

Слика 61: Једношински флексибилни транспортер – пренос преко зубчастог каиша

(слика 62). Доње носеће плоче су од разнокраког L профила, 150 x 100 x 10 mm, а хоризонтални точкови, пречника 115 mm, ослањају се о доњу појасну цев шине транспортне стазе под углом од 45°.

Појасни делови шине транспортне стазе изведени су у облику цеви, пречника 45 mm, дебљине зида 6 mm. Дебљина ребра износи 6 mm.

Вертикални точкови колица су профилисани и обложени пластичном масом. Пречник газећег дела точка је 160 mm, а спољњи пречник точка је 190 mm. Услед облика вертикалних точкова, хоризонтални точкови налазе се само на доњим носећим плочама колица.

Сви остали делови конструкције су исти као у решењу 1.

У наставку текста дато је побољшано конструктивно решење основног модула ЈФТ-а и конструктивно решење ЈФТ-а за монтажу. ЈФТ за монтажу, уместо везника који повезује колица са доње стране и служи за качење захватног уређаја, имају носећу структуру на којој се монтира подсклоп или склоп, постављену изнад транспортера (транспортер се креће по поду погона или непосредно испод или изнад пода погона, у зависности од габарита делова који се монтирају). На овом решењу одбојници се налазе на бочним странама плоча које окружују погонски точак и служе за укрућење горње носеће плоче.

Побољшано решење са малим насадним моторним пужним преносником I профила шине транспортне стазе

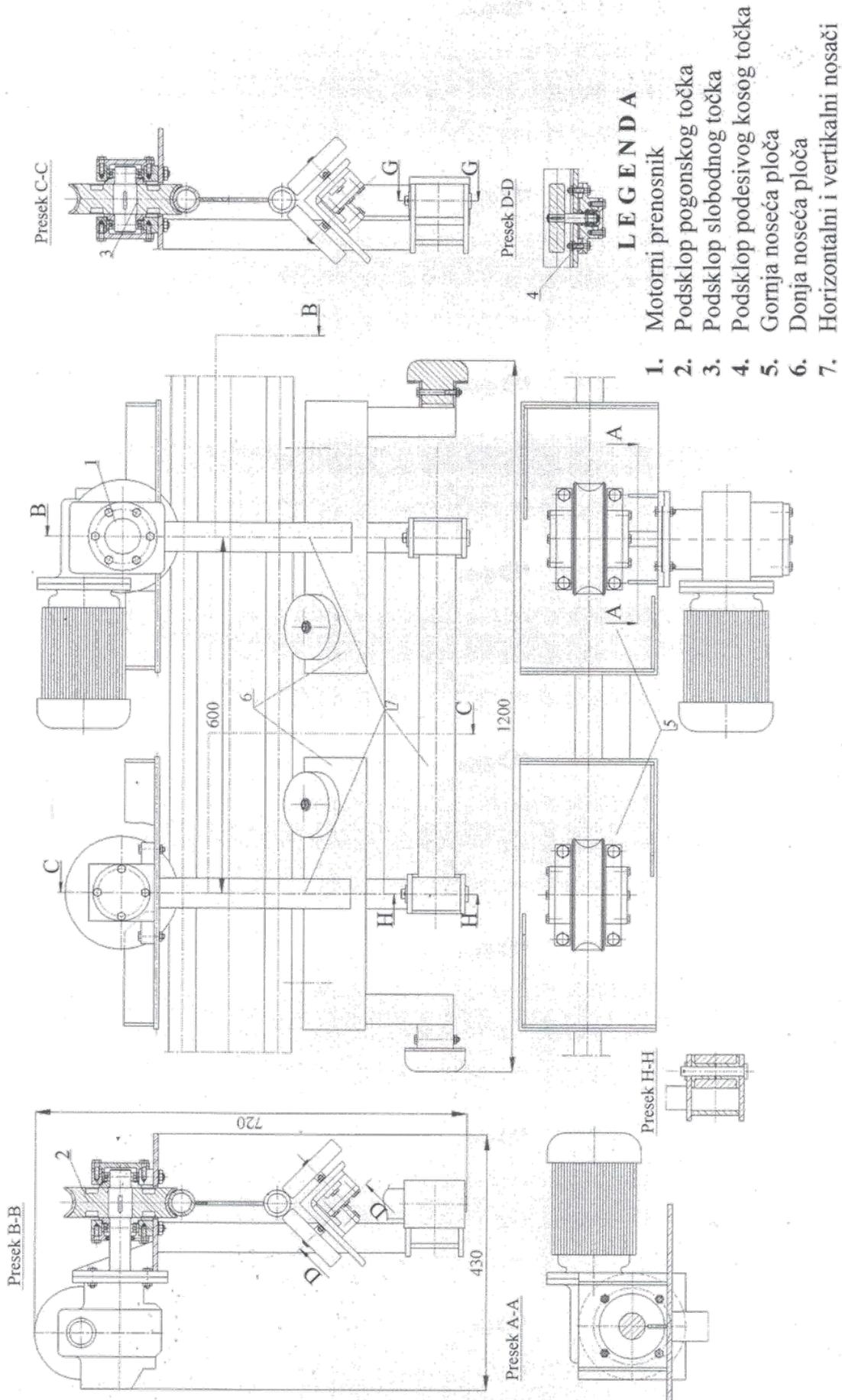
Побољшано решење дато је на слици 63. Брзина транспортера је 1 m/s. Растојање између вертикалних точкова погонских и слободних колица је 600 mm. Носећу структуру колица сачињавају горња носећа плоча, на коју је са горње стране постављен склоп вертикалног точка, и доња носећа плоча, за коју су са доње стране постављени носачи захватног уређаја.

Плоче дебљине 10 mm, повезане су вертикалним везником (50 x 50 x 5 mm). За вертикални везник погонских колица везана је управљачка кутија транспортера. Вертикални точкови крећу се по горњем појасном лиму шине транспортне стазе. На горњој страни погонских колица постављен је моторни преносник. Горња и доња плоча носе хоризонталне точкове који се крећу по бочним странама горњих и доњих појасних делова шине транспортне стазе, а служе за вођење транспортера у хоризонталној равни. Погонска и слободна колица повезане су хоризонталним везником (50 x 50 x 5 mm), за који се качи захватни уређај. Везник је зглобно везан за колица, чиме је омогућено његово окретање у хоризонталној равни, до кога долази у кривинама транспортне стазе. Са доње стране доњих носећих плоча налази се одбојник који у случају контакта са другим транспортером тренутно зауставља транспортер (везан је електричном инсталацијом са управљачком кутијом транспортера).

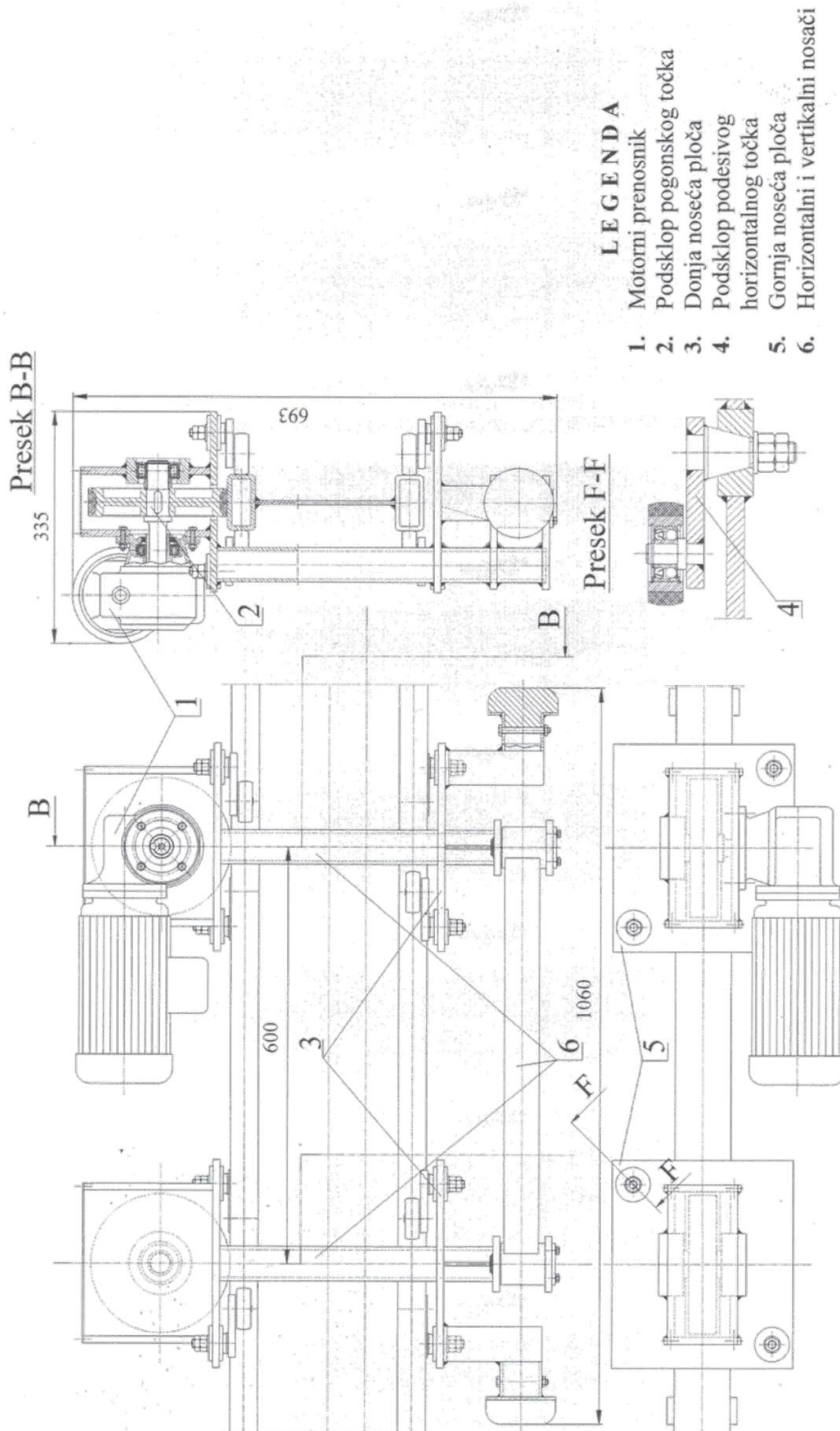
Моторни преносник је мали насадни пужни моторни преносник са прирубницом, P2FH50/KZKP 71 A, снаге 0,18 kW и излазног броја обртаја 100 o/min, производње "Север" - Суботица. Моторни преносник је помоћу прирубнице везан завртњима за вертикалну плочу, заварену за горњу носећу плочу.

Склоп погонског вертикалног точка састоји се од вратила пуног попречног пресека (за које је точак везан клином), затвореног котрљајног лежаја са десне стране точка и одговарајућег дистантног прстена. Пуно вратило улази целом дужином у шупље вратило моторног преносника и за њега је везано клином. Око погонског точка, са горње стране горње носеће плоче, за носећу плочу и између себе, заварене су четири плоче дебљине 10 mm, чиме се укрућује носећа плоча. За једну од ових плоча, са спољње стране, завртњевима се причвршћује моторни преносник.

Погонски вертикални точак је пречника 200 mm и изведен је са равном облогом (без обода) од пластичне масе.



Слика 62: ЈФТ – цевна шина транспортне стазе



Слика 63: ЈФТ – побољшано решење

Склоп вертикалног точка слободних колица идентичан је склопу вертикалног точка погонских колица (јасно, без погонске групе).

Носеће плоче имају по два склопа хоризонталних точкова дијагонално постављених са обе бочне стране појасних лимова шине транспортне стазе. Хоризонтални точкови доњих носећих плоча колица постављени су по супротној дијагонали у односу на хоризонталне точкове горњих носећих плоча. Хоризонтални точкови суседних плоча постављени су, такође, по супротним дијагоналама. Хоризонтални точкови имају могућност померања у правцу нормалном на правац кретања транспортера, односно, могуће је подешавати пријањања точка за бочне стране појасних делова шине транспортне стазе. Склоп хоризонталног точка састоји се од носеће плоче дебљине 10 mm за коју су са различитих страна заварене две осовине. На једну осовину причвршћен је точак са пластичном облогом, пречника 60 mm, у коме се налази затворени котрљајни лежај причвршћен ускочницима, а друга осовина је једним делом конусна, а другим делом цилиндрична са навојем и причвршћена за носећу плочу помоћу две навртке. Окретањем склопа око ове осовине остварује се подешавање зазора између хоризонталног точка и појасног дела шине транспортне стазе, који је неопходан при кретању транспортера кроз криволинијске деонице транспортне стазе. Потребан зазор између хоризонталних точкова и шине транспортне стазе израчунат је из одговарајућег аналитичког модела закретања колица транспортера у кривини.

Окретање везника који повезује колица у хоризонталној равни (до кога долази у кривинама транспортне стазе) решено је бронзаном чауром, која се налази у металној чаури завареној за крајеве хоризонталног везника (50 x 50 x 5 mm), а која се окреће око осовине обезбеђене са горње стране ускочником, а са доње стране плочицом која онемогућава окретање осовине.

Захватни уређај качи се за хоризонтални везник који повезује колица и налази се у вертикалној оси шине транспортне стазе.

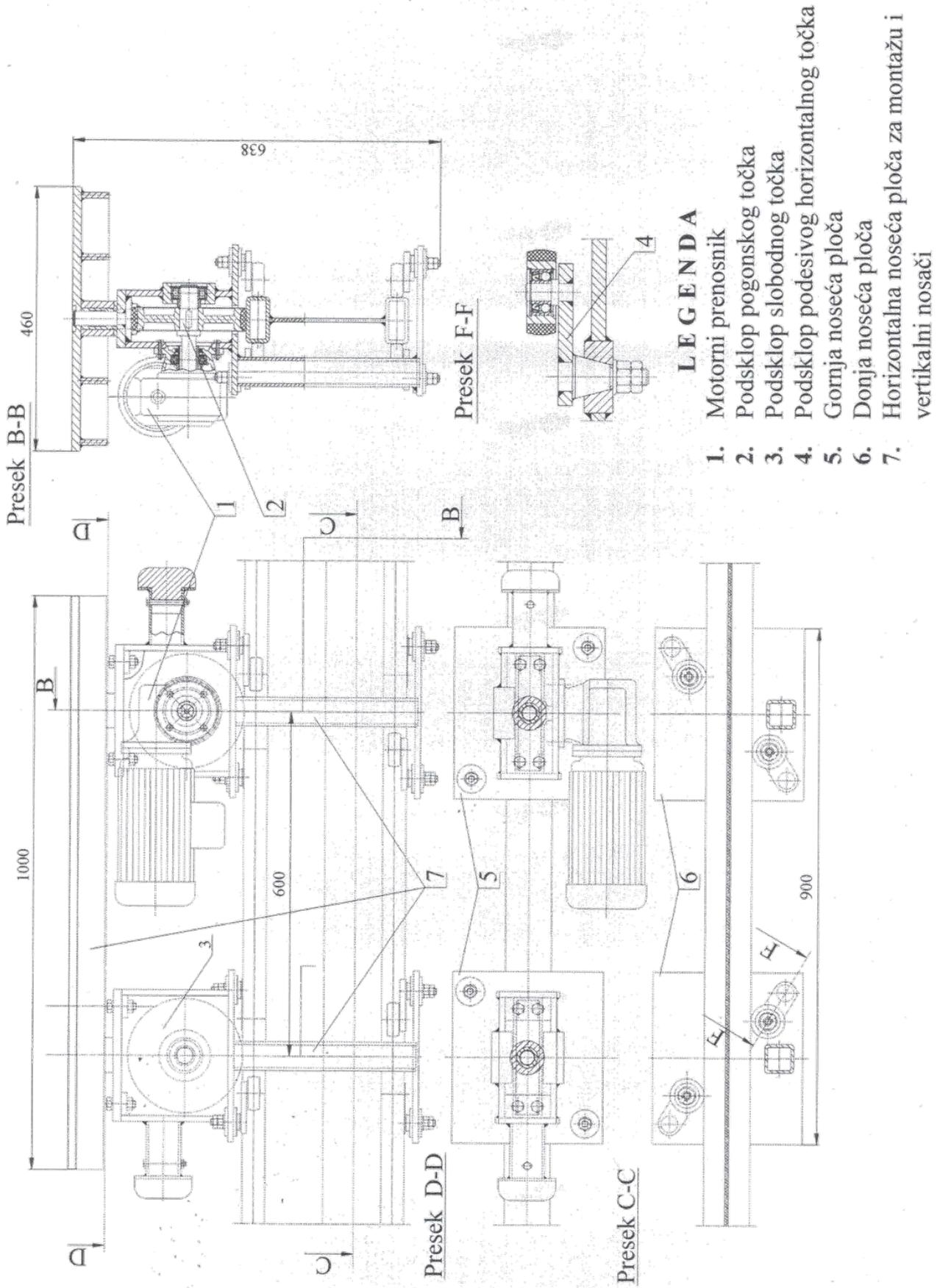
Шина транспортне стазе састоји се од појасних делова правоугаоног попречног пресека (80 x 40 x 6,3 mm) заварених за ребро, висине 200 mm и дебљине 6 mm.

Напајање транспортера енергијом и преношење управљачких сигнала обавља се преко струјних шина причвршћених са спољне стране шине транспортне стазе. Друга страна шине транспортне стазе служи за постављање носача транспортне стазе, помоћу којих је транспортна стаза окачена о носећу конструкцију.

Основни модул ЈФТ-а за монтажу

Решење се разликује од претходног само по носећој структури и положају одбојника (слика 64). Уместо везника који повезује колица са доње стране и служи за качење захватног уређаја, колица су повезана носећом плочом на којој се монтира подсклоп или склоп, а која се налази изнад транспортера (транспортер се креће по поду погона или непосредно испод или изнад пода погона, у зависности од габарита делова који се монтирају). Са горње стране вертикалних плоча које окружују погонски точак и служе за укрућење горње носеће плоче, завртњевима се везује плоча дебљине 10 mm, за коју је заварена осовина око које се окреће носећа плоча. Са доње стране носеће плоче, налази се склоп металне чауре и бронзане чауре идентичан склопу везника који повезује колица основног модулу ЈФТ-а. Носећа плоча је дебљине 15 mm, укрућена уздужним и попречним ребрима дебљине 10 mm.

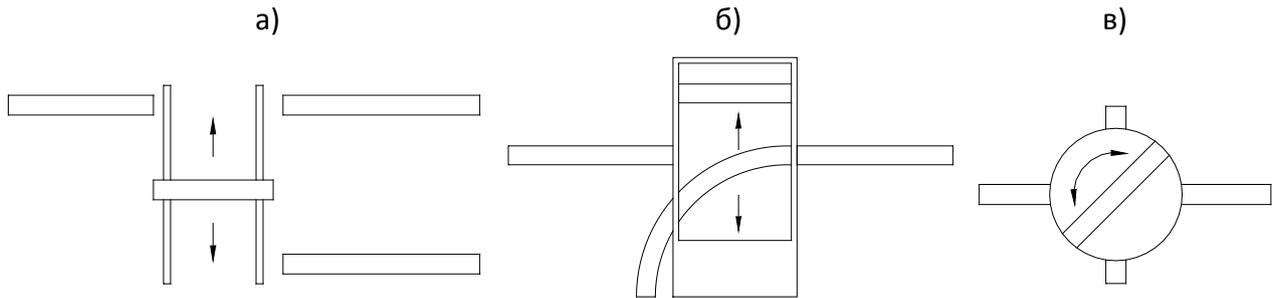
Одбојници на овом решењу заварени су за бочне стране плоча које окружују вертикални точак.



Слика 64: ЈФТ – за монтажу

18. Подсистем компонента транспортне стазе (скретнице и подизачи)

Скретнице транспортне стазе (које уједно представљају и раскрснице транспортне стазе система ЈФТ-а) омогућавају промену правца кретања транспортера у мрежи транспортних стаза (оптимизираних за ток материјала кроз дати систем). Изводе се у три различита конструктивна облика: скретнице које омогућавају транслаторно пребацивање транспортера на паралелне деонице транспортних стаза (слика 65 – а), скретнице које омогућавају наставак кретања у претходном правцу или скретање у другом правцу (слика 65 – б), и скретнице које омогућавају скретање у два правца или наставак кретања у претходном правцу - кружне скретнице (слика 65 – в).



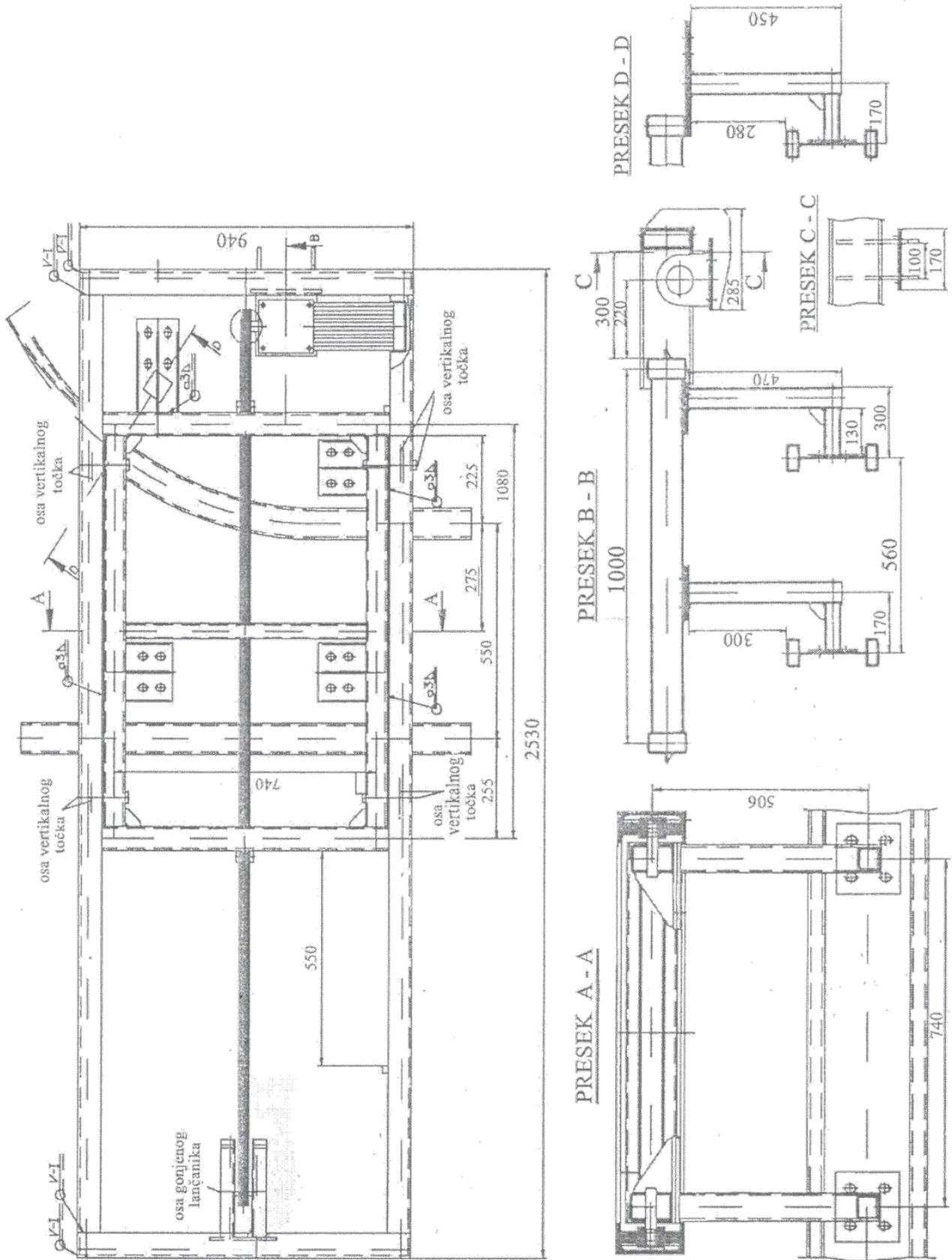
Слика 65

Скретнице за промену кретања у два правца

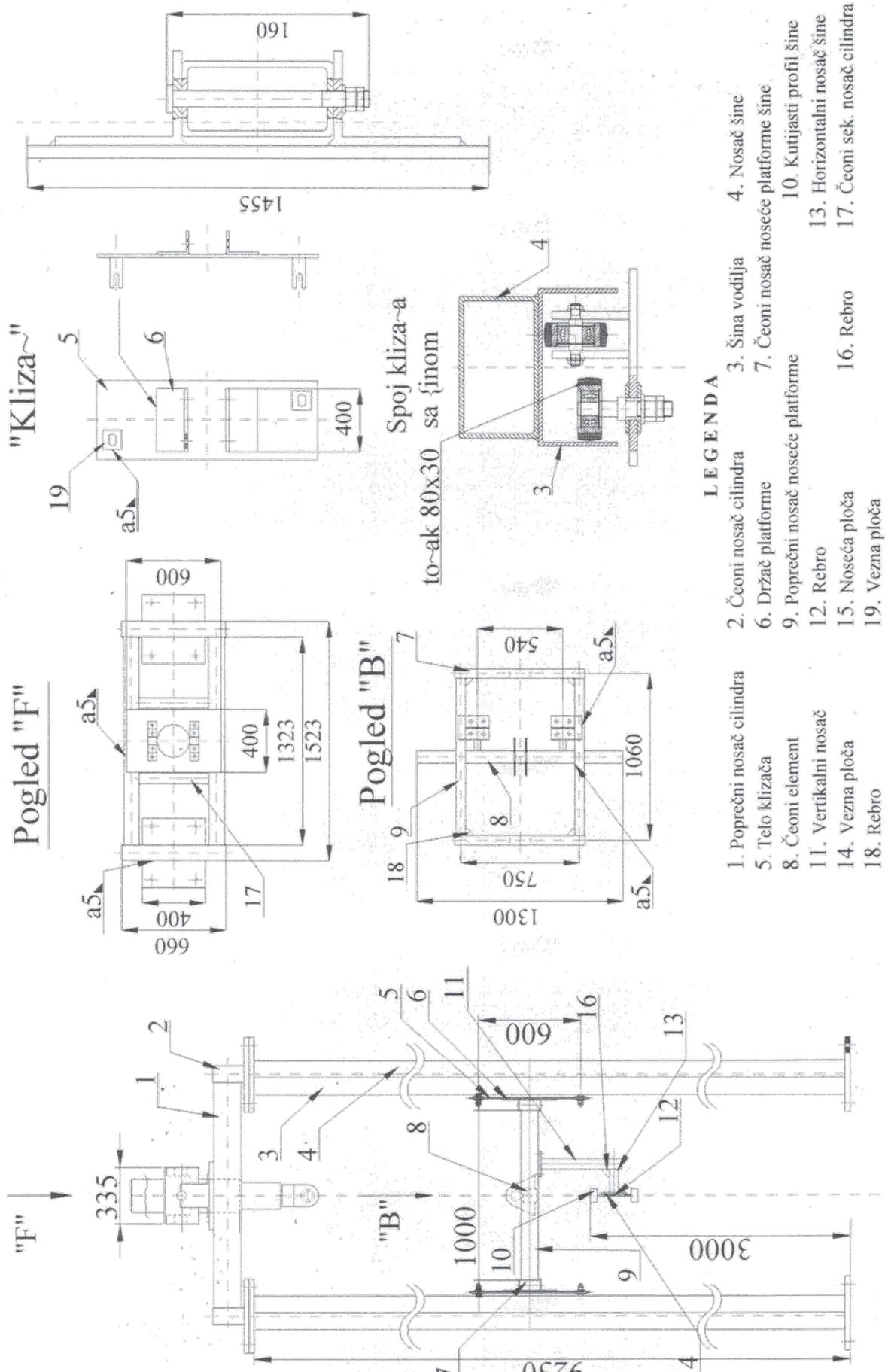
Усвојени тип конструкције колица скретнице омогућава промену кретања у два правца (слика 66).

Челична конструкција колица скретнице (спољни рам) израђена је у облику правоугаоника и састоји се од челичних кутијастих носача: 60.5.120...810 - чеони носачи (2 ком.); 60.5.100...1000 подужни носачи (2 ком.). Спољњи рам колица скретнице укрупњен је кутијастим носачем 40.4.60...680 на средини распона. За спољни рам везани су кутијасте носачи за везивање деоница транспортне стазе који су приказани на цртежу. Ход колица скретнице износи 550 mm, чиме је омогућено кретање транспортера (гранање стазе) у два правца. Облици деоница транспортне стазе су праволинијски и криволинијски са радијусом од 1 m. Померање скретнице остварено је преко ланца са зупцима DIN 8190, корака 12,7 mm, називне ширине од 25 mm и прекидне силе 14.5 kN. Ланац је преко осовине везан за ушке заварене за чеоне носаче спољњег рама колица скретнице. Пречник погонског и затезног ланчаника износи 81,184 mm. Затезање ланчаника остварено је преко вијака. Погонски ланчаник остварује своје обртање преко моторног преносника 90 С - 2/ KZKP 63 А-4 "СЕВЕР" - Суботица, снаге 0,09 kW и излазне учестаности обртања 125 o/min. Скретница остварује свој ход брзином транслаторног кретања 0,531 m/s и ход прелази за 1,04 s. Усвојени ланац са зупцима омогућава остваривање релативно велике брзине кретања колица скретнице, одступање мера овог ланца мање су у односу на ланце са ваљцима, утицај ових одступања је мањи, те је рад оваквог ланчаног пара скоро бешуман. Погонски ланчаник је преко чауре насађен на излазно вратило моторног преносника. Моторни преносник је преко помоћних носача ослоњен на стационарни челични рам по коме се крећу точкови колица скретнице.

Скретница је снабдевена са 4 вертикална челична конусна точка обложена пластиком. Средњи пречник вертикалних конусних точка износи 135 mm, а они се крећу по доњем појасу стандардног U16 носача JUS С.В3.141 који представља подужни носач стационарног челичног рама. По ребру U16 носача крећу се хоризонтални точкови (ролне) за вођење



Слика 66



Слика 67

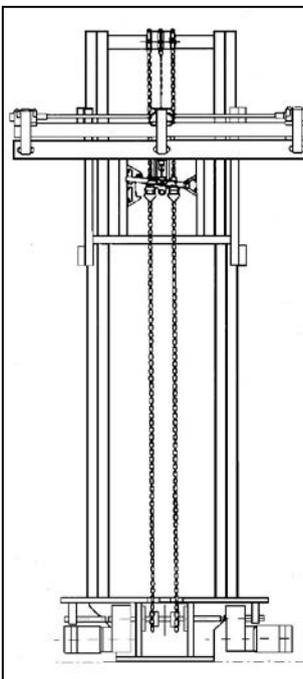
колица скретнице пречника 45 mm. Хоризонтални точкови израђени су од пластике. Предвиђена је могућност подешавања точкова. Такође, предвиђена је могућност прецизног позиционирања деоница транспортне трасе, као и могућност вођења повратне гране ланца, да не би дошло до угибања ланца. Усвојени тип погона преко ланчаника омогућава брзо, сигурно, безбедно и прецизно остваривање функција скретнице, а искључена је могућност проклизавања вертикалних точкова.

Подизач транспортера

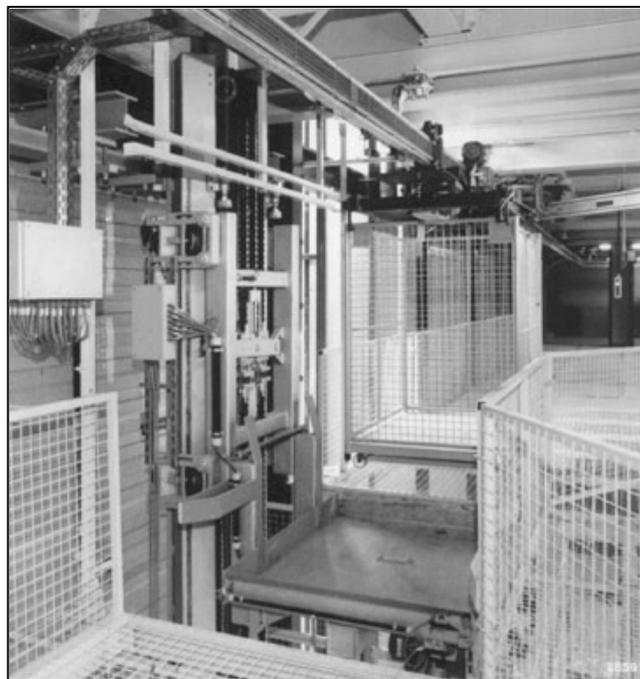
Подизач транспортера у систему једношиног флексибилног транспортера обавља вертикално премештање транспортера са једног на други ниво транспортне стазе. Састоји се од носеће конструкције непокретног рама унутар кога се покреће покретни рам у који улази транспортер. Подизање покретног рама са транспортером може бити решено хидрауличним цилиндром или системом ужад и ланаца. На слици 67, представљено је конструктивно решење подизача транспортера.

На слици 68 представљено је конструктивно решење подизача транспортера фирме Демаг, носивости до 2500 kg и висине дизања до 25 m, са два вучна елемента независно погоњена. Брзина подизања/спуштања износи до 90 m/min, а снага погона је до 18 kW. За носивост до 1000 kg вучни елемент је челично уже, а за веће носивости ланац.

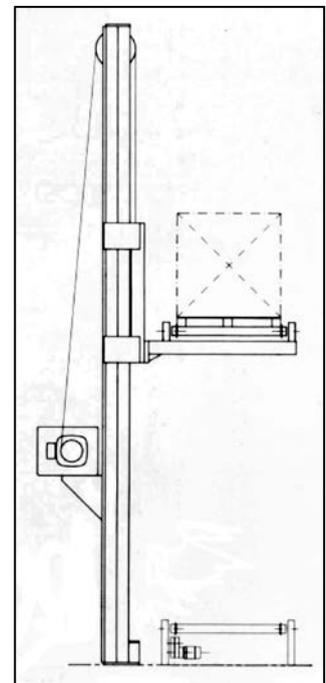
Подизач палета може бити изведен и у облику подизне палтформе, са равном површином, слика 69, за премештање палета користи се погонски ваљкасти транспортер, слика 70, ланчasti транспортер или тракасти транспортер. Носивост уређаја је до 5000 kg, висина дизања до 25 m, брзина подизања/спуштања износи од 50 до 90 m/min, а снага погона до 25 kW.



Слика 68



Слика 69



Слика 70

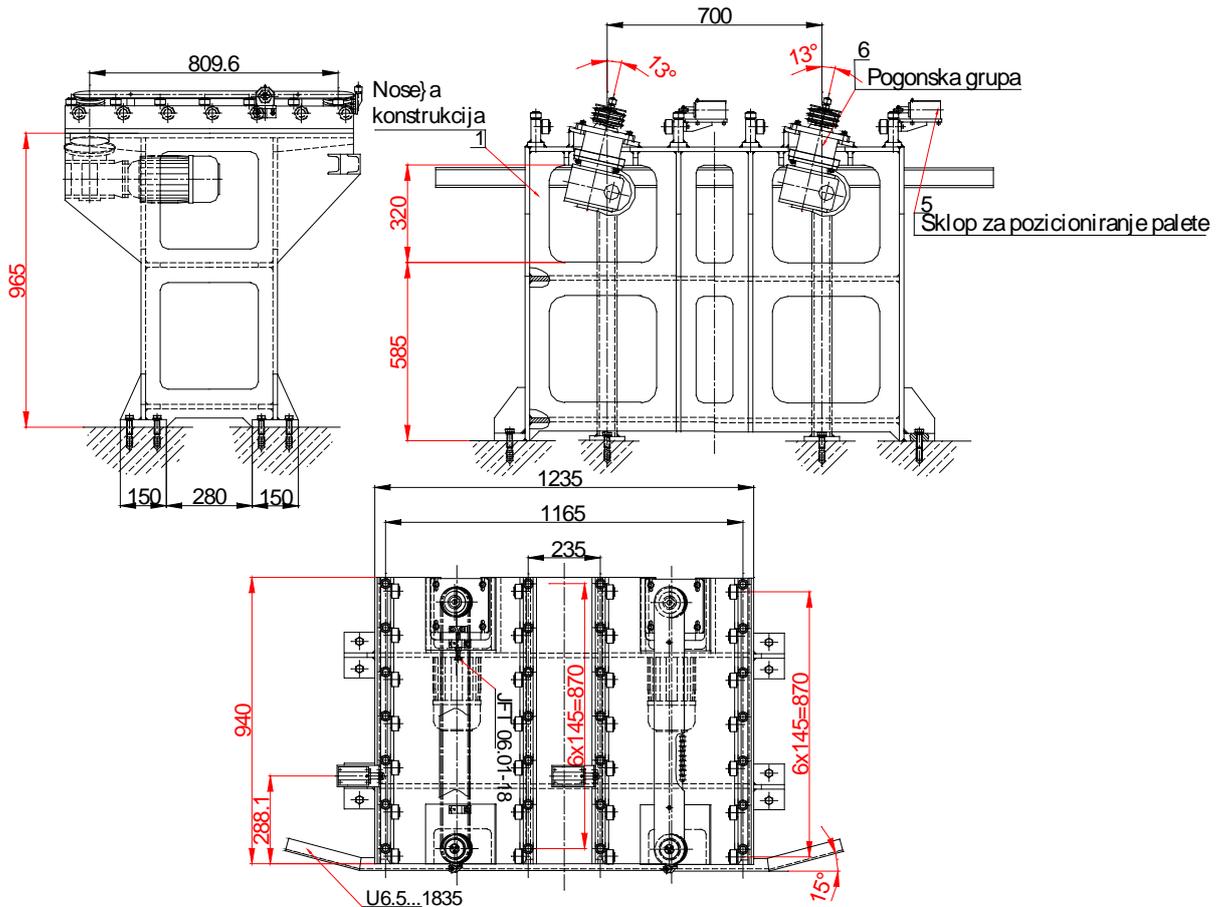
19. Подсистем утоварне и истоварне станице

Трансфер (утовар или истовар) транспортне јединице коју носи ЈФТ обавља се преко утоварно/истоварних станица. Утоварно/истоварна станица састоји се од носеће структуре - рама и надградње која омогућава аутоматско премештање транспортне јединице. Надградња се изводи у облику уређаја континуалног дејства. Уколико се транспортују стандардне дрвене палете или различити транспортни судови (са истим доњим делом као и дрвена палета), примењује се, најчешће, ланчасти транспортер са два погонска ланца. Уколико транспортни систем обавља манипулацију металних палета са стегнутим обрацима (у ФПС-у) надградња утоварно/истоварне станице изводи се у облику различитих извођења ваљкастог транспортера или транспортног моста са погонским ланцем. Утоварне и истоварне станице често представљају један крај, тј. завршетак или почетак ваљкастог или ланчастог транспортера у елементарним подсистемима ФПС-а: палетизације/депалетизације, алатне машине, улазно/излазне зоне аутоматског складишта итд., или у одговарајућим подсистемима високорегалних складишта или складишно-дистрибутивних система у којима је примењен систем ЈФТ. Наспрам утоварних и истоварних станица, ради остваривања потребне тачности при позиционирању транспортера при трансферу транспортне јединице, постављају се елементи за вођење транспортера (најчешће у облику одговарајућих профила или лимова).

На слици 71 представљено је конструктивно решење утоварне и истоварне (или утоварно/истоварне) станице, која се најчешће назива измењивача палета, за металне палете димензија 500 x 500 mm (DIN 55201) развијено на Институту за механизацију, машинског факултета у Београду. На стандардну палету монтиран је кљун за захватање палете и плоча са жлебом за позиционирање палете. Основни елементи подсистема су носећа структура станице, ланчасти транспортер и вођице за хватни уређај транспортера. Вучни елемент транспортера је трореди ваљкасти ланац FKK 220/3 који се креће брзином од 0,24 m/s.

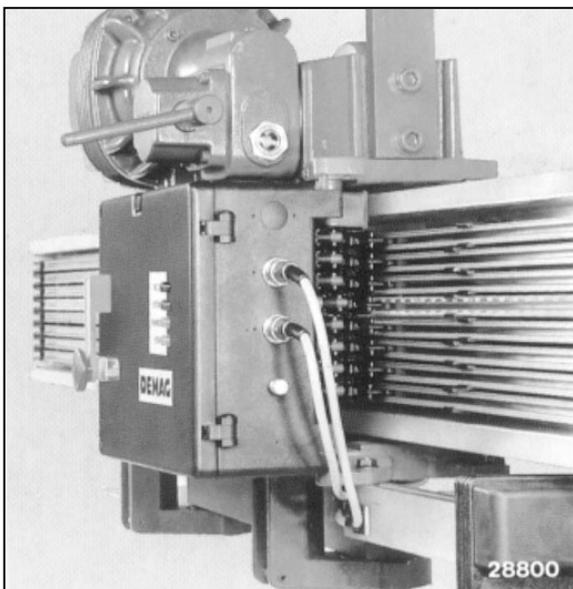
Растојање између оса ланчаника је 810 mm, а ради исправног функционисања станице растојање се мора одржавати константним (ланаца се у току експлоатације не сме дотезати). На ланац је причвршћен елемент за захватање палете (зуб). Елемент се састоји од носача који се умеће у ланац на месту ламеле, осовине и котрљајног лежаја. Осе ланчаника постављене су под углом од 130° у односу на вертикалну осу, да би се омогућио несметан пролаз зуба испод палете при празном ходу, као и захватање палете (улазак у жлеб на кљуну палете) у радном ходу. Вођење палете обавља се помоћу хоризонталних и вертикалних кугличних лежајева. Носећа конструкција састоји се од заварених лимова дебљине 15 mm, на коју се постављају вођице палете, носеће плоче ланчаника и U профил за увођење хватног уређаја транспортера у станицу (други профил за увођење у станицу постављен је прекопута станице).

По доласку једношиног флексибилног транспортера у станицу укључује се погон ланчаног транспортера на хватном уређају. Зуб који се налази на ланцу ланчаног транспортера креће се у доњој полуравни и може захватити кљун и са једне и са друге стране палете, зависно од стране на коју треба обавити пребацивање палете, услед поклапања оса кљунова палете са осам крајњих положаја зуба. При преласку зуба из доње у горњу полураван, долази до спрезања између зуба и кљуна који је на супротној страни у односу на страну на коју се обавља пребацивање. У овом случају зуб гура палету и поставља је на станицу, и то тако да се оса жлеба на кљуну поклапа са осом крајњег положаја зуба ланчаног транспортера на станици. Укључивањем ланчаног транспортера на станици, на исти начин као у претходном случају, остварује се спрезање зуба ланчаног транспортера на станици и кљуна на палети и њено пребацивање на радни сто машине. Када се палета постави на радни сто машине, зуб излази из захвата са кљуном и палета остаје слободна, чиме је омогућено њено даље померање у току обраде. По завршетку обраде целокупан циклус понавља се обрнутим редоследом и палета се пребацује на хватни уређај транспортера.



Слика 71: Измењивач металних палета

20. Подсистем за пренос енергије и информација



Слика 72

Преношење енергије и информација и управљачких сигнала неопходних за управљање системом остварује се преко струјних шина и контактних проводничких елемената, који се причвршћују за једну страну шине транспортне стазе, са друге стране на самом транспортеру налазе се контакти које улазе у струјне шине транспортне стазе које информишу преносе до управљачке кутије на транспортеру (слика 72), а електрична енергија до погонског мотора који погони вертикални погонски точак погонских колица.

Подистем сачињавају и све потребне електричне и електронске компоненте за преношење енергије и информација: контакти, прекидачи, давачи, трансформатори, итд.

21. Систем шинских аутоматских возила

Шинско аутоматско возило примењује се, готово искључиво, у ФПС за израду делова већих габарита и већих маса, слика 73. Возило се креће по шинама постављеним на поду погона. Напајање возила енергијом и преношење управљачких сигнала обавља се преко флексибилног кабла смештеног између шина. Алатне машине постављају се у линији дуж шинске стазе возила. Возило се погони мотором једносмерне струје, а утовар и истовар палетизованог дела (транспортне јединице) обавља се са окретног стола - измењивача палета алатне машине или са одговарајућих утоварно/истоварних станица (које остварују “комуникацију” са радним столом алатне машине). У ФПС са мањим бројем алатних машина и дужим просечним временима обраде, могућа су и решења у којима се на самом возилу могу сместити две транспортне јединице, а утовар и истовар транспортне јединице обавља



Слика 73

Nosivost i dimenzije paleta (mm)	Tipovi i veličine vozila	Vozila sa jednim paletnim mestom		Vozila sa dva paletna mesta	
250 kg • 320 x 320		○	●	○	●
500 kg • 400 x 400		○	●	○	●
1000 kg • 500 x 630		○	●	○	●
1500 kg • 630 x 800		○		○	
2500 kg • 800 x 1000		○			

○ Bez vertikalnog kretanja ● Sa vertikalnim kretanjem

директно са радног стола алатне машине. Надградња возила, тј. платформа на возилу, на коју се поставља транспортна јединица, као и надградња утоварно/истоварне станице, најчешће се, услед велике масе делова, изводе у облику различитих конструкција ваљкастог транспортера. Шинска аутоматска возила имају релативно кратку транспортну стазу и већу средњу брзину кретања од возила АГВС, па се у системима, углавном, промењује само једно шинско возило, а у системима са већим бројем алатних машина, два шинска возила. Основни

недостатак овог транспортног система је, што се шинска возила могу кретати само праволинијски, тј. алатне машине постављати искључиво у линији. У табели изнад, дати су типови и величине аутоматских возила са носивошћу, односно, димензијама палета које могу транспортовати.

22. Систем аутоматски управљаних возила (АГВС)

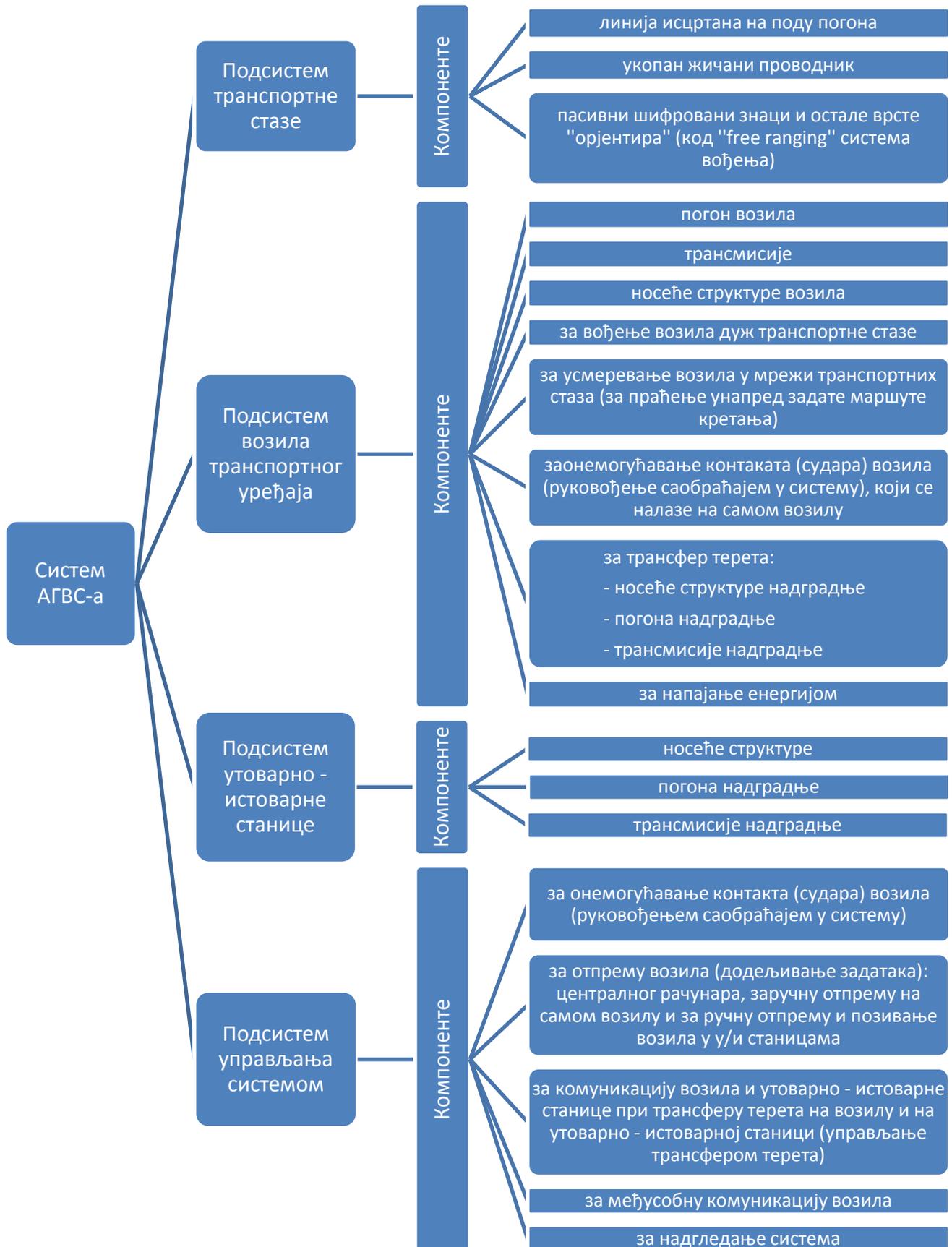
Систем аутоматски управљаних возила је тренутно технички и технолошки најсавременији систем флексибилног подног транспорта. Први системи овог типа звали су се "системи без возача" (Кофф, Г. 1987) и развијени су пре скоро четрдесет година. Наглим развојем електронике (заменом електронске цеви транзисторском технологијом, затим системом интегрисаних кола и на крају микропроцесорима) системи су се непрестано усавршавали, а прави процват и афирмацију доживели су крајем осамдесетих година. АГВС се и даље непрестано усавршава и данас представља стандардни и најзаступљенији транспортни систем флексибилне производње и складишно – дистрибутивних система.

Структурна шема система дата је на слици 74. Систем се састоји од подсистема аутоматски управљаних (АГ) возила, подсистема транспортне стазе, подсистема утоварно/истоварних станица и управљачког подсистема.

Транспортна стаза оптимизирана је за задати ток материјала кроз производну средину. Постоји неколико извођења транспортне стазе. Најстарији тип састоји се од линије исцртане флуоресцентном бојом на поду погона или алуминијумске траке залепљене на под погона. Оба извођења транспортне стазе примењују се при тзв. "оптичком" вођењу возила (основне функције система објашњене су у наставку текста). При тзв. "хемијском вођењу", транспортна стаза састоји се од слоја хемијских материја, нанесених на под погона, такође, у облику траке.

Транспортна стаза новијих система састоји се од жичаног проводника постављеног у жљоб укопан у поду погона, и заливеденог одговарајућом смоластом материјом – "индуктивно вођење возила". Најновији системи управљања немају физички елемент који представља транспортну стазу. Транспортна стаза (layout пролаза у погону) налази се у меморији рачунара на возилу, а за оријентацију возила у систему на одговарајућим местима дуж пролаза погона постављају се различити пасивни шифровани знаци, најчешће, у облику бар кодова ("free ranging" вођење возила).

У последњих неколико година на тржишту развијених земаља појавили су се системи са тзв. "жиронавођењем".

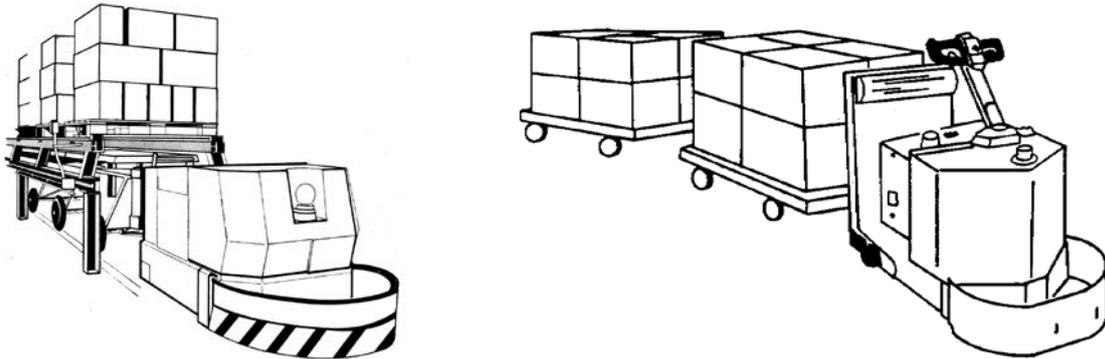


Слика 74

Типови АГВС возила

АГ вучна возила:

Представљају најстарији тип АГ возила. Вучна возила - тегљачи: Могу да буду већи број различитих типова приколица, примењују се у међускладиштима дистрибутивних центара. У зонама допреме и отпреме обично се поставља више паралелних петљи транспортних стаза на којима се ако је потребно може обављати утовар или истовар више композиција истовремено. Систем композиција начелно се примењује при великим интезитетима транспорта и тамо где се транспорт обавља на великим растојањима. Понекад између зграда или на отвореном простору или у врло разуђеним системима. Брзина вучног возила креће се од 1 до 1,5 m/s.



Слика 75

АГ возила за превоз јединичног терета:

Крећу се најчешће брзином од 1 m/s и опремљени су надградњом која омогућава аутоматско премештање терета између возила кроз утоварно истоварне станице. Примењују се у ФПС и у складишним системима где су транспортна растојања релативно кратка а количине материјала релативно велике. Утоварно – истоварне станице изводе се у облику погонских или непогонских ваљака транспортера, тракастих транспортера или једноставно металних постоља без погонских механизма (слика 76).



Слика 76

АГ палетна возила:

Ова возила се најчешће користе у складишним и складишно дистрибутивним системима. На предњем крају возила су опремљена виљушкама чиме је омогућено захватање терета са нивоа пода или утоварно-истоварних станица а возила омогућују ручно управљање тј. ручног утовара-истовара палета које се може обавити и ван транспортне стазе чиме се повећава укупна флексибилност система (слика 77).



Слика 77

АГ возила виљушкари:

Ова возила се примењују у системима у којима се захтева подизање и спуштање терета са нивоа пода или нивоа лежања и тамо са којих висина се утовара-истовара варирају. Ова возила су најскупља од свих типова и њихове примена може бити оправдана само у системима у којима се захтева потпуна атоматизација. АГ виљушкари захтевају компликован распоред транспортне стазе и прецизније методе преузимања терета на поду или тететним постољима и већу дисциплину у систему. Предност овог система је његовој великој флексибиности.



Слика 78

АГ возила за лаке терете:

Возила имају носивост до 250 kg и користе се за пренос мањих терета кроз производну средину. Примењује се углавном за монтажу производа мањих габарита и мање масе. Возила допремају делове потребне за монтажу подсклопова или склопова до аутономних монтажних станица у којима радници обављају или се монтажа одвија директно на самом возилу које обилази поједине монтажне станице (слика 79).

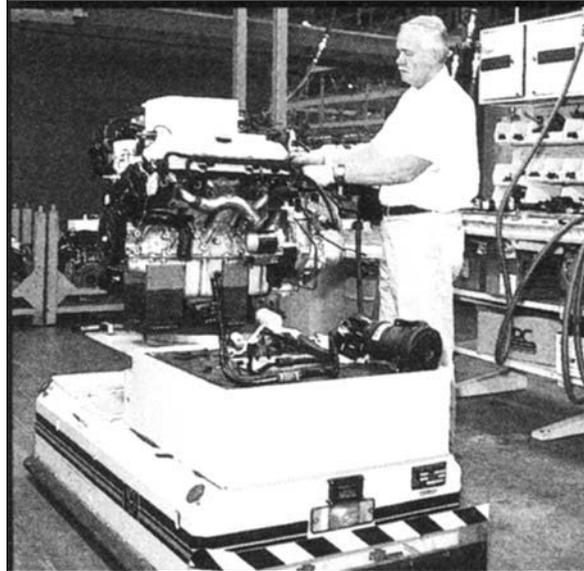


Слика 79

АГ возила за монтажу:

Ова возила су адаптација предходног типа и употребљавају се у процесима серијске монтаже. Ова возила превозе главне подсклопове као нпр. моторе или преноснике чији су делови склапају у серијском монтажном процесу. Испред сваке монтажне зоне налази се зона за аранжирање делова где се мањи делови смештају на стегу платформу ипод сваког подсклопа, возило потом продужава у зону монтаже где се зауставља у станицама за монтажу. Монтажер узима делове са возила и монтира их у главни подсклоп. Када је порцес монтаже које је предходно понело вучно возило завршен, возило одлази до следеће ранжирне зоне у којој се снабдева новим деловима и поново ваћа у монтажни процес. Поступак се понавља до

коначног комплетирања склопа. Постоје такође конструктивна извођења возила у којима она не носе делове који се монтирају већ само склоп а делови се већ налазе у монтажним станицама. АГ возила за монтажу пружају високу флексибилност у производном прецесу омогућавајући извођење више паралелних операција истовремено.



Слика 80

Основне функције АГВ система

Управљање возилом:

Омогућава возилу да следи одређену путању оптимизирану за дати ток материјала. Постоји неколико типова управљања: оптичко, индуктивно и софтверско.

Последњи тип управљања обухвата неколико начина управљања: вођење помоћу мерења броја обртаја погонског точка, вођење помоћу референтних фарова, вођење помоћу ултразвучне слике окружења, вођење помоћу оптичке стетоскопије.

При оптичком и индуктивном вођењу возило следи транспортну стазу на основу балансирања сигнала примљених од левог и десног сензора уређаја за праћење кретања смештених на доње постољу возила непосредно уз уздужну осу возила. Сензори детектују положај возила у односу на задату путању кретања на основу мерења јачине сигнала. Уколико је сигнал возила сензору нижег интензитета од дозвољеног возило је више отишло у леву страну па је потребно скренути у десно да би се возило вратило у задату путању и обрнуто.

Усмеравање:

То је способност возила да доноси одлуке дуж транспортне стазе да би стигло до специјалног одредишта. Постоје два начина на које возило бира прави пут при саобраћању из локације 1 у локацију 2. То је „фреквентна селективна метода“ и „селективна метода укључивања стазе“.

Руковођење саобраћајем:

Остварује се по систему који онемогућава контакте возила и у исто време омогућава максималну проходност возила кроз систем. Постоје три основна типа руковођења саобраћаја: зонска контрола, предња сензорска контрола, конбинована.

Зонска контрола је најједноставнији и још увек најраспрострањенији тип руковођења саобраћаја. Целокупна мрежа руковођења транспортних стаза подељена је у зоне. Основно правило зонске контроле је да се у једној зони може налазити само једно возило. Возило може да уђе у зону само ако је она потпуно слободна а најчешће на њеном почетку или крају предходне зоне налази се простор у коме возила задају да се зона ослободи. Постоје три типа зонске контроле: „дистрибутивна зонска контрола“, „централна зонска контрола“ и „он борд“ контрола.

Пемештање терета:

Утовар и истовар транспортне јединице може се остварити на више начина: ручним премештањем терета код вучних примена овог система, погонским, ваљкастим, тракастим или плочастим транспортером, премештање теретног уређаја за погонску транспортну јединицу, премештање терета уређаја гурање и повлачење.

Управљање системом:

Подразумева контролу, управљање и надгледање целокупног АГВС-а. Управљање системом може се поделити у две области: методе отпремања возила и методе надгледања система. Методе отпремања возила су: "он бард" отпрема возила, "оф борд" позивни систем, отпремање возила даљинским терминалом ("remote terminal dispatching"), отпрема централним рачунаром и комбинована метода. Најчешће коришћене методе надгледања система су: праћење позиције возила преко "локатор табле", "ЦРТ колор графички приказ", и "централна логика и извештавање".

У "он борд" методи отпреме возила, возила су опремљена контролном таблом са тастатуром, помоћу које оператор ручним укуцавањем одговарајућих података отпрема возило у станицу или низ зауставних станица, специфицирајући и задатке које ће возило обавити на зауставним местима (утоварно/истоварним станицама). Ово је најједноставнија и често и најфлексибилнија метода управљања системом.

"Оф борд" позивни систем је, такође, релативно једноставна метода. Најједноставнији тип извођења методе састоји се само од одговарајућег тастера за заустављање пролазећег возила кроз станицу, до централних уређаја ("позивних кутија") у станицама са којих оператор позива одговарајуће возило и задаје му жељене задатке. У току обављања задатка, преко "позивне кутија" возилу се могу саопштити и нови задаци.

Отпремање возила даљинским терминалом ("remote terminal dispatching"), представља одређени степен централизације отпреме возила. Оператор система, на основу визуелног увида у тренутне позиције возила и целокупног стања у систему, доноси одлуке о додељивању задатака сваком од возила. Надгледање система остварује се, најчешће, ЦРТ графичким приказом или "локатор таблом". Ова метода отпремања возила примењује се у системима у којима нема оправдања за тоталном аутоматизацијом и где је потребан велики степен селективне манипулације са аутоматским премештањем терета (нпр. у складиштима и складишно-дистрибутивним системима).

Отпрема централним рачунаром је највиши ниво управљања системом. Сви задаци које обављају возила подређена су централном рачунару, па ова метода отпреме представља аутоматизацију претходног случаја, елиминацијом главног диспечера (оператора) система. Примењује се у системима са интегралним решењем кретање материјала.

У системима са високом сложенешћу транспортних операција се, понекад, истовремено могу применити више метода управљања, што може бити целисходно у случајевима отказа главног нивоа управљања. Нпр. у случају отказа централног рачунара, позивајући у помоћ отпрему даљинским терминалом или "оф борд" позивни систем, АГВС ће наставити рад у интегралном облику.

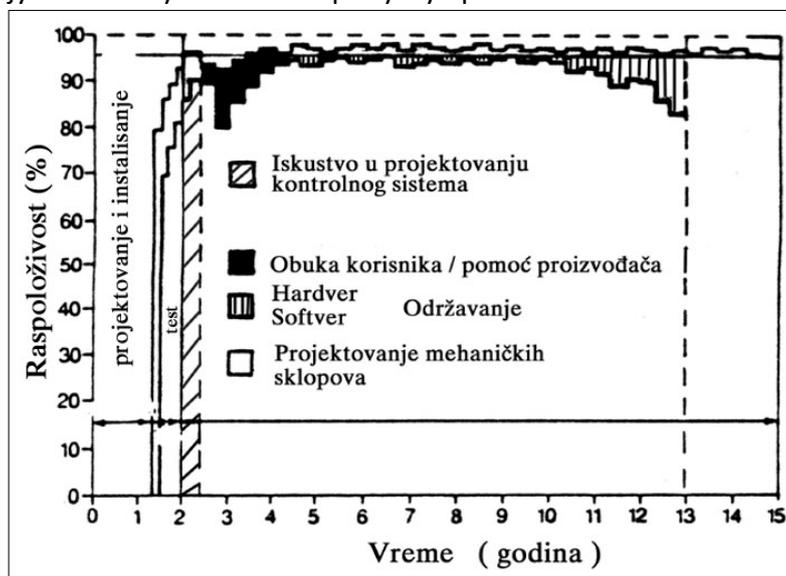
У сложенијим системима АГВС-а, услед високог нивоа аутоматизације и потребе обезбеђења високе проходности возила кроз систем, примењују се системи надгледања (“мониторинг”). Постоје три основна типа надгледања: Табла за праћење позиција возила (“локатор табла”), ЦРТ графички приказ и “централна логика и извештавање”.

Први тип је најједноставнији и у њему се обавља проста идентификација положаја возила, тј. зоне у којој се оно налази. Он, међутим, не може да идентификује врсту возила као ни послове које оно обавља у датом тренутку. У неким извођењима, зона може бити опремљена сатом, па дуже задржавање возила у зони може бити знак постојања одређених проблема у контролној зони.

ЦРТ графички приказ поседује орјентацију у реалном времену, услед чега се тренутно откривају нерегуларности у раду система, идентификују специфична возила и лоцира место квара на графичком екрану. Остале расположиве информације су: податак да ли се возила креће или је блокирано, теретни статус (да ли је возило натоварено или празно), податке о истрошености батерија и о правцу кретања возила. Захваљујући свим овим информацијама, оператор може брзо препознати кварове и застоје у систему и преузети одговарајуће кораке. Стање у систему може се приказати на монитору у графичком или табличном облику. Таблични облик даје податке о сваком возилу, његову позицију, одредиште, стање, теретни статус, алармни услов, итд.

“Централна логика и извештавање” састоји се у периодичном извештавању о обављеним задацима у систему. Ови подаци могу се употребити за идентификацију различитих потребних информација: искоришћење возила, укупна количина транспортованог терета по возилу, количина терета које је возило испоручило појединим утоварно/истоварним станицама и количина терета које је возило утоварило у појединим станицама, када је возило мењало батерије, где је одговарајући терет утоварен, где истоварен, итд. Увид у ове информације може бити врло користан за одржавање система у стању максималне расположивости.

Да би се стекла права слика о техничкој сложености АГВС-а, на слици 81 дати су узроци одступања расположивости АГВС-а, у функцији времена, од пројектоване поузданости, услед нестручног пројектовања и инсталирања ових система (2% смањења пројектоване расположивости могу, у великим интегрисаним системима да изазову 2% смањења производности система), на основу искустава једног од највећих светских произвођача АГВС-а, Швајцарске компаније “Дигитрон”. Распоживост се дефинише као вероватноћа да ће систем у датом тренутку моћи да се укључи у рад или вероватноћа да ће систем радити на задовољавајући начин у било ком тренутку времена.



Слика 81

23. Аналитичке методе за одређивање потребног броја транспортних уређаја – транспортера флексибилног транспортног система

Поред конфигурације мреже транспортних стаза (layout-а и усмерења транспортних стаза), једна од најважнијих пројектних променљивих ФТС је потребан број транспортних уређаја – транспортера. Он зависи од:

- захтеваног интензитета транспорта, тј. броја транспортних задатака које треба обавити у одређеном временском интервалу,
- layout-а транспортних стаза, тј. просечних дужина саобраћања транспортних уређаја, условљених распоредом производне или складишне опреме,
- локација утоварно/истоварних или утоварних и истоварних станица у систему (као директне последице претходно датог layout-а транспортних стаза),
- времена утовара и истовара транспортних уређаја,
- стратегије отпреме празних транспортних уређаја или начина додељивања задатака транспортним уређајима - диспечеризације,
- брзине транспортних уређаја и
- поузданости елемената транспортног система.

Аналитичке методе за одређивање потребног броја транспортних уређаја, изложене у даљем тексту, услед изразито стохастичке природе рада ФТС, нису у стању да узму у обзир начине додељивања задатака празним транспортним уређајима, од којих директно зависи структура и интензитет саобраћања празних транспортних уређаја и време које транспортни уређаји проведу незапослени, већ ова два параметра, и то само неке од метода, апроксимирају веома упрошћено.

Такође, већина аналитичких метода, не узима у обзир ни време које транспортни уређаји проведу блокирани у контролним зонама (што једним делом, такође, представља последицу претходне променљиве), сем једне методе, која овај утицај узима, такође, веома упрошћено.

И поред свих недостатака, аналитичке методе представљају задовољавајућу процену потребног броја транспортних уређаја у систему. Сасвим тачно, потребан број транспортних уређаја може се одредити поступком симулације.

У даљем тексту изложено је пет аналитичких метода за одређивање потребног броја транспортних уређаја у ФТС.

23.1. Аналитичка метода I

Допрема и отпрема делова са алатних машина (радних места, монтажних места, флексибилних обрадних ћелија, итд.) обављају се преко утоварно/истоварних станица. Машине су обележене редним бројевима од 1 до m . Утоварно/истоварна станица преко које се делови допремају и отпремеју из система (најчешће утоварно/истоварна станица аутоматског складишта, које представља интегрални део ФПС), обележена је $m + 1$ редним бројем, а централно међускладише $m + 2$ редним бројем.

У зависности од редоследа обраде производа и њихових количина, матрицом од – до задата је количина материјала коју је потребно пребацити између појединих локација (машина или одељења). Раздаљине између утоварно/истоварних станица задају се, такође, матрицом од – до или се, такође, матрицом од – до задаје потребно време транспорта

између појединих локација. Време утовара и истовара терета претпоставља се да је исто за све транспортне јединице.

У методи ће бити коришћене следеће ознаке (Махадеван, Б., Нарендран, Т. Т. 1990):

m - број алатних машина,

g - број делова који се производе истовремено,

v_i - проценат заступљености и-тог производа (од укупног броја делова),

$NSEQ_i$ - број различитих редоследа по којима се обрађују делови (број различитих "путања обраде"),

S_{ij} - вероватноћа да се и-ти део производи по j -тој путањи обраде,

$NMAC_{ii}$ - број машина које и-ти део мора да обиђе да би комплетирао обраду по j -тој "путањи обраде",

PT_{ijk} - време обраде и-тог дела, на k -тој машини, по j -тој "путањи обраде" и

t_{kl} - време саобраћања транспортног уређаја између било које две локације k и l .

Интензитет транспорта између било које две машине k и l , односно њихових утоварно – истоварних станица дат је изразом:

$$f_{kl} = \sum_{i=1}^g v_i \cdot \sum_{j=1}^{NSEQ_i} S_{ij} \delta_{kl} \quad \forall k, l = 1, \dots, m \text{ и } k \neq l$$

где је:

$\delta_{kl} = 1$, ако l – та машина следи одмах после k – те машине, по j -тој "путањи обраде", и-тог дела

$\delta_{kl} = 0$, у супотном чланови матрице интензитета транспорта између појединих локација имају следеће особине:

$$f_{kk} = 0 \quad \forall k = 1, \dots, m + 1$$

$$\sum_{k=1}^m f_{m+1,k} = 1$$

$$\sum_{l=1}^m f_{l,m+1} = 1$$

$$\sum_{l=1}^{m+1} f_{kl} = \sum_{l=1}^{m+1} f_{lk} \quad \forall k = 1, \dots, m + 1$$

Прва једначина обезбеђује да између истих локација нема транспортних захтева. Целокупан улаз у ФПС, према другом изразу, обавља се преко $(m+1)$ утоварно/истоварне станице (аутоматског складишта), као и целокупан излаз из система, трећа једначина. Последњим изразом обезбеђено је да број делова који уђе у утоварно/истоварну станицу буде једнак броју делова која из ње изађе. Матрица вероватноће интензитета транспорта $P = (p_{kl})$

добијена је нормализацијом матрице интензитета транспорта F , тако да је сума чланова у свакој врсти једнака јединици.

Број транспортних јединица $nload_k$ који се премести са сваке машине (утоварно/истоварне станице) k , за период од 8 h, је

$$nload_k = \frac{480}{\mu_k}$$

где је μ_k просечан интензитет којим k – та машина обрађује делове:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^g NSEQ_i \sum_{j=1}^{NMAC_{ij}} \sum_{l=1} \left[\frac{v_i S_{ij} \gamma_{k(ij)}}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{NMAC_{ij}} v_i S_{ij} \gamma_{k(ij)}} \right] PT_{ijk} \quad \forall k = 1, \dots, m$$

Израз у угластој загради означава вероватноћу да се i – ти део обрађује на k – тој машини по j – тој "путањи обраде" и

$\gamma_k = 1$, ако је k – та машина на j – тој "путањи обраде"
 $\gamma_k = 0$, у супротном

Део који је завршио обраду на машини k , транспортује се до машине l са вероватноћом p_{kl} за време t_{kl} . Време утовара дела (транспортне јединице) на транспортни уређај код k – те машине је l_k , а време истовара на машини l је u_l . Услед ограниченог капацитета утоварно – истоварне станице код машина, делови се у случају њене попуњености, одлажу у међускладиште, а одатле, по ослобађању утоварно – истоварне станице, отпрамају до ње. Вероватноћа оваквог догађаја означава се са α . Укупно време потребно за транспорт свих делова је:

$$TR = \alpha \left\{ \sum_{k=1}^{m+1} nload_k \left[\sum_{l=1}^{m+1} p_{kl} (t_{kb} + t_{bl} + l_k + u_b + l_b + u_l) \right] \right\} +$$

$$+ (1 - \alpha) \left\{ \sum_{k=1}^{m+1} nload_k \left[\sum_{l=1}^{m+1} p_{kl} (t_{kl} + l_k + u_l) \right] \right\}$$

Потребан број транспортних уређаја добија се из израза

$$[TR/TA]$$

где, TA означава укупно расположиво време за рад ФТС у току осмочасовног радног времена. Углсте заграде означавају већи цео број датог количника.

У аналитичким методама које следе (аналитичке методе II - V), биће коришћене следеће ознаке (Егбелу 1987):

n - број места која се опслужују (места монтаже, одељења обраде, обрадни центри, флексибилне обрадне ћелије, итд.),

α_i - истоварна локација (локација допреме) у i – том одељењу ($i = 1, 2, \dots, n$),

β_i - утоварна локација (локација отпреме) у i – том одељењу ($i = 1, 2, \dots, n$), при чему α_i и β_i не морају бити различити,
 f_{ij} - очекивани број јединица које се транспортују између одељења i и j ,
 $T(h)$ - временски период у коме се разматра проблем, нпр. смена или неки други временски интервал,
 $d(\beta_i, \alpha_j)$ - растојање између утоварне локације i – тог одељења и истоварне локације j – тог одељења у метрима,
 $V(m/min)$ - просечна брзина транспортног уређаја,
 $t_l (min)$ - средње време утовара,
 $t_u (min)$ - средње време истовара,
 e - коефицијент корисног дејства транспортног уређаја, који узима у обзир отказе (кварове) у раду.

7.2. Аналитичка метода II

У аналитичкој методи II претпоставља се, да су растојања која транспортни уређаји прелазе без терета, да би утоварили транспортну јединицу у некој локацији (одељењу), једнака растојањима која транспортни уређаји прелазе са теретом, па је потребан број транспортних уређаја

$$N = \frac{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{f_{ij} d(\beta_i, \alpha_j)}{V} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} (t_l + t_u)}{(60T - t)e}$$

Потребан број транспортних уређаја према овој методи, добија се, када се времену саобраћања са и без терета (укупно растојање које прелазе пуни и празни транспортни уређаји, подељено брзином транспортног уређаја), дода време које транспортни уређаји проведу на утовару и истовару, и овај збир подели расположивим временом рада у неком временском периоду, где је t очекивани временски губитак за време периода T услед замене батерија транспортног уређаја (код АГВС).

7.3. Аналитичка метода III

Метода III је нешто тачнија од претходне, јер узима у обзир чекање транспортних уређаја услед закрчености појединих делова мреже транспортних стаза или утоварно – истоварних станица, тј. време које транспортни уређаји проведу блокирани у појединим контролним зонама, као и време које транспортни уређаји проведу чекајући да им се додели нови задатак (време које транспортни уређаји проведу незапослени, јер тренутно нема захтева за њиховим коришћењем).

Просечно растојање које прелазе транспортни уређаји при обављању транспортног задатка износи

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d(\beta_i, \alpha_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}}$$

Средње време саобраћања, при испуњењу транспортног задатка је

$$t_A = \frac{D}{V}.$$

Средње време саобраћања, са временом потребним за утовар и истовар узимајући у обзир блокирање и време када транспортни уређаји не раде услед недостатка посла, дато је изразом

$$t = \frac{(1+b+c) \cdot t_A}{e} + t_l + t_u,$$

где је:

b - фактор застоја - блокирања ($0 \leq b < 1$),

c - фактор незапослености транспортних уређаја ($0 \leq c < 1$)

e - коефицијент корисног дејства транспортног уређаја ($0 < e \leq 1$)

Фактор застоја и незапослености транспортера морају се анализирати за сваки изведени транспортни систем. Вредности ових фактори најчешће износе:

$$0,1 \leq b \leq 0,15 \text{ и } 0,1 \leq c \leq 0,15. \text{ (Егбелу 1987.)}$$

Број потребних транспортних уређаја по овој методи дат је изразом

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}}{\frac{T}{60} \cdot t}.$$

У горњем изразу бројилац представља просечан потребан број транспортних јединица које треба транспортовати у току једног часа, а именилац број транспортних јединица које се могу транспортовати у току једног часа.

7.4. Аналитичка метода IV

Ова метода заснива се на израчунавању "нето" броја транспортних јединица које се допремају у одељења. За i – то одељење "нето" број транспортних јединица f_i , добија се из израза

$$f_i = \sum_{j=1}^n f_{ji} - \sum_{j=1}^n f_{ij}$$

У зависности од f_i можемо идентификовати следеће случајеве:

$f_i > 0$, у одељење се допрема више транспортних јединица него што се из њега отпрема. Дакле, f_i транспортних уређаја ће празни саобраћати од истоварне станице у i – том одељењу до утоварне станице у неком другом одељењу (биће f_i празних ходова транспортних уређаја). У овом случају i – то одељење је "нето извозник" празних транспортних уређаја.

$f_i = 0$, из i – тог одељења нема излазака празних транспортних уређаја. Сваки транспортни уређај који истовари транспортну јединицу у i – том одељењу, у истом одељењу ће и утоварити транспорту јединицу са којом ће напустити одељење.

$f_i < 0$, више транспортних јединица се утовари и отпреми из i – тог одељења, него што се у њега допреми. У овом случају одељење је "нето увозник" празних транспортних уређаја. Ако је i – то одељење "нето извозник", транспортни уређаји ће бити отпремљени до најближег одељења са $f_i < 0$. Ако постоји више одељења са $f_i < 0$ подједнако удаљених од i – тог одељења, морају се применити правила која ће обезбедити допрему празних транспортних уређаја до свих одељења са $f_i < 0$, односно, мора бити задовољена једнакост

$$\sum_{i=1}^n f_i = 0.$$

Укупно растојање које транспортни уређаји прелазе без терета између одељења, добија се из израза

$$D_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d(\beta_i, \alpha_j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}} \right] \left(\sum f_i \right) \quad \forall_i, f_i > 0$$

Први члан у изразу за D_1 представља просечно растојање које транспортни уређаји прелазе под теретом, а други члан, број празних ходова (саобраћања транспортних уређаја без терета) између одељења.

Укупно средње растојање које транспортни уређаји прелазе без терета, услед непоклапања места утовара и истовара (после истовара транспортне јединице у α_i , транспортни уређај празан прелази растојање до утоварне станице β_i) у одељењу, дато је изразом

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \left[\min \left(\sum_{j=1}^n f_{ij}, \sum_{j=1}^n f_{ji} \right) d(\alpha_i, \beta_i) \right]$$

Укупно растојање које транспортни уређаји прелазе са теретом је

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d(\beta_i, \alpha_j)$$

Потребан број транспортних уређаја по овој методи, износи

$$N = \frac{\frac{D_1 + D_2 + D_3}{V} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}(t_u + t_l)}{(60T - t)e}$$

7.5. Аналитичка метода V

Аналитичка метода V покушава да узме у обзир стохастичку природу рада ФТС, тј. чињеницу да су захтеви за утоваром транспортних јединица у одељењима случајне величине. Наиме, ако је редослед генерисања захтева за утоваром случајан, очигледно је да у дужем периоду рада транспортног система и редослед којим се захтеви опслужују, такође, тежи да буде случајан. Станица у коју се транспортни уређај упућује, по обављеном задатку, бира се на основу отпремних правила. Ако i и j представљају одељења, тада је број случајева у којима се транспортни уређај упућује у одељење j , ако је транспортни уређај претходно обавио истовар у одељењу i , директна функција од:

- броја истовара транспортних јединица у одељењу i ,
- броја утовара транспортних јединица у одељењу j , и
- укупног броја утовара који је потребно обавити у неком временском периоду T .

Отпрема транспортних уређаја од истоварне (локације) станице одељења i до утоварне станице одељења j , подразумева празан ход транспортера, а број празних ходова, обележен са g_{ij} , израчунава се по обрасцу

g_{ij} = (очекивани број истовара у одељењу i) (очекивани број утовара у одељењу j) / очекивани укупни број утовара у целом систему, тј.

$$g_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n f_{ki} \sum_{k=1}^n f_{jk}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}}$$

Укупна дужина празног саобраћања између локација i и j је

$$D_{ij}' = g_{ij} d(\alpha_i, \beta_j).$$

Укупна дужина саобраћања транспортног уређаја под теретом између локација i и j , износи

$$(D_{ij})_I = f_{ij} d(\beta_i, \alpha_j).$$

Укупан интензитет саобраћања транспортних уређаја између одељења i и j , једнак је суми растојања која транспортни уређаји прелазе са и без терета, D_{ij} , где је

$$D_{ij} = D_{ij}' + (D_{ij})_I$$

Број потребних транспортних уређаја износи:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}(t_u + t_l)}{(60T - t)e}.$$

Аналитичке методе, нажалост, не могу да узму у обзир веома важну променљиву ФТС, примењену комбинацију отпремних правила. Ова правила одређују који ће следећи задатак бити додељен транспортном уређају, који је управо обавио претходни транспортни задатак. Под задатком се подразумева утовар транспортне јединице, транспорт и истовар у одређеном одељењу (радној станици), а чим транспортни уређај истовари терет, уколико има транспортних јединица које чекају на транспорт, биће му додељен нови задатак. У супротном транспортни уређај ће чекати да се појави нови задатак.

Постоје два начелна приступа додељивању задатака транспортним уређајима: статички и динамички. У статичком, сви задаци додељују се транспортним уређајима унапред, пре почетка смене. Међутим, услед стохастичке природе рада производног или складишног система и његовог транспортног подсистема, претпоставка предвидљивости редоследа и времена појављивања захтева за транспортним уређајима је неодржива, па ће веома ретко било који производни и складишни систем задовољити ову претпоставку. Најближи тип производње чији би транспортни систем, евентуално, могао успешно да ради на основу статичког приступа додељивању задатака транспортним уређајима, је монтажни систем.

Динамички приступ додељивању задатака транспортним уређајима у литератури назива се "диспечеризација". При овом приступу, одлуке о додељивању задатака транспортним уређајима не доносе се унапред, (пре почетка смене) већ сукцесивно, са извесним закашњењем по настајања захтева и када један или више транспортних уређаја постане слободан. Како се одлуке о додељивању задатака транспортним уређајима одлажу што је могуће дуже (да би се донела најбоља одлука), а да то не угрожава жељени рад система, није потребно унапред знати када ће се захтев појавити. Поступак, такође, омогућава да се размотри преовладавајуће стање у погону, на основу кога ће се доделити задаци транспортним уређајима. За разлику од статичког приступа који користи методе математичког програмирања за добијање оптималног плана додељивања задатака транспортним уређајима (резултат је добијање минималног броја транспортних уређаја потребног за обављање транспортних задатака), динамички приступ користи хеуристичке алгоритме или правила за доношење ових одлука. Хеуристички поступак услед чињенице да се одлуке доносе сукцесивно, јасно, даје резултате који су инфериорни у односу на резултате добијене статичким приступом, у смислу укупног потребног броја транспортних уређаја.

Проблем "диспечеризације" може се поделити у две групе (Егбелу, П. Ј., Танццоцо, Ј. М. А. 1984; Егбелу 1987): "правила отпреме у којима су задаци који се додељују транспортним уређајима иницирани од стране радне станице" и "правила отпреме код којих су задаци који се додељују транспортним уређајима иницирани од стране самих транспортних уређаја". У првом случају потребно је изабрати слободан (расположив) транспортни уређај за обављање задатка у радној станици. У другом случају потребно је донети одлуку о избору радне станице у коју треба упутити транспортни уређај када он постане слободан (обави претходни задатак), а већ постоји ред чекања формиран од задатака које треба обавити у различитим радним станицама.

Да би ФТС успешно радио, његов контролни подсистем у сваком тренутку мора да користити бар једно од отпремних правила обе врсте.

Правила отпреме у којима су задаци који се додељују транспортним уређајима иницирани од стране радне станице су:

- (1) правило случајног транспортног уређаја - задатак се додељује случајном слободном транспортном уређају,
- (2) правило најближег транспортног уређаја - задатак се додељује најближем слободном транспортном уређају,
- (3) правило најдуже слободног (незапосленог) транспортног уређаја - задатак се додељује транспортном уређају који је најдуже без посла.

Правила отпреме код којих су задаци који се додељују транспортним уређајима иницирани од стране самих транспортних уређаја су:

- (1) правило случајне радне станице - радна станица у којој треба обавити задатак бира се на случајан начин,
- (2) правило радне станице до које се најбрже стиже (до које је време путовања најкраће)/ радне станице која је најближа - транспортни уређај отпрема се, у тренутку када постане расположив, у радну станицу до које се најбрже стиже/транспортни уређај се упућује у радну станицу која је најближа слободном транспортном уређају,
- (3) правило максималне величине излазног реда чекања из радне станице - транспортни уређај се усмерава у радну станицу која има највећи број јединица у излазном реду чекања,
- (4) правило минималног преосталог простора у излазном реду чекања радне станице - транспортни уређај се усмерава у радну станицу у чијем излазном реду је преостало најмање слободних места.

Саобраћања празних транспортних уређаја представљају директну последицу отпреме транспортних уређаја. Проблем саобраћања празних транспортних уређаја јавља се услед раздвојености утоварних и истоварних станица, неизбалансираности броја транспортних јединица које треба утоварити и истоварити у радним станицама (одељењима), као и чињенице да транспортни уређај који је обавио истовар, не мора одмах и да утовари нову транспортну јединицу и транспортује је до следећег одредишта, већ може извесно време да проведе незапослен, а по настајању задатка мора празан да оде до радне станице која захтева отпрему. Празна саобраћања, као директна последица додељивања задатака слободним транспортним уређајима, дакле, знатно повећавају интензитет саобраћања у систему и укупно време потребно за обављање транспортних задатака, али готово ни једна од метода није у стању да довољно тачно узме у обзир овај веома важан утицај.

Други елемент који утиче на одређивање потребног броја транспортних уређаја, а који аналитичке методе, такође, не могу довољно тачно да узму у обзир, је чекање транспортних уређаја испред улазака у контролне зоне утоварно/истоварних, утоварних или истоварних станица, услед њихове заузетости (јер се при зонској контроли, која се најчешће примењује у ФТС, дозвољава само једном транспортном уређају да се налази у зони), као и чекања ради утовара и истовара у радним станицама услед карактеристичних пројектних решења радних станица. Загушења, тј. блокирања транспортних уређаја могу се јавити и у контролним зонама раскрсница, на местима гранања и спајања транспортних стаза, као и због примењених приоритета при проласку транспортних уређаја кроз раскрснице.

Метода I узима у обзир повећање интензитета саобраћања транспортних уређаја услед загушења истоварних или утоварно/истоварних станица, када се транспортна јединица услед немогућности истовара транспортује у централно међускладиште. Међутим, метода не узима

у обзир саобраћања празних транспортних уређаја, што представља њен највећи недостатак, као ни чекање транспортних уређаја услед загушења појединих деоница транспортних стаза и време које транспортни уређаји проведу без посла, па се генерално може закључити да је примена методе ограничена на ФТС са мањим оптерећењем, тј. мањим интензитетима транспортних задатака.

Методe II – V узимају у обзир све утицаје које не узима метода I, а између метода постоје значајне разлике у сложености и степену остварене тачности моделирања транспортних процеса који се одвијају у ФТС.

Метода II је најнепрецизнија, јер од свих утицаја подразумева само да су растојања која прелазе транспортни уређаји под теретом, једнака растојањима која прелазе празни транспортни уређаји.

Метода III даје знатно мањи број потребних транспортних уређаја, од стварног потребног броја, а метода V број транспортних уређаја најприближнији стварним потребама.

У системима са великим оптерећењима (тј. великим интензитетима транспортних захтева), у којима лако може доћи до загушења система, способност аналитичких модела да дају задовољавајуће резултате је јако смањена, па је и процена потребног броја транспортних уређаја знатно испод стварних потреба. У овим случајевима, да би се побољшала тачност аналитичких метода, потребно је обавити корекције у layout – у транспортних стаза ФТС које ће онемогућити загушења појединих деоница транспортних стаза или улазних и излазних редова чекања радних станица.

Сасвим тачно, потребан број транспортних уређаја за обављање транспортних задатака у ФТС, може се добити само поступком симулације, која ће обухватити све релевантне утицаје које аналитичке методе, не могу или не могу довољно тачно да узму у обзир. Аналитичке методе, међутим, дају задовољавајућу процену потребног броја транспортних уређаја, односно, представљају добру полазну основу за поступак симулације целокупног система.