни добош.

Отклони добош остварује функцију повећања обвојног угла код погонског добоша.

Пречници ових добоша се одређују у зависности од пречника погонског добоша:

$$\text{Пречник повратног добоша: } (0,8 \div 1) \cdot D \quad (6.6)$$

$$\text{Пречник превојног и отклоног добоша: } 0,65 \cdot D \quad (6.7)$$

Превојни добош се примењује за промену правца кретања равних трака. Уместо њих, могу се применити и лучни клизачи преко којих клизи трака.

Код трака у облику жлеба, прелаз из косог у хоризонтални правац се остварује преко већег броја носећих ваљака, на растојању:

$$l' \approx (2,5 \div 3) d_v \quad (6.8)$$

или

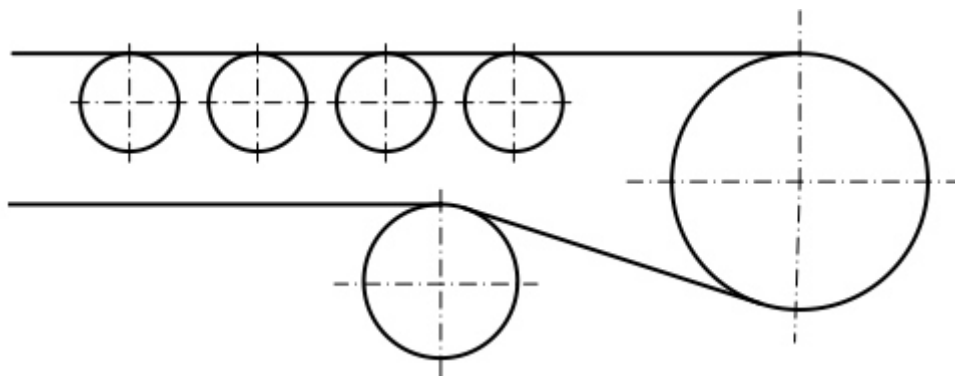
$$l' \approx 0,5l \quad (6.9)$$

где је:

d_v (m) – пречник носећег ваљка,

l (m) – растојање између носећих ваљака на равном делу.

На слици 6.2 приказан је отклони добош.



Слика 6.2 Отклони добош

6.4. Уређај за центрирање траке

При кретању по носећим ваљцима транспортна трака се под деловањем различитих сила помера у страну, па настаје појава која се у пракси назива бочно померање. Нецентрично кретање траке данас је један од узрока застоја рада транспортне опреме, појаве просипања материјала, зачепљења конструкције, смањења рока трајања траке.

При испитивању узрока оштећења транспортних трака у рудницима, установљено је, да се просечно 13% свих оштећења односи на раслојавање гумених ивица, које настају због трења траке по ослонцима конструкције или коадима руде. Раслојавање гумених ивица доводи до тога, да се трака скида и не експлоатише дуже од 10 до 12 месеци. Као резултат трења јавља се интензивно трошење траке, што доводи до смањења ширине траке. Смањење ширине траке доводи до смањења капацитета транспортера и повећава просипање материјала. Сви поменути недостаци, повезани са бочним ходом траке битно смањују техничко-економске показатеље тракастих транспортера.

При решавању задатка стабилности попречног кретања битно је проучити три најважнија проблема [1]:

- Формулисање основних појмова и критеријума стабилности кретања, решење задатка стабилности,
- Проучавање основних сила,
- Конструкцију носећих ваљака, који осигуравају поништавање стабилности попречног кретања код познатих конструктивних параметара транспортера.

Бочно померање се јавља услед неравномерног насипања транспортованог материјала по ширини траке или услед нечистоћа добоша и носећих ваљака. Појава скретања траке се спречава уређајима за центрирање траке, који се изводе у више конструктивних варијанти.

Уређаји за центрирање траке могу бити са:

- Окретним слогом,
- Бочним ваљком,

- Усмереним крајњим носећим ваљком.

Уређаји са окретним слогом постављају се на растојању од 20 до 30 m и примењују се код дужих транспортера.

Центрирање траке код краћих транспортера врши се помоћу уређаја са бочним ваљцима и уређајем са усмереним крајњим носећим ваљком. На сваких 5 до 6 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 носећих ваљака једнако, па су и силе отпора једнаке. При померању траке у страну долази до пораста оптерећења на крајњи носећи ваљак на тој страни што изазива и пораст силе отпора, чија компонента нормална на правац кретања враћа траку у симетричан положај [5].

7. Уређај за чишћење траке

Како се тракастим транспортерима врши транспорт материјала различитих особина, то у току транспорта на спољној површини траке долази до остатака залепљених слојева материјала. Чишћење траке се врши, у већини случајева, са уређајима који имају стругаче или четке.

Уређаји са стругачем се постављају на места иза истовара и примењују се код транспортера код којих брзина траке не прелази 2,5 m/s. Сила притиска стругача на траку по њеној дужини креће се у границама од 1 до 2 N/cm.

Бољи ефекат чишћења се остварује применом обртних четки. Четке се често израђују у спиралном облику. Пречник четке се креће у границама од 300 до 500 милиметара, а учестаност обртања 200 до 700 обртаја у минути.

Елементи уређаја за чишћење траке се израђују од гуме, пластике или од нерђајућег челика.

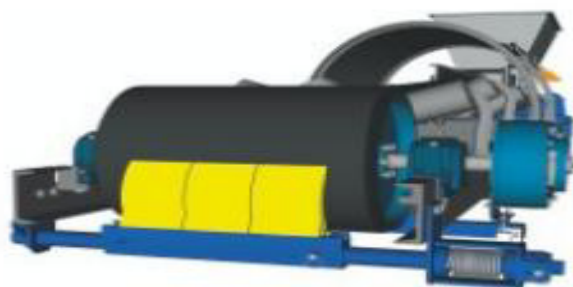
До прљања траке често долази и са унутрашње стране, што може изазвати појаву проклизавања, а самим тим и смањење капацитета транспортера. Зато се у таквим случајевима уграђују уређаји за чишћење траке са унутрашње стране. Постављају се испред крајњег добоша са унутрашње стране траке која наилази на добош.

Материјали са израженим лепљивим својствима (влажна глина, блато) се тешко скидају са траке, па се с времена на време чишћење траке врши млазом воде.

У последње време због већег ефекта чишћења и мањег трошења стругача, све већу примену налазе вибрациони стругачи. Амплитуда осциловања ових стругача је од 1,5 до 3 mm [5].

Употреба чистача траке и стругача је неопходна да би се осигурао безбедан рад постројења и да би се смањило време потребно за одржавање. Чистачи и стругачи траке омогућују дужи радни век транспортера, смањују потрошњу енергије, смањују губитак материјала који се транспортује и на тај начин повећавају капацитет.

Конструкција самог уређаја зависи од врсте материјала који се транспортује. Најчешће коришћени материјали за израду уређаја за чишћење траке су гума и пластика. Пред-чистач је смештен поред погонског добоша непосредно испод излазног материјала. Састоји се од неколико делова који се могу померати независно један од другог како би се постигла максимална флексибилност. Оштрице су израђене од полиуретана који има врло велику отпорност на хабање, што им омогућује врло дуги век трајања. Флексибилност оштрица омогућује квалитетно чишћење без опасности од оштећења траке. Опруге на затезачу омогућују довољан притисак оштрица на траку. На слици 7.1 приказан је пред-чистач.



Слика 7.1 Пред-чистач

Т-чистач служи за чишћење ситних и сувих честица. Уграђује се после пред-чистача, непосредно иза погонског добоша. Оштрица је израђена од тврдог метала вулканизираног у флексибилну гуму, омогућајући тиме савијање појединих оштрица. Опруге на затезачу омогућају довољан притисак оштрица на траку. Т-чистач је погодан за реверзибилне транспортере. На слици 7.2 приказан је т-чистач.



Слика 7.2 Т-чистач

Продужени Т-чистач као т-чистач постављен је на доњој стани траке непосредно иза погонског добоша. Елементи за стругање конструисани су тако да се међусобно преклапају што омогућаје боље чишћење траке. Оштрице од тврдог метала постављене су на продужетак (руку) који је учвршћен у гуменим елементима омогућајући тиме флексибилност сваке појединачне оштрице. Металне оштрице погодне су за високе температуре и велике брзине транспортних трака. На слици 7.3 приказан је продужени т-чистач.



Слика 7.3 Продужени Т-чистач

Уређаји за чишћење са четкама погодни су за чишћење трака са слотовима чиме се спречава разбацавање материјала. Четка је смештена на добошу унутар којег се налази мотор. Мотор је затворен у самом добошу чиме се спречава улазак прашине и осталих нечистоћа. Уређај је врло компактан и пружа велику сигурност за рад обзиром да уређај не захтева вањски мотор и додатне ремене за погон. На слици 7.4 приказан је уређај за чишћење са четкама [7].



Слика 7.4 Уређај за чишћење са четкама

8. Уређај за пуњење-пражњење, носећа конструкција и сигурносни уређаји

8.1. Уређај за пуњење

Насипни уређај тракастог транспортера састоји се од два дела: додавајућег, који додаје материјал на траку, и пријемног који је смештен испод траке на месту насипања.

Конструкција насипних уређаја мора осигурати следеће операције:

- Центрирано додавање материјала на траку,
- Насипање материјала одговарајућом брзином,
- Минимално дробљење материјала,
- Равномерно додавање масе на траку,
- Спречи падање крупних комада непосредно на траку са веће висине итд.

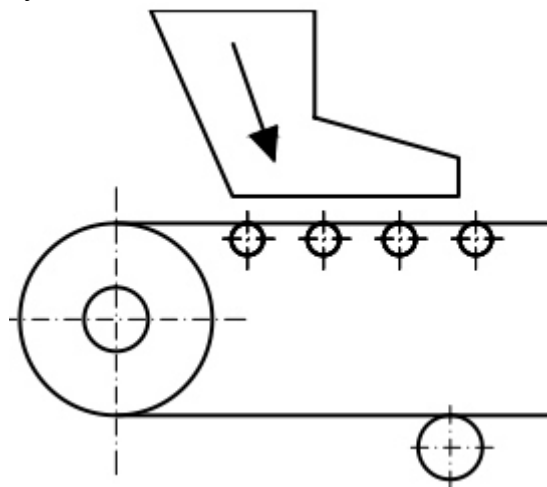
За боље центрирање материјала користе се различити жлебови, корита, помоћне траке итд.

Савршено корито за додавање ситних и средње комадастих материјала на траку је вибрационо корито, чије вибрационо кретање настаје под деловањем протока материјала.

Ради смањења оптерећења на вибрационо корито при оптерећењу средње комадастим материјалом, његов пријемни део може се обложити траком или покрити отпорним заштитним металним плочама.

Ако се пуњење и пражњење врши одговарајућим уређајима може се повећати ефикасност транспортера.

Облик и конструктивно извођење уређаја за пуњење транспортера зависи од карактеристика транспортованог материјала. Пуњење транспортера може се остварити у било којој тачки трасе. Уређаји се израђују у облику левка и олука. На слици 8.1 приказан је уређај у облику левка.



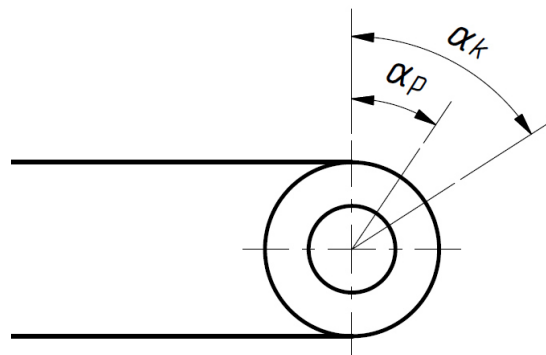
Слика 8.1 Уређај за пуњење у облику левка

8.2. Уређај за пражњење

Истовар материјала са траке врши се уређајима за пражњење на три начина:

- Преко крајњег добоша,
- Преко плужних скидача,
- Преко покретног уређаја са два добоша.

При пражњењу материјала преко крајњег добоша, важно је да материјал не пада са траке клизањем јер се тиме изазива појачано трошење траке. Брзина траке мора бити таква да се материјал одводи од траке пре него што стигне до тачке на добошу дефинисане углом клизања материјала α_k тј. пражњење се мора извршити на делу дефинисаном углом пражњења α_p (слика 8.2).

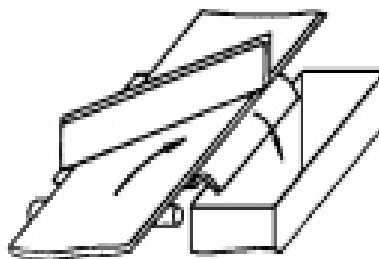


Слика 8.2 Пражњење материјала са траке преко добоша

Пражњење материјала стругачима налази широку примену због своје једноставности, компактности и мале масе. По конструктивном извођењу могу бити:

- Једнострани,
- Двострани.

На слици 8.3 приказан је плужни скидач.



Слика 8.3 Плужни скидач

Основни елемент плужног скидача је плуг, који је најчешће израђен од метала, пластике или дрвета. Да би се спречила појава оштећења траке, доњи део плуга за чишћење се завршава гуменом траком. Основни недостатак им је то што изазивају појачано трошење траке.

8.3. Носећа конструкција

Преношење оптерећења од горњих носећих ваљака радног дела транспортера, као и ослањање доњих ваљака повратног дела, остварује се преко носеће конструкције.

Разликују се два типа конструктивних извођења носећих конструкција:

- Конструкције код којих је челично уже ослони елемент за носеће ваљке,
- Конструкције завареног типа од челичних кутијастих и отворених профила.

Код конструкција завареног типа носачи ваљака радног дела транспортера по правилу су заварени или вијцима везани за горње подужне носаче.

Конструкције са челичним ужетом, као елементом за ношење ваљака, су компактне, лаке и нису скупе. Погодне су за транспортере који се примењују у рудницима.

8.4. Сигурносни уређај

При транспорту материјала под нагибом, због могућих појава отказа у току рада транспортера у механизму за погон се уграђују сигурносни уређаји. Задатак им 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, паралелене са траком и силе отпора кретању траке.

Као сигурносни уређаји користе се [5]:

- Кочнице,
- Зупчасти устављачи,
- Устављачи са траком,
- Фрикциони устављачи.

9. Пројектни задатак

Потребно је пројектовати и извести уређај помоћу кога ће се хоризонтално транспортовати терет, при чему треба испунити следеће захтеве:

- Уређај сместити у предвиђени грађевински простор,
- Улаз и излаз су дефинисани према постојећим саобраћајницама у објекту и према технолошком решењу тока материјала. Број пријемно отпремних станица је 2,
- Димензије уређаја одредити према димензијама терета који се транспортује,
- Потребна висина уређаја којим се транспортује терет је 800 mm,
- Уређајем ће се транспортовати искључиво терет без присуства људи,
- Врши се транспорт комадног терета масе $m = 12$ [kg],
- Димензије јединице комада су: 350x250x100h [mm].
- Капацитет транспорта $Q = 78$ [t/h].
- Пројекат урадити према важећим прописима за ову врсту транспорта.

9.1. Технички опис и образложење

Задатак постављен пројектним задатком решен је дводелним хоризонталним тракастим транспортером, дужине 1,8 [m]. То је уређај који се састоји из следећих делова:

- Носеће челичне конструкције,
- Гумене траке,
- Погонске групе,
- Електро - напајања

Цео уређај смештен је у простор који је одређен пројектом.

9.2. Носећа челична конструкција

Носећу конструкцију тракастог транспортера чине ХОП профили.

9.3. Гумена трака

Трака је основни и најодговорнији елемент транспортера. Трака се састоји из носећих слојева, међусобно спојених гумирањем, при чему се на горњој радној страни траке поставља рељефни слој.

9.4. Погонска група

Погон овог система врши се електромотором. Пренос снаге врши се преко редуктора, затим ланчаног преносника до погонског ваљка, помоћу којег се даље врши кретање траке и транспорт терета.

9.5. Електро - напајање

Електро – напајање је извршено према одговарајућим прописима. Командовање уређајем врши се преко одговарајућег прекидача. Поред мануелног покретања, систем поседује сензоре за аутоматско укључивање односно искључивање, у зависности од присуства радног комада на траци.

9.6. Технички услови за извођење радова

Да би се отпочело са извођењем радова на монтажи хоризонталног тракастог транспортера на градилишту инвеститор је дужан да:

- Обезбеди несметан прилаз локацији на којој се изводи градња,
- Доведе напојни кабал,
- Обезбеди прилаз објекту за истовар,
- Обезбеди ватрогасца када се врши заваривање конструкције,
- Обезбеди чувара објекта.

9.7. Прорачун тракастог транспортера

Врши се транспорт комадног терета, димензија: 350x250x100h [mm].

Брзина траке зависи од облика паковања и његове тежине. На основу табеле 3.5 усваја се да је брзина:

$$v = 1 \text{ [m/s]}. \quad (9.1)$$

Ширина траке одређује се помоћу израза 3.22:

$$B = b + (100 \div 200) = 250 + 200 = 450 \text{ [mm]}. \quad (9.2)$$

Пошто је капацитет транспорта $Q = 78 \text{ [t/h]}$, према изразу 3.3 одређује се број комада који се премести за један сат:

$$Q = 3,6qv = 3,6 \frac{m}{t} v = 0,001mZ \text{ [t/h]},$$
$$Z = \frac{Q}{0,001 \cdot m} = \frac{78}{0,001 \cdot 12} = 6500 \text{ [kom/h]}. \quad (9.3)$$

У зависности од примене и услова рада, гумене траке су типизирани и сврставају се у одговарајуће групе и подгрупе. На основу табеле 5.2 усваја се тип траке 3, подгрупа 3f.

На основу табеле 5.5, усваја се затезна чврстоћа вучног слоја траке:

$$\sigma_r = 100 \text{ [N/mm]}. \quad (9.4)$$

Дебљина траке одређује се на основу израза 5.1:

$$\delta = z \cdot \delta_v + \delta_z + \delta_r + \delta_n, \quad (9.5)$$

Из табеле 5.5 усваја се број вучних слојева траке: $z = 3$, (9.6)

На основу табеле 5.3 усваја се дебљину вучних слојева траке: $\delta_v = 1,2$ [mm]. (9.7)

На основу табеле 5.4 усваја се: $\delta_r = 3, \delta_n = 1,5$ [mm]. (9.8)

Дебљина траке је: $\delta = 8,1$ [mm]. (9.9)

Растојање између два суседна комада одређује се на основу израза 9.3:

$$t = \frac{3600 \cdot v}{Z} = \frac{3600 \cdot 1}{6500} = 0,55 \text{ [m]}. \quad (9.10)$$

Погонска маса терета израчунава се према изразу 3.29:

$$q_m = \frac{m}{t} = \frac{12}{0,55} = 21,81 \text{ [kg/m]}. \quad (9.11)$$

Погонска маса гумених трака одређује се на основу израза 5.2:

$$q_t = \rho B \delta = 1100 \cdot 0,45 \cdot 8,1 \cdot 10^{-3} = 4,095 \text{ [kg/m]}. \quad (9.12)$$

Оријентационе вредности погонских маса ротирајућих делова носећих ваљака наведене су у табели 6.4:

$$q_v^r = 9,2 \text{ [kg/m]}, \quad (9.13)$$

$$q_v^n = 2,85 \text{ [kg/m]}. \quad (9.14)$$

Погонска маса покретних делова траке износи:

$$q_{tr} = q_{tr}^r + q_{tr}^n = q_t + q_v^r + q_t + q_v^n = 20,24 \text{ [kg/m]}. \quad (9.15)$$

Вучна сила за тракасте транспортере одређује се помоћу израза 4.7:

$$F_0' = [\omega L_h (q_m + q_{tr}) \pm q_m H] g k_k + W_{pl}$$

Како овај тракасти транспортер не поседује плужне скидаче онда је отпор при пражњењу материјала:

$$W_{pl} = 0 \quad (9.16)$$

Дужина транспортера је:

$$L_h = 1,8 \text{ [m]}. \quad (9.17)$$

На основу табеле 4.2, усваја се коефицијент отпора за гумену траку:

$$\omega = 0,018 \quad (9.18)$$

У овом случају $H = 0$. (9.19)

Коефицијент геометријских и конструктивних карактеристика транспортера усваја се из табеле 4.5:

$$k_k = 5,7246. \quad (9.20)$$

Када ове податке заменимо у изразу за вучну силу добијамо:

$$F'_0 = 44,27 \text{ [N]}. \quad (9.21)$$

Максимална сила затезања траке рачуна се према изразу 4.6:

$$F_{\max} = k_s F'_0,$$

$$k_s = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} = 2,14$$

$\mu = 0,2$, коефицијент трења.

$\alpha = \pi$, обухватни угао

$$F_{\max} = k_s F'_0 = 2,14 \cdot 44,27 = 94,75 \text{ [N]}. \quad (9.22)$$

Снага на погонском вратилу:

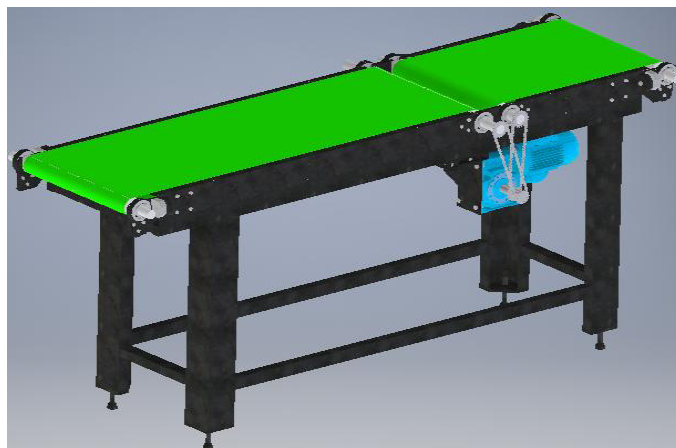
$$P = \frac{94,75 \cdot 1}{0,96} = 98,7 \text{ [W]}. \quad (9.23)$$

Пречници погонског и затезног добоша односно ваљака, усвојени су према табели 6.6. Пречник ваљка је 63,5 [mm].

На основу претходног прорачуна можемо усвојити електромотор и редуктор. За погон тракастог транспортера изабран је електромотор MGM BA 80 B4. Из каталога, може се видети да је снага овог електромотора 0,75 [kW] [8].

Усвојен је и редуктор ознаке W63 U P80 B5 [9].

На слици 9.3 приказан је 3D модел прорачунатог транспортера.



Слика 9.3: 3D модел тракастог транспортера

На слици 9.4 приказан је изведени тракасти транспортер, према претходним величинама.



Слика 9.4: Тракасти транспортер

10. Закључак

На основу свега реченог може се закључити да су тракасти транспортери неопходни у савременој индустријској производњи, омогућавајући премештање велике количине материјала на различитим удаљеностима.

За исправан и неометан рад транспортера важно је правилно изабрати:

- Електромотор одговарајуће снаге,
- Редуктор,
- Транспортну траку,
- Носеће ваљке,
- Повратни добош,
- Утоварни уређај,
- Истоварни уређај, итд.

Веома је важно њихово правилно одржавање које значајно може продужити њихов радни век. Основни циљеви редовног одржавања су:

- Смањење трошкова због застоја,
- Успоравање застаревања средстава за рад,
- Смањивање трошкова рада и материјала у производњи, који настају услед повећаних кварова и застоја у процесу рада.

Утовар и истовар може се вршити помоћу другог транспортног система. Терет се не сме утоваривати ван габарита транспортне траке. Веома је важно да се транспортер користи у оквиру својих капацитета.

Тенденције развоја савремених конструкција погона тракастих транспортера су:

- Широка унификација елемената конструкције (добоша, редуктора, електромотора, уређаја за кочење, лежајева, спојница),
- Спајање затезних уређаја са погонским станицама код снажних транспортера,
- Значајно повећање брзине кретања траке,
- Повећање снаге погона,
- Употреба једног погона за траке различитих ширина,
- Могућност добијања неколико брзина кретања у једном погону,
- Израда погона са аутоматским регулисањем брзине траке у зависности од стварног капацитета.

Веома је важно рећи да је неопходно смањење отпора који се јављају приликом транспортовања материјала. На пример, повећање отпора кретању траке доводи до повећања неопходне снаге мотора, веће потрошње електричне енергије, захтева употребу чвршће траке, а према томе и цена тракастог транспортера значајно расте.

Ако којим случајем повећамо размак између носећих ваљака повећава се оптерећење лежајева ваљака и скраћује век њиховог трајања. С друге стране, повећањем размака између носећих слогова смањује се њихова количина и цена, а такође и трошак на експлоатационе расходе повезане са њиховим одржавањем у исправном стању.

Ако разматрамо добош, можемо закључити да се са повећањем његових димензија побољшавају услови рада траке. То би била позитивна страна, док би негативна страна била повећање масе добоша. Према томе димензије добоша не смеју бити веће него што је то неопходно за осигурање нормалних услова рада траке.

На основу претходно наведеног важно је истаћи да се при пројектовању транспортера мора водити рачуна до најситнијег детаља како би он исправно функционисао и задовољио одговарајуће стандарде у техничко-економском погледу.

11. Литература

- [1] Трешћец И.: Теорија, прорачун и примјена транспортера с гуменом траком, Завод за продуктивност, Загреб, 1983.
- [2] <http://wolverhamptonhandling.co.uk/history-of-conveyors/>, март 2016.
- [3] <http://hubpages.com/technology/Automation-How-the-Conveyor-Belt-Has-Changed-Our-Lives>, март 2016.
- [4] http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/8450/mod_resource/content/0/Predavanja_kontinualna_sredstva/TrakastiTransporter.pdf, март 2016.
- [5] Гашић М.: Транспортни уређаји, Машински факултет, Краљево, 1997.
- [6] Тошић С.: Транспортни уређаји и механизација транспорта, Машински факултет, Београд, 1999.
- [7] http://rudar.rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Transport/Vjezbe/TabliceIIProgram.pdf, април 2016.
- [8] http://www.tecnicaindustriale.it/mgm_catalogues.pdf, април 2016.
- [9] http://www.bonfiglioli.com/media/filer_public/c8/40/c84017e9-28c3-4c9b-91b4-4bce28ea38fa/br_cat_vf-w_atx_eng_r00_0.pdf, април 2016.
- [10] <http://trasing.rs/>, мај 2016.

12. Техничка документација

Редни број	Назив цртежа	Број цртежа
1.	Склоп	01.00.00
2.	Носећа конструкција	01.01.00
3.	Ножица	01.02.00
4.	Уздужно укрућење	01.03.00
5.	Попречно укрућење	01.04.00
6.	Носач мотора 1	01.05.00
7.	Носач мотора 2	01.06.00
8.	Носач ваљка	01.07.00
9.	Ваљак 1	01.08.00
10.	Ваљак 2	01.09.00
11.	Плоча 1	01.10.00
12.	Плоча 2	01.11.00