

Установа адукацыі
«БЕЛАРУСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ ТЭХНАЛАГІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ»

**АЎТАМАТЫЗАЦЫЯ СРОДКАЎ
МЕХАНІЗАЦЫІ І РОБАТАТЭХНІКА**

**Метадычныя ўказанні да правядзення лабараторных работ
студэнтаў спецыяльнасці 1-53 01 01 «Аўтаматызацыя
тэхналагічных працэсаў і вытворчасцей»**

Мінск 2014

УДК 681.51:621.865.8(075.8+076)
ББК 32.965:32.816Я73
А-93

Разгледжаны і рэкамендаваны да выдання рэдакцыйна-выдавецкай радай універсітэта

Складальнікі: Дз. С. Карповіч
А. Г. Барашка
І.Ф. Кузьміцкі

Рэцэнзент:

Кандыдат тэхнічных навук, загадчык кафедры «Электрапрывод і аўтаматызацыя прамысловых устаноў і тэхналагічных комплексаў»
БНТУ *Г.І. Гулькоў*

Па тэматычным плане выданняў вучэбна-метадычнай літаратуры універсітэта на 2013 год. Паз. 126.

УДК 681.51:621.865.8(075.8+076)
ББК 32.965:32.816Я73

© Установа адукацыі
«Беларускі дзяржаўны
тэхналагічны універсітэт», 2014

УВОДЗІНЫ

Дысцыпліна «Аўтаматызацыя сродкаў механізацыі і робататэхнікі» з'яўляецца састаўной часткай навукі кіравання тэхнічнымі сістэмамі. У ёй агульныя пытанні рэалізаваны пры кіраванні пэўнымі машынамі, з выкарыстаннем як універсальных, так і спецыялізаваных сродкаў кіравання механічнымі сістэмамі, прызначанымі да транспартыроўкі гатовай прадукцыі і паўфабрыкатаў.

Мэта курса - вывучэнне сістэм аўтаматычнага кіравання (САК) грузаразмеркаваннем і транспартна-назапашвальнымі комплексамі, сучаснымі сродкамі іх апаратурнага забеспячэння, асаблівасцямі канструявання і эксплуатацыі аўтаматызаваных пад'ёмна-транспартных сродкаў.

Задачы курса – азнакамленне з асаблівасцямі распрацоўкі сістэм кіравання і выбару апаратуры для аўтаматызаваных пад'ёмна-транспартных сродкаў агульнапрамысловага прызначэння: кранаў, робатаў і маніпулятараў, канвеераў, пад'ёмнікаў, ліфтаў, манарэйкавых устаноў, назапашвальных сістэм, пнеўматранспарту і кампрэсарных сістэм транспартавання вадкіх і газападобных рэчываў. Акрамя таго, у межах вывучаемай дысцыпліны разглядаюцца базавыя паняцці робататэхнікі, прылады прамысловых робатаў і прынцыпы функцыяніравання робатаў.

Аўтары дзякуюць былым выкладчыкам кафедры, у прыватнасці Лебедзеву У.Дз. за прадстаўленныя парады і звесткі, выказаныя падчас працы над выданнем.

Лабараторная работа № 1.

ПРЫНЦЫПЫ ФУНКЦЫЯНІРАВАННЯ СРОДКАЎ МЕХАНІЗАЦЫІ.

Мэта работы: азнаёміцца з асноўнымі прынцыпамі функцыяніравання машын для транспарту сыпучых і адзінкавых грузаў.

Тэарэтычныя звесткі.

Транспартавальныя машыны адрозніваюцца: па спосабе перадачы рухаючай сілы – з механічным прывадам, самацёчным; па канструкцыі – з цягавым элементам (груз рухаецца разам з цягавым элементам), без цягавага элемента (груз рухаецца пры вярчальным або вагальным руху працоўнага элемента); па родзе перамяшчальных грузаў – для насыпных грузаў, штучных, для насыпных і штучных грузаў; па кірунку трасы перасоўвання грузаў – у адной вертыкальнай плоскасці, у адной гарызантальнай плоскасці, па прасторавай трасе; па характары руху працоўнага (грузанясучага) элемента (стужкі, насцілу, падвескі, каляскі) – з бесперапынным, з перыядычным (пульсавым) рухам. Працоўны элемент можа мець паступальны, зваротна-паступальны, вярчальны або вагальны рух; па характары перасоўвання груза – на апорным элеменце, які бесперапынна рухаецца (стужачныя, пласціністыя канвееры); на працоўным элеменце, які бесперапынна рухаецца (каўшовыя, падвесныя, цялежкавыя канвееры); валачэнне груза па нерухомым жолабе (скрабковыя, шрубавыя канвееры); слізганне груза (інэрцыйныя і вібрацыйныя канвееры) і інш.

Выбар тыпу транспартуючай машыны залежыць ад характару груза, патрэбнай прадукцыйнасці, схемы і памераў трасы транспартавання, дапушчальных габарытаў машыны, яе масы і кошту.

Шырокае распаўсюджванне атрымалі стужачныя, пласціністыя, каўшовыя, падвесныя канвееры. Гэтыя канвееры складаюцца з цягавага і апорнага органаў з якія падтрымліваюць і накіроўвалымі элементамі, кіроўнага (прываднога) і кіраванага барабанаў або зорчак, нацяжной прылады, загрузачнага і перагрузачнага прылад, рамы. У стужачным канвееры цягавы орган выконвае таксама функцыі апорнага органа. Прывад найболей часта ажыццяўляецца ад

электрарухавіка праз рэдуктар. Пры неабходнасці ў прывадзе маецца і тармазная прылада.

Транспартуючыя машыны камплектуюцца, як правіла, са стандартных вузлоў і дэталей.

Разлік транспартуючай машыны складаецца ў вызначэнні яе асноўных параметраў, разліку і выбары працоўнага органа, вызначэнні магутнасці і выбары рухавіка, выбары элементаў перадач, вызначэнні тармажнага моманту і выбары тормазу.

Грузы дзеляцца на насыпныя і штучныя. Асноўнымі ўласцівасцямі насыпных грузаў з'яўляюцца: грануламетрычны склад, шчыльнасць, вільготнасць, вугал натуральнага адхону, абразіўнасць, ліпкасць, злежвальнасць, змярзальнасць, супраціўленне перасоўванню адносна цвёрдых паверхняў. Грануламетрычны склад характарызуецца кавалкавасцю, колькасным размеркаваннем часцінак груза па іх буйнасці.

Каэфіцыент аднастайнасці памераў часцінак груза

$$k = \frac{a_{\max}}{a_{\min}}, \quad (1)$$

дзе a_{\max} , a_{\min} – адпаведна найбольшы і найменшы памер часцінкі.

Пры $k_a > 2,5$ груз лічыцца радавым, пры $k_a < 2,5$ – сартаваным. Кавалкі груза памерам ад $0,8k_a$ да k_a складаюць групу найбольшых кавалкаў. Памер тыповага кавалка прымаецца:

а) для радавога матэрыялу пры масе групы найбольшых кавалкаў менш 10 % ад масы пробы

$$a' = 0,8a_{\max}, \quad (2)$$

б) для радавога матэрыялу пры масе групы найбольшых кавалкаў больш 10% ад масы пробы

$$a' = a_{\max}, \quad (3)$$

в) для сартаванага матэрыялу

$$a' = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}. \quad (4)$$

Шчыльнасць насыпнага груза – адносіна масы матэрыялу да займаемага ім аб'ёму. Адрозніваюць шчыльнасць пры вольным насыпанні (шчыльнасць насыпная) ρ і шчыльнасць ўшчыльненага насыпнага груза ρ_y .

Каэфіцыент ушчыльнення насыпнага груза

$$k_y = \rho_y / \rho. \quad (5)$$

Па шчыльнасці насыпных грузы класіфікуюцца на: лёгкія – пры шчыльнасці меней $0,6 \text{ т/м}^3$; сярэднія – $0,6\text{--}1,1 \text{ т/м}^3$; цяжкія – $1,2\text{--}2,0 \text{ т/м}^3$; вельмі цяжкія – больш $2,0 \text{ т/м}^3$.

Вугал натуральнага адхону – вугал паміж паверхняй вольнага адхону насыпнага грузу і гарызантальнай плоскасцю. Адрозніваюць вуглы натуральнага адхону насыпнага грузу ў стане пакою грузу – φ і стане руху – φ_p . Набліжана прымаюць

$$\varphi_p \approx 0,7\varphi. \quad (6)$$

Для вібрацыйных і інэрцыйных канвеераў $\varphi_p = 0$. Вугал натуральнага адхону характарызуе рухомасць часцінак грузу.

Сціраючай здольнасцю (абразіўнасцю) насыпных грузаў завецца ўласцівасць іх часцінак ісціраць падчас руху датыкальныя з імі паверхні. Па ступені абразіўнасці насыпных грузы дзеляцца на групы: *A* – неабразіўныя; *B* – малаабразіўныя, *C* – сярэднеабразіўныя; *D* – высокаабразіўныя.

Злежвальнасць насыпных грузаў – уласцівасць шматлікіх грузаў губляць рухомасць сваіх часцінак пры доўгім знаходжанні гэтых грузаў у спакоі.

Супраціўленне перасоўванню насыпных грузаў адносна паверхняў цвёрдых цел характарызуецца каэфіцыентамі трэння гэтых грузаў (у стане спакою грузу – f_0 , у стане руху грузу – f_p):

$$f_p \approx (0,7 - 0,9)f_0, \quad f_0 = \text{tg}(\rho), \quad (7)$$

дзе ρ – вугал трэння.

Штучнымі завуцца грузы, якія транспартуюцца штукамі або групамі. Адрозніваюць непасрэдна штучныя і тарныя грузы. Тарныя грузы – насыпныя або штучныя грузы, змешчаныя ў тару (скрыні, бочкі, мяшкі і інш.). Памеры тары стандартызаваныя.

Асноўнымі параметрамі транспартавальных машын з'яўляюцца:

а) прадукцыйнасць: масавая – Q , т/ч, або аб'ёмная – V , м³/ч;

б) параметры трасы транспартавання: даўжыня – L , м; даўжыня гарызантальнай праекцыі – L_r , м; вышыня пад'ёму грузу – H , м; вугал нахілу α , град;

в) маса машыны – m , кг (т).

Транспартавальныя машыны характарызуюцца таксама паказчыкамі ўдзельных масы і магутнасці. Удзельная маса

$$K_m = \frac{m}{L_e + H}. \quad (8)$$

Удзельная магутнасць вызначаецца па формуле

$$K_p = \frac{P}{Q}. \quad (9)$$

Асноўнымі зыходнымі данымі для праектавання канвеераў з'яўляюцца: характарыстыка грузу, які транспартуецца; эксплуатацыйная прадукцыйнасць; рэжым і ўмовы працы; схема і параметры трасы транспартавання грузаў.

Заданне

Апісаць прыныцып дзеяння і правесці неабходныя разлікі канвеера, тып якога зададзены ў табл. 1 у адпаведнасці з заданнем, выдадзеным выкладчыкам. Разлічыць параметры насыпнога груза, які выдаецца выкладчыкам у адпаведнасці з формуламі (1)-(7).

Табліца 1

Зыходныя даныя да задання

Варыянт	Тып канвееру	Варыянт	Тып канвееру
1	Стужачжны канвеер	6	Падвесны канвеер
2	Крутанахільны канвеер	7	Элеватар
3	Пласціністы канвеер	8	Шрубавы канвеер
4	Ролікавы канвеер	9	Канвеер, які вагаецца
5	Скрабковы канвеер	10	Цялежачны канвеер

Змест справаздачы

Справаздача павінна змяшчаць формулы і вынікі разлікаў, прыведзенных у таблічным выглядзе.

Лабараторная работа № 2.

СКЛАДАННЕ ПРЫНЦЫПОВЫХ СХЕМ СІСТЭМ АЎТАМАТЫЧНАГА КІРАВАННЯ

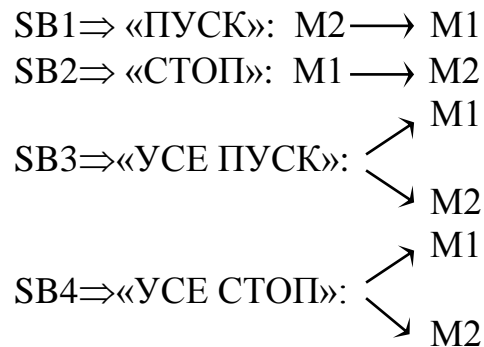
Мэта работы: азнаёміцца з прынцыпамі складання тыповых схем аўтаматычнага кіравання канвеерамі.

Тэарэтычныя звесткі.

У якасці прыклада разгледзім складанне прынцыповай электрычнай схемы кіравання канвеера з двух секцый. Праектуемая САК змяшчае тры прывадныя асінхронныя рухавікі з каротказамкнутым ротарам невялікай магутнасці. Кіраванне работай трох рухавікоў М1, М2 у рознай паслядоўнасці ажыццяўляецца

чатырма кнопкамі SB1, SB2, SB3 і SB4. Кнопкі SB1 і SB2 забяспечваюць адпаведна «ПУСК» і «СТОП». Кнопка SB3 адказвае за адначасовы «ПУСК» рухавікоў, а кнопка SB4 – за адначасовы «СТОП».

У якасці прыкладу такога рашэння на мал. 1 прыводзіцца сістэма кіравання, якая забяспечвае наступны алгарытм:



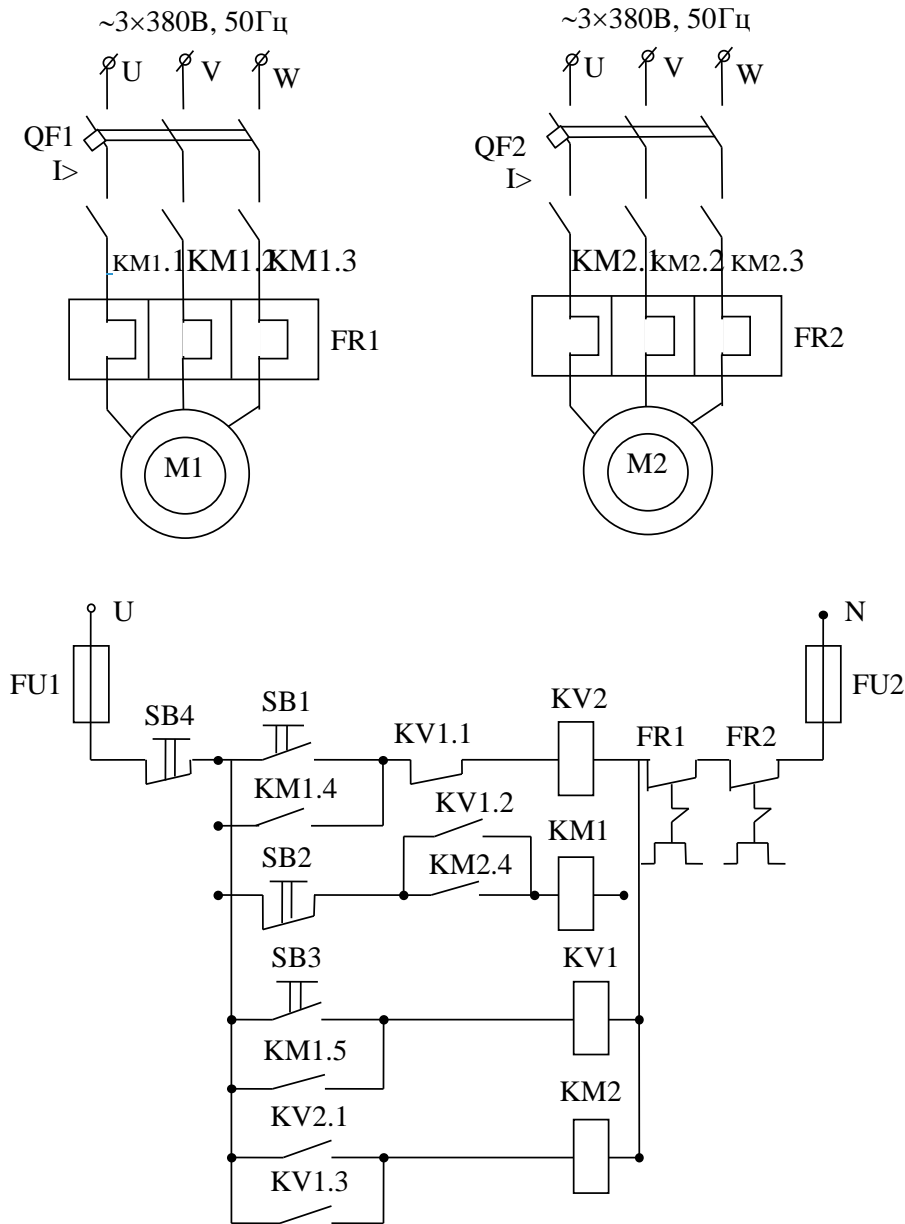
Схемай прадугледжана выкарыстанне двух магнітных пускальнікаў KM1 і KM2, кіруючых пускам і спыненнем рухавікоў M1 і M2.

Магнітны пускальнік – гэта электрамагнітны апарат для дыстанцыйнага аўтаматычнага кіравання электрарухавікамі пераменнага току і іншымі спажывцамі электраэнергіі. Знешнім сігналам, пад уздзеяннем якога дзейнічае рэле, з’яўляецца змяненне току ў абмотцы ці напружання, прыкладзенага да яе. Падача знешняга сігнала ажыццяўляецца каманда-апаратам (кнопкай, канцавым выключальнікам і г. д.). Пры працяканні току катушка стварае электрамагнітнае намаганне, якое прыцягвае ярар, і злучаныя з ім кантакты пераключаюцца: замкнутыя размыкаюцца, а разамкнутыя замыкаюцца. Пры знікненні знешняга ўздзеяння электрамагнітнае намаганне прападае і кантакты вяртаюцца ў зыходнае становішча.

У схемах кіравання распазнаюць дзве катэгорыі ланцугоў: ланцугі галоўнага току (сілавыя ланцугі) і дадатковыя ланцугі (ланцугі кіравання). Сілавыя ланцугі ўключаюць абмоткі рухавікоў, сілавыя кантакты магнітных пускальнікаў, уваходныя выключальнікі, ці рубільнікі, засцерагальнікі і ахоўныя рэле. У ланцугі кіравання уваходзяць кнопкі кіравання, абмоткі магнітных пускальнікаў, канцавыя выключальнікі, блакіровачныя і іншыя дапаможныя кантакты рэле і кантактараў.

Сілавыя ланцугі ўключаюцца і выключаюцца пад уздзеяннем ланцугоў кіравання. Схемы кіравання даюць магчымасць ажыццяўляць аўтаматычны пуск і спыненне электрарухавікоў, рэверс,

паскарэнне, тармажэнне, блакіровачныя сувязі з іншымі механізмамі. У схемах кіравання і ў галоўным ланцугу электрарухавікоў ажыццяўляецца рад пераключэнняў у адпаведнай паслядоўнасці. Розныя элементы аднаго і таго ж апарата ў прынцыповых схемах могуць знаходзіцца ў некалькіх ланцугах, таму кожнаму апарату прысвойваюцца свае абазначэнні згодна з ДАСТ.



Мал. 1. Сістэма аўтаматычнага кіравання двума электрарухавікамі секцыі канвеера

У адпаведнасці з выкладзеным састаўлена прынцыповая схема кіравання двума рухавікамі (мал. 1). У яе сілавыя ланцугі ўваходзяць аўтаматычныя выключальнікі QF1 і QF2, якія абараняюць электрарухавікі ад кароткага замыкання, сілавыя кантакты магнітных пускальнікаў KM1.1, KM1.2, KM1.3, KM2.1, KM2.2, KM2.3 і награвальныя элементы цеплавых рэле FR1 і FR2, што абараняюць электрарухавікі ад працяглых перагрузак. З-за таго што колькасць кантактаў у магнітных пускальнікаў абмежаваная, у схему ўведзены два дадатковыя рэле KV1 і KV2.

Схема працуе наступным чынам. Уключэннем QF1 і QF2 падаем напружанне на сілавыя ланцугі кіравання. Пры націсканні кнопкі SB1 ток ідзе па ланцугу: фаза U – FU3 – SB4 – SB1 – KV1.1 – абмотка рэле KV2 – FU4 – фаза N. Рэле KV2 уключаецца і замкне кантакт KV2.1 у ланцугу катушкі магнітнага пускальніка KM2. Пускальнік дзейнічае, замыкае сілавыя кантакты KM2.1, KM2.2, KM2.3 і запускае электрарухавік M2. Адначасова замыкаецца дадатковы кантакт KM2.4 пускальніка KM2, які ўключае пускальнік KM1. Сілавыя кантакты KM1.1, KM1.2 і KM1.3 уключаюць рухавік M1, а дадатковыя кантакты KM1.4 і KM1.5 шунтуюць кнопкі SB1 і SB3. Уключаецца рэле KV1, якое адключае рэле KV2 кантактам KV1.1, а кантактамі KV1.2 і KV1.3 забяспечвае замкнутае становішча пускальнікаў KM1 і KM2.

Пры націсканні кнопкі SB2 «СТОП» адключаецца магнітны пускальнік KM1, які сілавымі кантактамі KM1.1, KM1.2 і KM1.3 аб'ясточвае электрарухавік M1. Кантактам KM1.5 адключаецца рэле KV1, якое сваім кантактам KV1.3 аб'ясточвае пускальнік KM2, і электрарухавік M2 таксама адключаецца.

Пуск абодвух рухавікоў адначасова ажыццяўляецца кнопкай SB3. Пры яе націсканні ўключаецца рэле KV1, якое кантактамі KV1.2 і KV1.3 уключае магнітныя пускальнікі KM1 і KM2 адначасова.

Для ажыццяўлення каманды «УСЕ СТОП» націскаем кнопку SB4. Яна аб'ясточвае абмоткі ўсіх магнітных пускальнікаў і рэле. Усе рухавікі адключаюцца і схема вяртаецца ў зыходнае становішча.

Абарона рухавікоў ад перагрэву абмотак пры працяглай перагрузцы выконваецца цеплавымі рэле FR1 і FR2.

Абарона ад вялікіх перагрузак і кароткіх замыканняў ланцугоў кіравання ажыццяўляецца плаўкімі засцерагальнікамі FU1 і FU2, а сілавых ланцугоў – аўтаматычнымі выключальнікамі QF1 і QF2.

Заданне

Складзі прынцыповую схему сістэмы аўтаматычнага кіравання (САК) трыма асінхроннымі рухавікамі прывада трох секцый канвеера, якая забяспечвае вызначаную паслядоўнасць пуску і спынення [1, 2, 3, 4]. Зрабіць падрабязнае апісанне работы сістэмы. Зыходныя даныя прыведзены ў табл. 2.

Табліца 2

Зыходныя даныя да задання

Нумар варыянта	Паслядоўнасць пуску (кнопка SB1)			Паслядоўнасць спынення (кнопка SB2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1	1	2	3	3	2	1
2	1	3	2	2	3	1
3	2	1	3	3	1	2
4	2	3	1	1	3	2
5	3	1	2	2	1	3
6	3	2	1	1	2	3
7	1	3	2	3	1	2
8	2	1	3	3	2	1
9	2	3	1	2	1	3
10	3	1	2	2	3	1

Табл. 2 дае паслядоўнасць пуску і спынення рухавікоў прывадаў. Лічба на перасячэнні радка нумара варыянта і слупка адпаведнага рухавіка ўказвае, які па нумары рухавік павінен быць запушчаны кнопкай SB1 і спынены кнопкай SB2. Напрыклад, для пятага варыянта алгарытм пуску мае выгляд:

$SB1 \Rightarrow \langle \text{ПУСК} \rangle: M2 \rightarrow M3 \rightarrow M1.$

Алгарытмы спынення канвеераў для пятага варыянта маюць наступны выгляд:

$SB2 \Rightarrow \langle \text{СТОП} \rangle: M2 \rightarrow M1 \rightarrow M3$

$SB3 \Rightarrow \langle \text{УСЕ ПУСК} \rangle:$ 

$SB4 \Rightarrow \langle \text{УСЕ СТОП} \rangle:$ 

Такія алгарытмы неабходна запісаць у раздзеле фармулёўкі задачы, калі выбіраеце даныя з табл. 2.

Пры праектаванні сістэмы трэбы ўлічваць, што няма неабходнасці чакаць заканчэння разгону папярэдняга рухавіка для пуску наступнага. Тут належыць толькі прадугледзець немагчымасць уключэння наступнага, калі папярэдні рухавік па якой-небудзь прычыне не ўключыўся. Такія ж удакладненні тычацца і працэсу адключэння.

У спраектаванай сістэме неабходна прадугледзець элементы абароны ад токаў кароткага замыкання і працяглай перагрузкі рухавікоў.

Змест справаздачы

Справаздача павінна змяшчаць прынцыповую электрычную схему кіравання з апісаннем работы сістэмы.

Лабараторная работа № 3.

ПАБУДОВА СІСТЭМЫ КІРАВАННЯ КАНВЕЕРНЫМІ ЛІНІЯМІ

Мэта работы: азнаёміцца з прынцыпамі складання тыповых схем аўтаматычнага кіравання канвеернымі лініямі.

Тэарэтычныя звесткі.

Пуск стужачных і пласціністых канвеераў лініі адбываецца ў накірунку, зваротным кірунку грузапатоку, каб выключыць пры паслядоўным іх запуску падачу грузу на непрацуючы канвеер. Для падвесных канвеераў паслядоўнасць іх запуску не мае значэння, бо яны працуюць у аўтаномным рэжыме.

Пры выбары тыпу электрарухавіка варта арыентавацца на адзіную серыю агульнапрамысловага прызначэння 4А. Ён уключаецца магнітным пускальнікам, кіраванне якім ажыццяўляе рэле часу пуску схемы кіравання. Схема ўключэння прывада павінна змяшчаць усю неабходную апаратуру: аўтаматычны выключальнік, рэле цеплавой абароны, пры неабходнасці токавае рэле і інш.

Пуск усіх канвеераў лініі адбываецца з вытрымкай часу паміж уключэннямі, якая кантралюецца аўтаматычна. Спосаб пуску зададзены. Пры пуску, напрыклад, у функцыі хуткасці пускальнік

першага канвеера ўключаецца кантактамі з дапамогай рэле часу, якое забяспечвае перадпусковую сігналацыю, а ўсе наступныя канвееры – кантактамі рэле хуткасці, якія кантралююць хуткасць адпаведных канвеераў.

Зададзеныя дапаможныя прылады распрацоўваюцца ў выглядзе прыцыповага эскізнага рашэння з увязкай са схемай кіравання. Калі зададзены, напрыклад, кантроль прабукоўкі канвеернай стужкі, то эскізнае рашэнне ([9], мал.13), уключае халасты барабан канвеера, які верціцца ад стужкі, і замацаваны на яго восі кулачок, што ўзаемадзейнічае з датчыкам прабукоўкі. Кантакт датчыка ўключаны ў ланцуг рэле прабукоўкі. Гэтае рэле мае размыкаючы з вытрымкай часу кантакт у ланцугу рэле кантролю руху канвеера. Вытрымка часу рэле ўсталёўваецца некалькі больш часу поўнага абарачэння кулачка і паступленні сігналу ад датчыка прабукоўкі. Калі час абарачэння кулачка павялічыцца, што можа быць толькі вынікам прабукоўкі барабана, кантакт растуліцца і спрацуе сістэма кантролю рэле ланцуга кіравання ([9], мал. 9). У ланцуг рэле збіраюцца ўсе блакіроўкі магчымых няспраўнасцяў і парушэнняў працы канвеераў. У момант пуску лініі да разгону ўсіх канвеераў частка гэтых блакаванняў не працуе (кантроль прабукоўкі, кантроль хуткасці і інш.), і працоўныя кантакты іх зашунтаваны тумблерам на пульце кіравання або размыкаючымся з вытрымкай часу кантактам рэле.

Перад запускам канвеераў павінна аўтаматычна спрацоўваць перадпусковая папераджальная сігналацыя. Запуск лініі выконваецца агульнай пускавой кнопкай. Пры гэтым пускальнік першага канвеера ўключаецца не адразу, а з вытрымкай часу, устаноўленай рэле часу пуску. Пасля націскання кнопкі, якая блакіруецца кантактам рэле пуску, уключаецца светлавая сігналацыя і гукавая сігналацыя. Пасля ўключэння апошняга канвеера сірэна адключаецца, а светлавая сігналацыя працуе, пакуль не адключыцца лінія.

Пры распрацоўцы прыцыповай схемы кіравання лініяй трэба аб'яднаць усё распрацаваныя раней схемы. Акрамя таго, у адпаведнасці з патрабаваннямі схема павінна прадугледжваць магчымасць кіравання канвеерамі ў ручным рэжыме, а таксама кантроль хуткасці кожнага канвеера лініі незалежна ад спосабу яе пуску (ланцуг рэле хуткасці).

Пры выбары апаратуры кіравання неабходна карыстацца агульнай метадыкай, у адпаведнасці з якой для выбару кожнага элемента неабходна ведаць род току, напружанне, магутнасць кіравання або токавую нагрузку, камбінацыю і колькасць сілавых, блакавальных і пераключальных кантактаў.

Заданне

Распрацаваць прынцыповую схему аўтаматычнага кіравання канвеернай лініяй. Схема павінна прадугледжваць аўтаматычны пуск канвеераў лініі ў функцыі параметру, паказанага ў заданні, аўтаматычнае спыненне лініі ў аварыйным рэжыме, папераджальную і аператыўную сігналацыю. Акрамя таго, схема павінна быць звязаная з блакавальнымі прыладамі.

Даныя для выканання працы прыведзеныя ў табл. 3. Умовы працы – сярэднія, матэрыял, які транспартуецца на стужачных канвеерах – насыпны, на падвесных і пласціністых – штучны.

Змест справаздачы

Справаздача павінна змяшчаць:

1. Схему грузапатоку, абгрунтаванне парадку пуску канвеераў.
2. Выбар тыпу электрарухавіка прывада, схему яго ўключэння і пуску лініі.
3. Распрацоўку схем зададзеных дапаможных прылад (у выглядзе эскізаў) з указаннем узаемасувязі са схемай кіравання.
4. Схему перапускавай папераджальнай сігналацыі.
5. Прынцыповую схему кіравання лініяй з улікам усіх сучасных патрабаванняў і падрабязным апісаннем яе дзеяння.
6. Выбар апаратуры кіравання ў адпаведнасці са схемай (тыпы пускальнікаў, рэле, датчыкаў, кнопак, сігнальнай апаратуры і г. д.). Пры выбары рэле хуткасці абгрунтаваць месца яго ўсталёўкі на канвееры.
7. Сканвертаваную праграму з сінтаксіса рэлейна-кантактарных схем у сінтаксіс LD.

Табліца 3

Зыходныя даныя для задання

№ варыянта	Магутнасць прывада кожнага канвеера, кВт	Тып канвеерных ліній	Колькасць канвеераў	Спосаб пуску лініі ў функцыі	Дапаможныя аўтаматычныя прылады
1	10,0	Стужачныя	4	Хуткасці	Прадугледзіць кантроль прабуксоўкі і сходу стужак
2	14,0	Стужачныя	3	Часу	Прадугледзіць кантроль сходу і падоўжнага абрыву стужак
3	20,0	Стужачныя	4	Хуткасці	Прадугледзіць кантроль месцаў перагрузкі і наяўнасці груза на канвееры
4	7,0	Стужачныя	3	Часу	Прадугледзіць кантроль падоўжнага абрыву і цэласці стужкі
5	24,0	Стужачныя	5	Току	Прадугледзіць кантроль папярочнага абрыву стужкі і наяўнасці груза на канвееры
6	28,0	Пласціністыя	3	Часу	Прадугледзіць кантроль цэласці ланцуга і месцаў перагрузкі

№ варыянта	Магутнасць прывада кожнага канвеера, кВт	Тып канвеерных ліній	Колькасць канвеераў	Спосаб пуску лініі ў функцыі	Дапаможныя аўтаматычныя прылады
7	40,0	Пласціністыя	4	Хуткасці (з дадатковым кантролем па часе)	Прадугледзіць кантроль месцаў перагрузкі і наяўнасці грузаў
8	1,7	Падвесныя грузанясучыя	4	Часу	Прадугледзіць кантроль цэласці ланцуга і наяўнасці грузаў
9	2,8	Падвесныя штурхаючыя	3	Хуткасці	Прадугледзіць кантроль зрыву на спуску і лімітаванне нацяжэння ланцуга
10	4,5	Падвесныя штурхаючыя	4	Току	Прадугледзіць кантроль здвоеных цялежак і выяўленні вольнага штурха-ча

Лабораторная работа № 4.

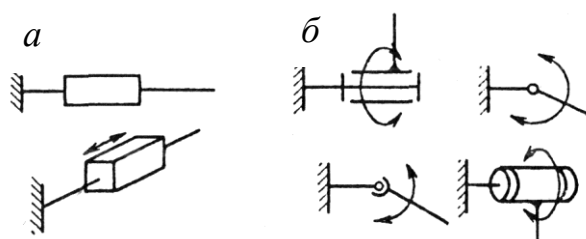
ВЫВУЧЭННЕ СТРУКТУРНЫХ І КІНЕМАТЫЧНЫХ СХЕМ МАНІПУЛЯТАРАЎ ПРАМЫСЛОВЫХ РОБАТАЎ

Мэта работы: азнаёміцца з прынцыпамі складання тыповых схем аўтаматычнага кіравання канвеернымі лініямі.

Тэарэтычныя звесткі.

Прадстаўленне аб маніпулятары ПР і магчымасцях яго рухаў дае структурная схема. На ёй ўмоўнымі абазначэннямі паказаны стойка, рухомыя звёны, кінематычныя пары з указаннем іх выгляду і ўзаемнага размяшчэння. Схема адлюстроўвае як бы шкілет механізма. Са структурнай схемы звычайна пачынаецца праектаванне механізма маніпулятара ПР. Але схема патрэбна не толькі праекціроўшчыкам. Пры выбары ПР па чарцяжах або ўзорах важна ўбачыць схему ў гатовай канструкцыі. Менавіта па схеме будуецца эскізы расстаноўкі абсталявання.

У механізмах маніпулятараў выкарыстоўваюцца практычна толькі аднарухомыя кінематычныя пары: паступальныя (лінейныя) і вярчальныя (паваротныя). У наступным на схемах яны адлюстроўваюцца так, як гэта паказана на мал. 2, а, б, адпаведна. Кожнай ступені рухомасці пры гэтым адпавядае адна кінематычная пара. Ступені рухомасці выканаўчых прылад ПР дзеляцца на тры групы: міжпазцыйныя, пераносныя і арыентавальныя. Міжпазцыйная ступень рухомасці звычайна рэалізуе прыладу руху тыпу цялежкі, якая перамяшчаецца па рэйкавым шляху; дыяпазон перасоўванняў пры гэтым складае некалькі метраў. Калі ПР мае прыладу руху, то ён звычайна мае адну ступень рухомасці (паступальную).



Мал. 2. Кінематычныя пары
а – паступальныя, б - вярчальныя

Пераносныя і арыентавальныя ступені рухомасці рэалізуюцца ў маніпулятары. Кінематычныя пары пераносных ступеняў рухомасці могуць быць паступальнымі або вярчальнымі, якія адпавядаюць лінейным перасоўванням ад 0,2 да 1,5 м. Кінематычныя пары арыентавальных ступеняў рухомасці абавязкова з'яўляюцца вярчальнымі. Падзел ступеняў рухомасці на арыентавальныя і пераносныя часам з'яўляецца ўмоўным, паколькі пры вярчальных пераносных рухах адначасова змяняецца і арыентацыя.

Ступені рухомасці зручна разглядаць па групам: асобна пераносныя і асобна арыентавальныя. Калі разглядаюцца толькі пераносныя ступені рухомасці, пераносны аб'ект можна лічыць кропкай. Агульны выгляд маніпулятара і яго магчымасці вызначаюцца пераноснымі ступенямі рухомасці, таму спачатку будзем улічваць толькі іх. Пры класіфікацыі схем важным паказчыкам з'яўляецца лік ступеняў рухомасці, выгляд кінематычных пар і размяшчэнне іх восяў адносна адзін аднаго і вызначаных кірункаў.

Арыентацыю восяў кінематычных пар будзем знаходзіць у прамавугольнай сістэме каардынат. Вось z накіраваная па вертыкалі ўверх. Кірункі восяў x і y , што ляжаць у гарызантальнай плоскасці, могуць часам быць адвольнымі, але звычайна іх звязваюць з расстаноўкай абслугоўваемага абсталявання або з характэрнымі плоскасцямі самога механізма маніпулятара. Калі механізм маніпулятара, як гэта часта бывае, мае вертыкальную плоскасць сіметрыі, то вось x накіроўваецца менавіта ў гэтай плоскасці; тады вось y з'яўляецца бакавой. Калі можна лічыць умоўна зададзенай вертыкальную плоскасць абслугоўваемага абсталявання, то вось x задаецца перпендыкулярна да яе; вось y пры гэтым таксама з'яўляецца бакавой.

Далей кожная схема будзе мець сваё літарна-лічбавае абазначэнне. Кожная кінематычная пара будзе пазначацца трыма знакамі: нумарам пары, літарай P або B (P азначае, што пара паступальная, B – вярчальная) і літарай x , y або z , што паказвае, па якой з восяў накіроўваецца вось кінематычнай пары.

Для схемы такія літарна-лічбавыя абазначэнні кінематычных пар выпісваюцца адзін за адным, пачынаючы ад стойкі. Звычайна асобна разглядаюцца схемы толькі для пераносных ступеняў рухомасці, але

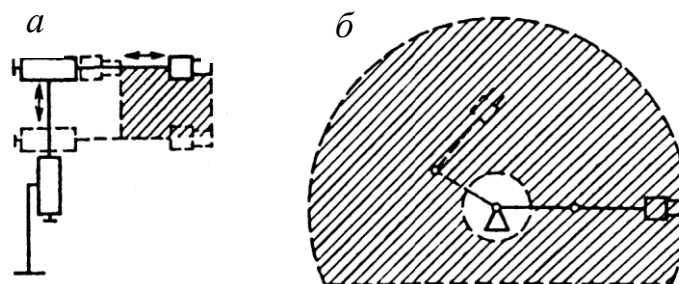
часам у схему ўключаюць таксама і міжпазіцыйную ступень рухомасці.

Маніпулятары ўсіх вядомых прамысловых робатаў маюць не меней дзвух пераносных ступеняў рухомасці, падрабязныя класіфікацыі пабудаваныя для выпадкаў дзвух або трох пераносных ступеняў рухомасці. Усе магчымыя варыянты схем можна атрымаць, перабіраючы іх у вызначаным парадку па вызначаным правіле, аднак далей разглядаюцца ў асноўным толькі тыя схемы, якія ўяўляюць практычную цікавасць і знайшлі досыць шырокае ўжыванне.

Галоўнымі крытэрыямі параўнання кінематычных схем з'яўляюцца іх вартасці і недахопы. Ніжэй пералічваюцца фактары, якія трэба ўлічваць пры параўнанні схем саміх па сабе і канструкцый, выкананых па гэтых схемах.

1. Ступень распаўсюджанасці і "прывычнасці" схем у ПР і ў іншым абсталяванні. Перавагу варта аддаваць тым схемам, якія знайшлі шырокае ўжыванне і добра зарэкамендавалі сябе. Аднак часам традыцыйныя схемы могуць апынуцца састарэлымі.

2. Памеры і аб'ём працоўнай зоны пры зададзенай абмежаванай даўжыні звёнаў. Перавагу маюць схемы з вярчальнымі кінематычнымі парамі. Гэта наглядна паказана на мал. 3, *а*, *б*: пры аднолькавай даўжыні звёнаў памер працоўнай зоны на другой схеме (мал. 3, *б*) у чатыры разы большы, чым на першай (мал. 3, *а*). Калі ж памеры працоўнай зоны зададзеныя, то маніпулятар з вярчальнымі кінематычнымі парамі атрымоўваецца больш кампактным.



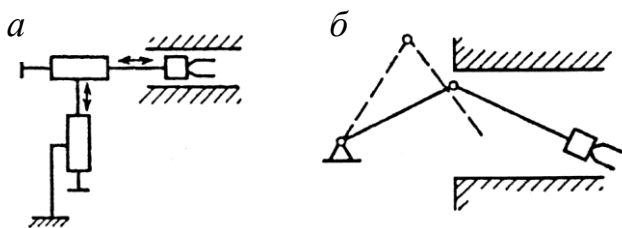
Мал. 3. Памеры і аб'ём працоўнай зоны

а – паступальныя пары, *б* – вярчальныя пары

3. Памеры і аб'ём працоўнай прасторы, г. зн. прасторы, у якую могуць пападаць рухомыя часткі механізма. Для схемы з вярчальнымі кінематычнымі парамі працоўная прастора практычна супадае з працоўнай зонай. Для схемы з паступальнымі парамі працоўная

прастора значна большая, чым працоўная зона. Схемы з вярчальнымі парамі даюць эканомію працоўнай прасторы.

4. Агульны выгляд зоны, якая пры выкананні асноўнага працоўнага руху павінна заставацца вольнай перашкоды ў гэтай зоне павінны адсутнічаць. Пры паступальным прамалінейным руху звяна (рукі) павінен заставацца вольным вузкі калідор (мал. 4, а), пры павароце – значна шырэйшая зона (мал. 4, б). Таму ў тых выпадках, калі неабходна абслугоўваць абсталяванне з вузкай працоўнай зонай (прэсы, печы), перавагу маюць схемы з адной паступальнай ступенню рухомасці (з высоўнай рукой).



Мал. 4. Памеры вольнай зоны

а – паступальныя пары, б – вярчальныя пары

5. Памер плошчы, займаемай падстаўкай маніпулятара (калі ПР падлогавы). Падстаўка маніпулятара можа мець меншую плошчу, калі першай з'яўляецца кінематычная пара (паступальная або вярчальная) з воссю, накіраванай па восі z . Калі ПР з'яўляецца падвесным, то ўказаны фактар не мае значэння.

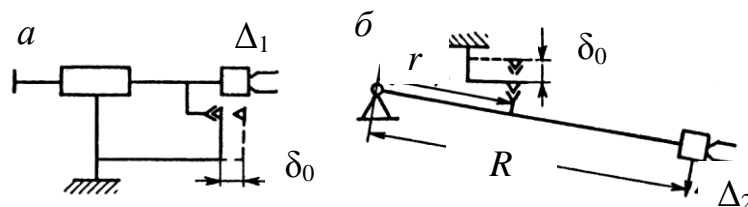
6. Выгляд траекторый перамяшчаемага аб'екта пры руху па кожнай з ступеняў рухомасці. Пераважнымі з'яўляюцца прамалінейныя траекторыі (напрыклад, пры ўсталёўцы загатоўкі ў патрон станка, пры ўзяцці дэталі з гнязда тары, пры аўтаматычнай зборцы), якія ўтвараюцца пры паступальных кінематычных парах.

7. Прастата праграмавання рухаў працоўных органаў тэхналагічных ПР. Вядома, што прасцей за ўсё праграмаванне ажыццяўляецца ў прамавугольных каардынатах, г. зн. для ПР з усімі паступальнымі ступенямі рухомасці. Менавіта такую кінематыку звычайна мае традыцыйнае тэхналагічнае абсталяванне (станкі).

8. Захаванне або змена арыентацыі працоўнага органа (у прыватнасці, захопнай прылады) пры перасоўваннях па ступенях рухомасці. Пры якіх-небудзь перасоўваннях пажадана, каб арыентацыя працоўнага органа заставалася нязменнай, г. зн. каб

працоўны орган перамяшчаўся паралельна самому сабе. Калі гэта не забяспечваецца, то механізмы арыентавальных ступеняў рухомасці (якія пакуль не разглядаюцца), павінны задаваць кампенсавальныя павароты (на тую жа велічыню ў процілеглы бок). Захаванне арыентацыі пры любых пераносных рухах мае месца толькі тады, калі ўсе ступені рухомасці – паступальныя. Чым больш вярчальных ступеняў рухомасці, тым большы лік арыентавальных ступеняў рухомасці павінен прымаць удзел у ажыццяўленні кампенсавальных рухаў. Аднак ужыванне паралелаграмных шарнірна-рычажных механізмаў тыпу пантаграфа дазваляе захоўваць арыентацыю працоўных органаў пры іх перасоўванні.

9. Хібнасць становішча працоўнага органа, абумоўленая хібнасць пуцявога датчыка, упора або вымяральнага пераўтваральніка. Як правіла, паступальныя пары даюць хібнасці становішча працоўнага органа на парадак менш, чым вярчальныя пары. Тлумачыцца гэта наступным чынам. Прыем δ – хібнасць шляхавога ўпора. Тады для паступальнай ступені рухомасці хібнасць становішча працоўнага органа $\Delta_1 = \delta$ (мал. 5, а, б). Для вярчальнай ступені рухомасці адлегласць r упора да кропкі павароту O значна меншая за адлегласць R працоўнага органа да кропкі павароту. Таму хібнасць становішча працоўнага органа $\Delta = (R/r) \delta$ атрымліваецца значна большай (хібнасці становішча ўпора ў абодвух выпадках лічацца аднолькавымі).



Мал. 5. Разлік хібнасці становішча

а – паступальныя пары, б – вярчальныя пары

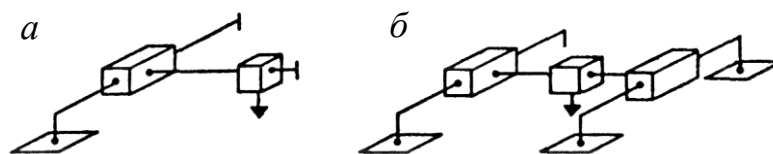
10. Ступень разнастайнасці кінематычных пар, размеркаваных па маніпулятары. У канструкцыі па магчымасці павінны выкарыстоўвацца толькі аднолькавыя кінематычныя пары. Гэта дазваляе ўніфікаваць вузлы і прывады.

11. Тэхналагічнасць вырабу і зборкі вузлаў, якія рэалізуюць кінематычныя пары. Як правіла, канструкцыі з вярчальнымі парамі з'яўляюцца больш тэхналагічнымі. Праектаванне, выраб дэталей,

зборка і рэгуляванне падшыпнікавых вузлоў значна прасцей, чым накіравальныя з рухомымі карэткамі.

12. Магчымасць пабудовы варыянтаў як з ніжнім размяшчэннем (падлогавых), так і з верхнім размяшчэннем (падвесных) маніпулятараў. Часам неабходна ўстаноўка маніпулятара на вертыкальнай плоскасці. Такую разнастайнасць дапушчаюць не ўсе схемы.

13. Магчымасць узмацнення жорсткасці канструкцый шляхам замены кансоляў двапорнымі элементамі. Для паступальных ступеняў рухомасці гэта, як правіла, лёгка выконваецца (мал. 6, а, б). Для вярчальных ступеняў рухомасці выдаленне кансоляў магчыма толькі ў некаторых выпадках.



Мал. 6. Узмацненне жорсткасці

а – паступальныя пары, б – вярчальныя пары

14. Масагабарытныя характарыстыкі. Канструкцыі маніпулятараў з паступальнымі кінематычнымі парамі звычайна больш гравасткія і цяжкія, чым канструкцыі з вярчальнымі парамі.

15. Ступень узгодненасці з рухавікамі, якія прыводзяць у рух звёны. Пераважнай з'яўляецца прамая перадача, калі перамяшчаемае звяно цвёрда звязана з выхадным звяном рухавіка (напрыклад, калі высоўная рука ўяўляе сабой шток пнеўмацыліндра або вагальнае звяно паварочваецца ад паваротнага гідрарухавіка, змешчанага на тым жа вале). Аднак часта неабходныя механізмы перадач.

16. Значэнні магутнасці сіл трэння. Гэтыя значэнні звычайна малыя, але ўсё ж варта мець на ўвазе, што пры аднолькавых лінейных перасоўваннях выдаткованая магутнасць або работа вярчальных пар звычайна атрымліваецца меншай, чым паступальных.

17. Суадносіны паміж сумарнымі масамі рухомах частак, якія ўдзельнічаюць у розных рухах. Пажадана, каб у больш дакладных рухах (напрыклад, пры ўвядзенні загатоўкі ў рабочую зону станка, пры ўстаноўцы загатоўкі ў патрон і т. д.), а таксама ў перасоўваннях на вялікія адлегласці (г.зн. у перасоўваннях па ступенях свабоды з вялікімі хадамі) удзельнічалі меншыя масы.

18. Парадкавае месца ў кінематычным ланцугу паступальных пар з вертыкальнай воссю і вярчальных пар з гарызантальнай воссю.

Пажадана, каб гэтыя пары былі магчыма бліжэй да канца ланцуга. Гэта тлумачыцца тым, што для пар паказанага тыпу сіла цяжару стварае дадатковыя нагрузкі, паколькі пры такіх рухах адбываюцца вертыкальныя перасоўванні. Заўважым, аднак, што ўраўнаважанне звёнаў значна выдалае ўплыў гэтага фактару.

19. Магчымасць разгрузкі, статычнага і дынамічнага ўраўнаважвання механізма маніпулятара ў цэлым і яго асобных частак. Сродкі разгрузкі і ўраўнаважвання могуць быць пасіўнымі (процівагі, спружыны) і актыўнымі (пнеўмацыліндры, спецыяльныя электрамагнітныя прылады). Для паступальных пар ураўнаважанне ажыццяўляецца прасцей.

20. Магчымасці аб'яднання ў адным вузле механізмаў двух або больш ступеняў рухомасці. Найболей зручным з'яўляецца аб'яднанне ў адным вузле паступальнай і вярчальнай кінематычных пар з адной і той жа воссю.

21. Магчымасць аховы рухомах злучэнняў звёнаў ад пылу, вільгаці, працоўных вадкасцяў і інш. Ахова ажыццяўляецца з дапамогай вечкаў, кажухоў і т. д. Для вузлоў з вярчальнымі парамі гэтыя сродкі прасцейшыя і надзейныя.

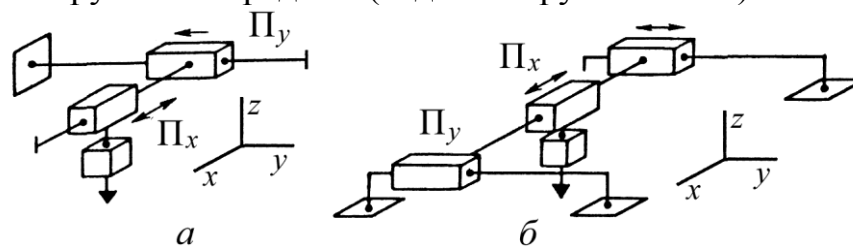
Улічваючы разгледжаныя акалічнасці, параўнаем найболей распаўсюджаныя схемы і ацэнім іх ужыванне ў ПР рознага прызначэння.

Схемы маніпулятараў з дзвума ступенямі рухомасці.

Пры дзвух пераносных ступенях рухомасці працоўны орган маніпулятара можа перамяшчацца толькі па вызначанай паверхні (у прасцейшым выпадку – па плоскасці). Пэўны выгляд гэтай паверхні асабліва важны для тэхналагічных ПР, у якіх траекторыя рабочага органа павінна пакрываць участкі паверхняў апрацоўваемага вырабу. Для дапаможных ПР важна забяспечыць пераносу аб'екта з аднаго пункта ў іншы, а па якой паверхні перамяшчаецца захопная прылада, – не з'яўляецца істотным.

Разгледзім спачатку схему $1\text{Пу}2\text{Пх}$ з двума паступальнымі кінематычнымі парамі, восі якіх гарызантальныя (мал. 7, а). Гэтая схема характэрная для розных тэхналагічных устаноў і станкоў для апрацоўкі плоскіх паверхняў (напрыклад, для нанясення пакрыццяў), а

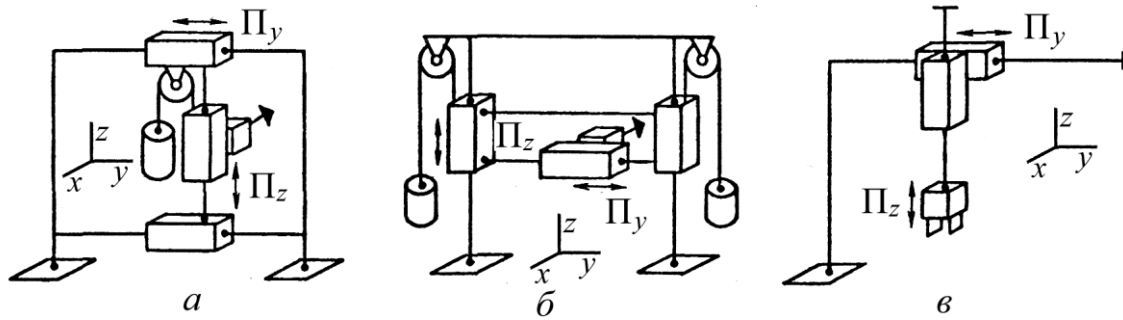
таксама для дзвюхкаардынатных станкоў, графапабудоўнікаў, прылад больш складаных па кінематыцы машын. Па гэтай схеме выконваюцца канструкцыі маніпулятараў тэхналагічных ПР, прызначаных для рэзання (газавага, плазменнага, лазернага) плоскіх лістоў, раскрою, афарбоўкі плоскіх паверхняў, вымярэння або кантролю параметраў адхілення ад плоскасці. Працоўная зона ўяўляе сабой плоскі прамавугольнік. Схема рэалізуе плоскую прамавугольную сістэму каардынат, праграмаванне рухаў у якой зручней усяго. Паколькі кінематычныя пары з'яўляюцца паступальнымі, схема дае магчымасць дамагчыся высокай дакладнасці. Павышэнне ўстойлівасці забяспечваецца заменай кансоляў дзвухапорнымі элементамі (мал. 7, б). Аднак у цэлым гэтая канструкцыя з'яўляецца грувасткай, выклікае цяжкасці ахова накіроўвалых і элементаў перадач (гэта асабліва важна, калі ПР – фарбавальны). Большасць ПР з такой схемай мае электрапрывад, прычым перадача руху ад вала электрарухавіка ажыццяўляецца з дапамогай шрубавай перадачы (хадавая шруба – гайка).



Мал. 7 Кінематычныя схемы 1Пy2Пx

а – аднаапорная схема, б – дзвухапорная схема

Схема выгляду 1Пy2Пz атрымліваецца з папярэднім паваротам плоскасці, якая была гарызантальнай, у вертыкальнае становішча. Маніпулятар з такой схемай займае менш плошчы. Аднак такое становішча рабочай плоскасці дапушчальна не для ўсіх тэхналагічных працэсаў. Прывад, які ажыццяўляе вертыкальнае перасоўванне, знаходзіцца ў больш цяжкіх умовах. Каб паменшыць нагрузку на гэты рухавік, выкарыстаюць процівагу (мал. 8, а) або дзве процівагі (мал. 8, б), якія павялічваюць масу рухомай часткі. Пры выбары паміж гэтымі схемамі ў першую чаргу прымаецца да ўвагі тое, па якой з каардынат неабходна мець вялікія перасоўванні рабочага органа. Пажадана, каб большы ход меў месца па першай з ступеняў рухомасці. Таму схема на мал. 8, а выкарыстоўваецца для вялікага гарызантальнага ходу.



Мал. 8 Кінематычныя схемы 1Py2Pz

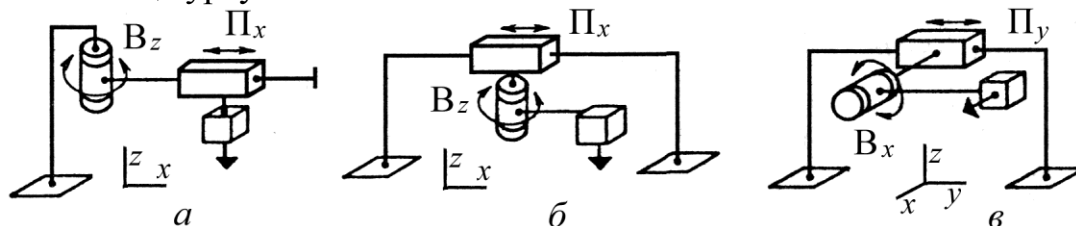
а – з адной процівагай, б – з дзвума процівагамі, в – з кансольнай бэлькай

Схема 1Py2Pz выкарыстоўваецца таксама ў маніпулятарах дапаможных робатаў-перакладальнікаў. Пры гэтым высюная рука, якая перамяшчаецца вертыкальна, звычайна з'яўляецца кансольнай, верхняя бэлька, па якой адбываецца гарызантальнае перасоўванне, можа быць двухпорной або кансольнай (мал. 8, в).

Разгледзім схему 1Vz2Px (мал. 9, а) з адной вярчальнай і адной паступальнай кінематычнымі парамі. Працоўная зона ў гэтым выпадку ўяўляе сабой плоскае кольца, схема апісваецца праз плоскую палярную сістэму каардынат. Як і папярэднія схемы, яна ўжываецца ў асноўным для маніпулятараў тэхналагічных ПР, якія працуюць з плоскімі паверхнямі. З-за наяўнасці вярчальнай пары дакладнасць схемы некалькі ніжэй, чым папярэдніх, прычым дакладнасць можа істотна змяняцца пры радыяльным зрушэнні працоўнага органа. Канструкцыя, выкананая па такой схеме, не валодае вялікай устойлівасцю, таму істотнымі становяцца пругкія дэфармацыі. Сілы цяжару не нагружаюць рухавікі, аднак значэнні выгінальных момантаў для вертыкальнага вала вярчальнай пары могуць быць значнымі, паколькі ўраўнаважанне часткі, якая верціцца, практычна немагчыма.

Схема 1Px2Vz (мал. 9, б) адрозніваецца ад папярэдняй парадкам следавання кінематычных пар. Пры досыць вялікіх паступальных перасоўваннях працоўная зона ўяўляе сабой плоскую паласу. Схема мае перавагі ў тых выпадках, калі патрабуецца вялікі ход па восі x ; пры гэтым бэлька, па якой ажыццяўляецца паступальнае перасоўванне, выконваецца двухпорной. Звяно, якое верціцца, можа быць лёгка ўраўнаважана спецыяльнай процівагай або пераразмеркаваннем мас. З трох схем з паступальнай і вярчальнай парамі і з вертыкальнай рабочай плоскасцю перавагі мае схема

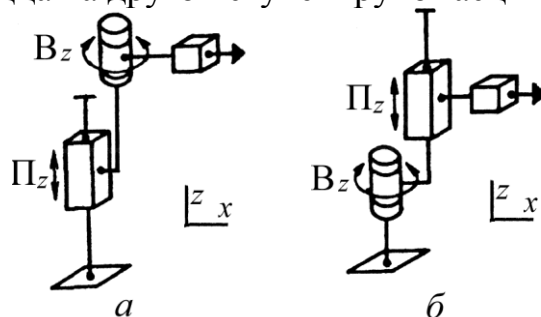
1Пу2Вх (мал. 9, в), паколькі накіравальная вялікага паступальнага перасоўвання нерухомая і гарызантальная, а частка, якая верціцца, можа быць ураўнаважаная.



Мал. 9. Кінематычныя схемы 1Вz2Пх, 1Пх2Вz, 1Пу2Вх
а – схема 1Вz2Пх, б – схема 1Пх2Вz, в – схема 1Пу2Вх

Для дапаможных ПР апошнія схемы практычна не ўжываюцца.

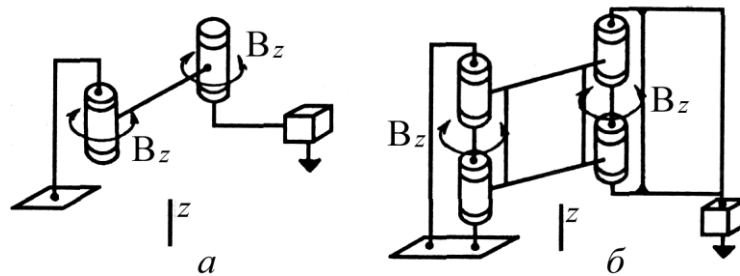
Для схемы 1Пz2Вz (мал. 10, а) рабочая зона ўяўляе сабой цыліндрычную паверхню вызначанага радыуса. Такія схемы могуць выкарыстоўвацца ў канструкцыях тэхналагічных ПР толькі ў тых выпадках, калі яны з'яўляюцца спецыяльнымі (напрыклад, прызначаныя для ўнутранай апрацоўкі труб пастаяннага дыяметра). У той жа час схема шырока выкарыстоўваецца ў маніпулятарах найпростых робатаў-перакладальнікаў. Як адзначалася раней, спалучэнне вярчальнай і паступальнай пар у адным вузле дае канструктыўныя перавагі. Аднак больш прыдатнай з'яўляецца схема 1Вz2Пz (мал. 10, б). Тут вертыкальнае перасоўванне, найболей адказнае, здзяйсняецца па другой ступені рухомасці і з меншай масай.



Мал. 10. Кінематычныя схемы 1Пz2Вz і 1Вz2Пz
а – схема 1Пz2Вz, б – схема 1Вz2Пz

Схема 1Вz2Вz (мал. 11, а) мае дзве вярчальныя пары з паралельнымі восямі, рабочая зона ўяўляе сабой плоскае кольца. Канструкцыі, выкананыя па гэтай схеме, тэхналагічныя. Калі прывады электрычныя, для перадач могуць выкарыстоўвацца звычайныя рэдуктары. Рухавікі і рэдуктары могуць быць аднолькавымі для абодвух прывадаў, што з'яўляецца дадатковай перавагай. Канструкцыі

атрымліваюцца больш кампактнымі і лёгкімі ў параўнанні з папярэднімі. Здаецца, што пры дзвух кансольных звёнах канструкцыя абавязкова мае нізкую ўстойлівасць. Аднак устойлівасць можна значна павысіць шляхам разнясення падшыпнікаў па восі z (мал. 11, б). У такім варыянце схема выкарыстоўваецца ў самых дакладных маніпулятарах. Праграмаванне рухаў у біпалярнай сістэме каардынат, якая адпавядае разглядаанай схеме, уяўляе вызначаныя цяжкасці, бо любыя прамалінейныя рухі працоўнага органа патрабуюць сумеснай працы абодвух прывадаў.



Мал. 11. Кінематычная схема $1B_z2B_z$

а – з малой устойлівасцю, б – з павялічанай устойлівасцю

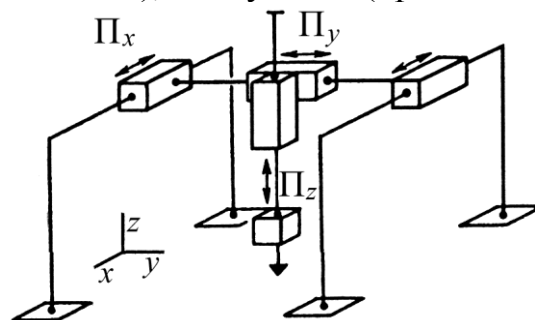
Дадзеную схему мэтазгодна ўжываць у тэхналагічных ПР (напрыклад, фарбавальных). Пры гэтым наяўнасць толькі вярчальных пар палягчае абарону злучэнняў ад распыленай фарбы. Заўважым, што дзвюхзвённы механізм разгляданага выгляду з вертыкальнымі восямі пар уваходзіць у выглядзе складанай рукі ў склад больш складанага механізму маніпулятара. Паварот плоскасці механізму з гарызантальнага становішча ў вертыкальнае амаль ніякай спецыфікі не ўносіць, ураўнаважванне прасцей за ўсё дасягаецца з дапамогай проціваг. Такі ПР можа быць выкананы як перекладальнік, але непрамалінейнасць рухаў захопнай прылады пры ўключэнні прывадаў паасобку моцна абмяжоўвае магчымасці яго ўжывання.

У цэлым варта адзначыць, што маніпулятары з дзвюма ступенямі рухомасці сустракаюцца пераважна ў аўтааператорах і спецыяльных ПР з абмежаванымі магчымасцямі. Аднак на іх аснове могуць стварацца і больш складаныя механізмы.

Схемы маніпулятараў з трыма ступенямі рухомасці.

Схемы маніпулятараў з трыма пераноснымі ступенямі рухомасці з'яўляюцца найболей распаўсюджанымі. Маніпулятары з ўсімі трыма паступальнымі кінематычнымі парамі працуюць у прамавугольнай

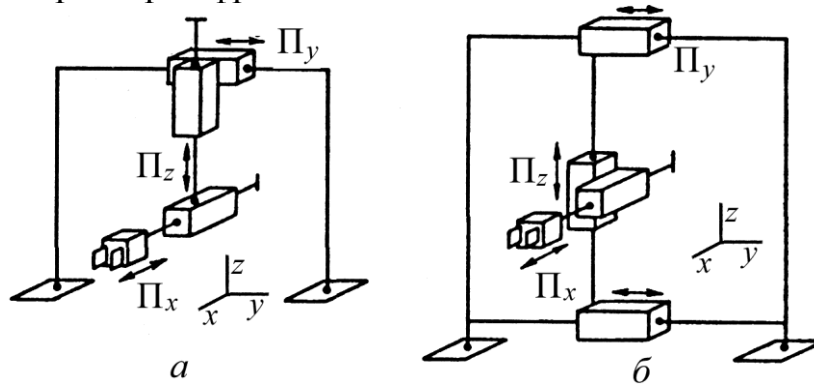
сістэме каардынат. Адною з найболей распаўсюджаных з'яўляецца схема $1Px2Py3Pz$. Па гэтай схеме будуецца маставыя краны, некаторыя каардынатныя станкі. Для маніпулятараў, выкананых па такой схеме, тыпова верхняе размяшчэнне накіравальных перасоўванняў па восях x і y , рабочы орган перамяшчаецца пад імі (мал. 12). Гэта маніпулятары зборачных і вымяральных ПР, а таксама ПР, да рабочага органа якіх прыкладваюцца вялікія сілавыя ўздзеянні. У дапаможных ПР такія схемы сустракаюцца рэдка, за выключэннем тых выпадкаў, калі ПР выконваюць функцыі маставога крана і абслугоўваюць абсталяванне з вольным доступам зверху. Пры абслугоўванні некалькіх адзінак абсталявання гарызантальныя перасоўванні адпавядаюць міжпазіцыйным ступеням рухомасці. Кансольным з'яўляецца толькі апошняе звяно, якое перамяшчаецца вертыкальна. З прычыны гэтага пругкія дэфармацыі пад сіламі вагі малыя. Схеме ўласцівыя асноўныя вартасці, тыповыя для маніпулятараў з паступальнымі кінематычнымі парамі (прастата праграмавання рухаў, магчымасць атрымання высокай дакладнасці, разгружанасць першых кінематычных пар, прастата ўраўнаважвання, захаванне арыентацыі працоўнага органа пры пераносе) і недахопы (грувасткасць, вялікія масы, складанасць зборкі і рэгулявання, няўзгодненасць кінематыкі руху з рухавікамі). У залежнасці ад ходоў і дакладнасці выкарыстоўваюцца розныя тыпы перадач механізмаў гарызантальных перасоўванняў: шрубавыя (пры малых ходах і высокай дакладнасці), зубчастыя рэчныя (пры вялікіх і сярэдніх ходах і сярэдняй дакладнасці), ланцужныя (пры нізкай дакладнасці).



Мал. 12 Кінематычная схема $1Px2Py3Pz$

Схема $1Py2Pz3Px$, у якой кінематычная пара з вертыкальнай воссю з'яўляецца другой, мае іншыя вобласці ўжывання. Пры вялікім ходзе па восі y (тады гэтая ступень рухомасці з'яўляецца

міжпазіцыйнай) маніпулятар з'яўляецца прыдатным для абслугоўвання аснашчэння, усталяванага ў шэраг з спецыяльнымі паверхнямі, перпендыкулярнымі да восі x . Пры гэтым увядзенне захопнай прылады ў працоўныя зоны абсталявання ажыццяўляецца рухам па апошняй ступені рухомасці – па восі x . Канструкцыя маніпулятара можа быць падвеснай (мал. 13, а) або з разнесенымі па вертыкалі накіруючымі, г. зн. з рэйкавым шляхам у вертыкальнай плоскасці (мал. 13, б). Апошні варыянт характэрны для маніпулятараў-штабелёраў, абслугоўваючых вертыкальныя стэлажы. Калі хапае малага ходу па восі x , маніпулятар патрабуе досыць вузкай вольнай прасторы перад фронтам абсталявання.

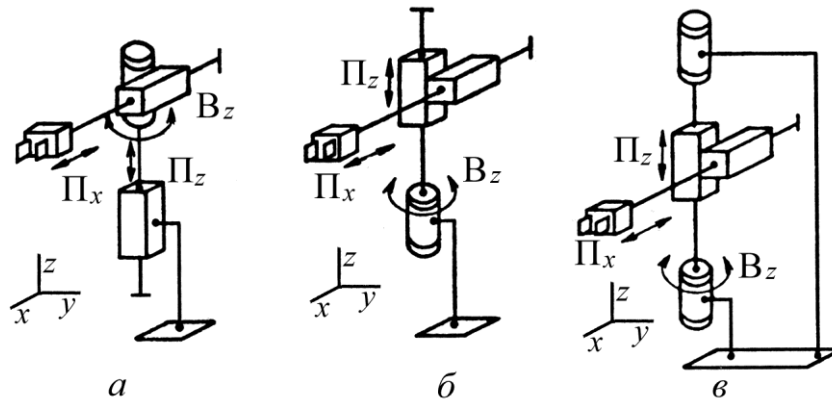


Мал. 13 Кінематычная схема 1Py2Pz3Px

а – падвесная, б – з разнесенымі па вертыкалі накіравальнымі

Маніпулятары, выкананыя па схеме 1Pz2Py3Px, звычайна з'яўляюцца падлогавымі. Тая акалічнасць, што першай з'яўляецца кінематычная пара паступальнага перасоўвання, дазваляе выконваць канструкцыі, якія займаюць малыя плошчы. Пры малой апорнай базе хады па восях y і x павінны быць малымі, і адпавядаць пераносным, а не міжпазіцыйным ступеням рухомасці. ПР з такой схемай абслугоўвае адну адзінку абсталявання з уводам у рабочую зону па восі x . ПР з такой схемай у параўнанні з іншымі падлогавымі ПР з'яўляюцца больш грувасткімі, аднак пры малых хадах можна атрымліваць высокую дакладнасць пазіцыяніравання.

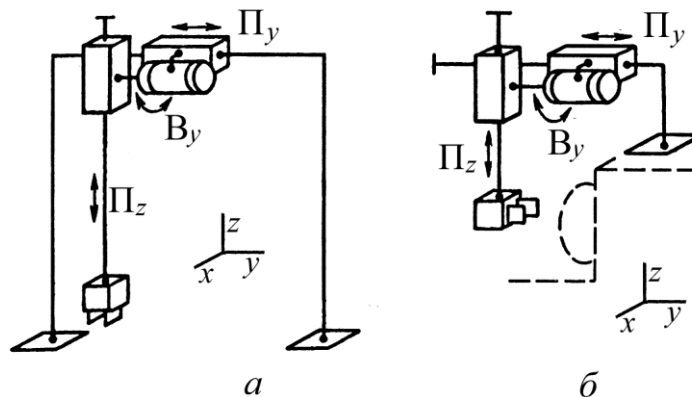
З усіх схем з двума паступальнымі і адной вярчальнай парамі найбольшае распаўсюджванне атрымалі схемы 1Pz2Vz3Px (мал. 14, а) і 1Vz2Pz3Px (мал. 14, б).



Мал. 14. Схемы з двумя паступальнымі і адной вярчальнай парамі
 а – схема $1\Pi_z 2B_z 3\Pi_x$, б – схема $1B_z 2\Pi_z 3\Pi_x$, в – схема $1B_z 2\Pi_z 3\Pi_x$

Абедзве схемы часцей за ўсё рэалізуюцца ў падлогавых ПР, якія працуюць у цыліндрычнай сістэме каардынат. У цяперашні час такія ПР з пнеўмапрывадам, досыць простыя і танныя, складаюць большасць парка. Аднак маецца тэндэнцыя да паніжэння іх адноснага ліку. Для абедзвюх схем характэрная гарызантальная высоўная рука (яе высоўванне ажыццяўляецца па апошняй ступені рухомасці). Механізм вылучэння добра ўзгадняецца з прывадам, калі рухавіком з'яўляецца пнеўмацыліндр. Сілай цяжару нагружаны толькі прывад перасоўвання па восі z , аднак пры выкарыстанні пнеўмапрывада, а тым больш гідрапрывада, няма неабходнасці ў механізмах разгрузкі або ўраўнаважвання. Дзве наступныя вярчальная і паступальная пары адзін за адным з паралельнымі восямі зручныя для кампануюкі. Пры выбары паслядоўнасці гэтых двух пар у першую чаргу ўлічваецца грувацкасць і адносная маса адпаведных механізмаў. Часам механізм павароту мае ў якасці рухавікоў пнеўмацыліндры з перадачамі. Гэты механізм пажадана ўсталёўваць на падлозе; тады першай выбіраецца вярчальная ступень рухомасці. Аднак калі вертыкальны ход досыць вялікі, а для кручэння выкарыстоўваецца кампактны паваротны пнеўмарухавік, першай выбіраецца паступальная ступень рухомасці па восі z . Прамысловыя роботы, выкананыя па такіх схемах, звычайна з'яўляюцца дапаможнымі, яны шырока выкарыстоўваюцца для абслугоўвання кавальска-прэсавага абсталявання, калі патрабуецца высокая хуткадзейнасць, але можа быць невысокая дакладнасць. Наяўнасць вярчальнай пары часта прыводзіць да павялічэння значэнняў памылак па бакавых перасоўваннях, асабліва пры

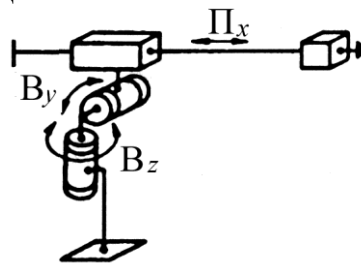
выцягнутаі рука. Схемы нетыповыя для тэхналагічнага абсталявання ў значнай меры з прычыны цяжкасці атрымання высокай калянасці. Адна з нешматлікіх магчымасцяў павышэння устойлівасці шляхам выдалення кансоляў паказаная на мал. 14, в. Недахопам высоўнай рукі лічыцца неабходнасць вольнай прасторы «за спіной» ПР (на выпадак уцягвання рукі), аналагічна таму, як гэта было ў ПР, якія працуюць у прамавугольнай сістэме каардынат (схема $1\Pi_z2\Pi_y3\Pi_x$). Схема $1\Pi_y2\Pi_y3\Pi_z$ (з высоўнай рукой, што вагаецца) тыповая для падвесных дапаможных ПР (мал. 15, а); паступальнае перасоўванне па восі y пры гэтым звычайна з'яўляецца міжпазіцыйным. Прамысловыя роботы з такой схемай прыстасаваныя для абслугоўвання станкоў (у прыватнасці, такарных), у якіх доступ у працоўную зону зверху. У параўнанні з аналагічнымі ПР, якія працуюць у прамавугольнай сістэме каардынат, канструкцыя з рукой, што вагаецца, мае меншую масу. Такая жа схема часам выкарыстоўваецца ў канструкцыях маніпулятараў убудаваных ПР, устаноўленых на станінах станкоў (мал. 15, б). У такіх выпадках хопіць малых ходоў па восі y . Часам для гэтай мэты выкарыстаюць падлогавыя ПР са схемай $1\Pi_y2\Pi_y3\Pi_z$ (іх варта мацаваць да вертыкальнай плоскасці).



Мал. 15. Схемы ПР з высоўнай рукой, што вагаецца
а – схема $1\Pi_y2\Pi_y3\Pi_z$, б – схема $1\Pi_y2\Pi_y3\Pi_z$

З схем з адной паступальнай і дзвюма вярчальнымі кінематычнымі парамі найболей распаўсюджанай з'яўляецца схема $1\Pi_z2\Pi_y3\Pi_x$ (мал. 16). Па гэтай схеме выконваюцца падлогавыя ПР, як дапаможныя, так і тэхналагічныя (часцей за ўсё прызначаныя для пунктавай зваркі). У маніпулятарах з такой схемай (з высоўнай рукой, якая вагаецца і якая паварочваецца) рэалізуецца сферычная сістэма

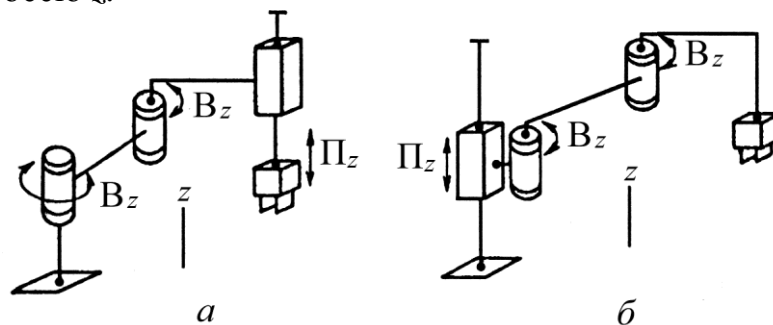
каардынат. Найболей часта дадзеная схема ўжываецца ў прыборабудаванні. Пры гэтым выкарыстоўваецца як пнеўмапрывад, так і электрапрывад. Дапушчальны выгал павароту вакол вертыкальнай восі – 240° або каля 360° , а дыяпазон вымярэння вугла вагання, як правіла, невялікі (ад -30 да $+30^\circ$). У параўнанні са схемай выгляду $1Vz2Pz3Px$ дадзеная схема дазваляе атрымліваць канструкцыі меншай масы і з вялікімі вертыкальнымі перасоўваннямі (пры выцягнутай руцэ). Важнай асаблівасцю з'яўляецца змена арыентацыі працоўнага органа як пры павароце, так і пры пампаванні. Гэтая акалічнасць з'яўляецца неістотнай, калі ў кожнай кропцы пазіцыяніравання задаваць сваю арыентацыю працоўнага органа (як пры кропкавай зварцы аб'ектаў). Але пры гэтым усё роўна неабходныя дзве арыентавальныя ступені рухомасці. Калі ж пры пераносе трэба захоўваць гарызантальную плоскасць (што само сабой атрымлівалася для большасці папярэдніх схем), арыентавальная ступень рухомасці павінна ўводзіцца толькі для кампенсавання змен вугла пампавання. У больш складаных умовах працуюць два прывады: вылучэння рукі і пампавання. На іх уздзеіваюць сіла цяжару і яе момант. Дакладнае ўраўнаважванне для гэтых ступеняў рухомасці практычна немагчыма. Механізм пампавання ўраўнаважваецца для некаторага сярэдняга становішча часцей за ўсё шляхам пераразмеркавання мас. Звычайна ПР з такой схемай усталяўваюцца на падлогу, аднак у тых выпадках, калі некалькі аднатыпных ПР павінны выконваць аперацыі адначасова (напрыклад, зварваючы карпусы ў розных пунктах), некаторыя з іх часам усталяўваюцца на элементах спецыяльных канструкцый, па баках і зверху. Дакладнасць ПР з такой схемай звычайна невысокая.



Мал. 16. Схема з адной паступальнай і дзвюма вярчальнымі парамі

У апошнія гады значная колькасць маніпулятараў будуюцца па схеме $1Vz2Vz3Px$ (мал. 17, а), у якой восі ўсіх трох пар паралельныя. Гэтая схема мае шмат агульнага са схемай $1Vz2Px3Pz$, з той толькі розніцай, што рука з'яўляецца не высоўнай, а складанай. Можна

таксама прадставіць гэтую схему як вынік дабаўлення да схемы на мал. 11 з двума ступенямі рухомасці трэцяй – паступальнай ступені рухомасці з воссю z .



Мал. 17. Схемы $1V_z2V_z3P_x$ і $1P_z2V_z3V_z$

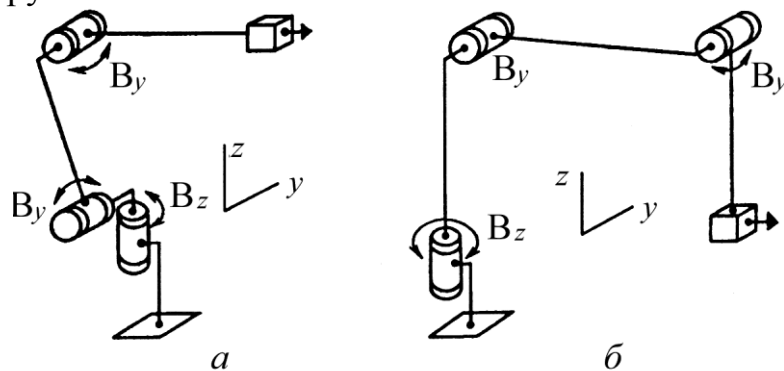
a – схема $1V_z2V_z3P_x$, b – схема $1P_z2V_z3V_z$

Звычайна ход вертыкальнага перасоўвання малы, і працоўная зона з'яўляецца плоскай. Вартасці схемы выяўляюцца ў тых выпадках, калі пры пераносе аб'екта неабходна захоўваць нязменным вертыкальнае становішча яго восі. Прамысловыя роботы з маніпулятарамі, выкананымі па такой схеме, выпускаюцца зборачнымі. Дзякуючы спецыяльным канструктыўным рашэнням канструкцыя можа быць досыць цвёрдай, высокая дакладнасць забяспечваецца за кошт высокадакладных датчыкаў сачыльных электрычных прывадаў. Вельмі блізкай па магчымасцях з'яўляецца схема $1P_z2V_z3V_z$, у якой паступальная кінематычная пара з'яўляецца першай (мал. 17, b). Аднак калі найболей адказным з'яўляецца вертыкальны рух (як, напрыклад, пры зборцы вала і ўтулкі з вертыкальнай воссю), то пажадана, каб рухомая маса пры вертыкальным руху была як мага меншай. Менавіта так і атрымліваецца ў схеме на мал. 17, a .

Прамысловыя роботы, у якіх схемы маніпулятараў маюць усё тры вярчальныя кінематычныя пары, часам завуць антрапаморфнымі (маецца на ўвазе аналогія з чалавечай рукой, у якой суставы ўяўляюць сабой шарніры). Найболей распаўсюджанай з'яўляецца схема $1V_z2V_u3V_u$ (мал. 18, a , b). Сістэма каардынат, у якой працуе маніпулятар з такой схемай, часта завецца вуглавай або ангулярнай. Такая схема выкарыстоўваецца як для тэхналагічных ПР, прызначаных для афарбоўкі і зваркі, так і для дапаможных ПР. У прывадах звычайна выкарыстоўваюцца вярчальныя электрарухавікі з

рэдуктарамі. Часта па ўсіх ступенях рухомасці прывады аднолькавыя, што зручна пры абслугоўванні і рамонце.

Прамысловыя роботы з такой схемай бываюць падлогавымі і падвеснымі. Іх вонкавы выгляд істотна залежыць ад выбару даўжынь звёнаў і тыпавых працоўных канфігурацый. Варыянт схемы, намалёванай на мал. 18, а, калі становішча апошняга звяна блізка да гарызантальнага, падобны са схемай з высоўнай рукой, менавіта ён часцей выкарыстоўваецца ва ўніверсальных ПР. Варыянт схемы з гарызантальным сярэднім звяном (мал. 18, б) тыповы для фарбавальных ПР. Схема дазваляе атрымліваць найлягчэйшыя канструкцыі маніпулятараў, але дакладнасць такіх ПР невялікая. Складанасць геаметрычных суадносін для ангулярнай сістэмы каардынат звычайна не мае значэння, паколькі для тэхналагічных ПР такога тыпу праграмаванне ажыццяўляецца «навучаннем». Як і для маніпулятараў з высоўнай рукой, якая вагаецца, не захоўваецца арыентацыя рабочага органа. Прывады ступеняў рухомасці знаходзяцца ў істотна розных умовах. Рухавік павароту вакол вертыкальнай восі (як і ў шматлікіх іншых схемах, ён з'яўляецца першым) не нагружаны сіламі цяжару, па дзвюх іншых ступенях рухомасці мэтазгодная разгрузка, звычайна яна выконваецца з дапамогай спружын.



Мал. 18. Схемы з трыма вярчальнымі кінематычнымі парамі
 а – схема са становішчам апошняга звяна, блізікім да гарызантальнага,
 б – схема з гарызантальным сярэднім звяном

Аб ступені распаўсюджанасці розных схем можна меркаваць па каталогах. Па дзвюх схемах – $1Pz2Vz3Px$ і $1Vz2Pz3Px$ (абедзве адпавядаюць цыліндрычнай сістэме каардынат) – выпускаюцца каля 75% вырабляемых прамысловых роботаў. Калі да гэтых схем дадаць

яшчэ чатыры ($1P_2P_3P_x$, $1P_2B_3P_z$, $1B_z2B_y3P_x$, $1B_z2B_y3B_y$), то ўсе разам яны складаць каля 95%.

Заданне

Для дадзеных тыпаў маніпулятараў, прыведзеных у табліцы 4

- 1) прывесці і апісаць кінематычную схему;
- 2) падабраць тыпавыя вобласці ўжывання;
- 3) параўнаць вартасці і недахопы.

Табліца 4

Зыходныя даныя для задання

Варыянт	Тып маніпулятара
1	а) маніпулятар з дзвума паступальнымі і адной вярчальнай парамі б) маніпулятар з дзвума паступальнымі кінематычнымі парамі (восі якіх вертыкальныя) з дзвума процівагамі
2	а) маніпулятар з дзвума вярчальнымі парамі з паралельнымі восямі б) маніпулятар з адной паступальнай і дзвума вярчальнымі кінематычнымі парамі
3	а) маніпулятар з трыма вярчальнымі кінематычнымі парамі б) маніпулятар, устаноўлены на станінах станкоў, з дзвума паступальнымі і адной вярчальнай парамі
4	а) маніпулятар, які спалучае паступальную і вярчальную кінематычныя пары ў адным вузле б) маніпулятар з трыма паступальнымі кінематычнымі парамі
5	а) маніпулятар падвесны з трыма паступальнымі кінематычнымі парамі б) маніпулятар з дзвума паступальнымі кінематычнымі парамі, восі якіх гарызантальныя
6	а) маніпулятар з адной паступальнай і двума вярчальнымі кінематычнымі парамі, восі якіх паралельныя б) маніпулятар з дзвума паступальнымі кінематычнымі парамі, восі якіх вертыкальныя з процівагай
7	а) маніпулятар з дзвума паступальнымі і адной вярчальнай парамі б) маніпулятар падлогавага тыпу з трыма паступальнымі кінематычнымі парамі
8	а) маніпулятар з разнесенымі па вертыкалі накіравальнымі (з рэйкавым шляхам у вертыкальнай плоскасці) з трыма паступальнымі кінематычнымі парамі б) маніпулятар з адной двухпорнай паступальнай і адной ураўнаважанай вярчальнай кінематычнымі парамі

9	а) маніпулятар (з высоўнай рукой) з дзвума паступальнымі і адной вярчальнай парамі б) маніпулятар з дзвума паступальнымі кінематычнымі парамі, восі якіх гарызантальныя з заменай кансоляў дзвухапорнымі элементамі
10	а) маніпулятар з адной паступальнай, якая з'яўляецца першай, і дзвума вярчальнымі кінематычнымі парамі б) маніпулятар з дзвума вярчальнымі парамі з раўналежнымі восямі з падвышанай цвёрдасцю шляхам разнясення падшыпнікаў па восі z.

Змест справаздачы

Справаздача павінна змяшчаць кінематычную схему прамысловага робата у графічным і формульным выразе з апісаннем работы робата.

Лабараторная работа № 5.

АПІСАННЕ УЗАЕМАДЗЕЙНАСЦІ ЧАЛАВЕКА-АПЕРАТАРА І МАШЫНЫ.

Мэта работы: азнаёміцца з асаблівасцямі прынцыпамі складання тыповых схем аўтаматычнага кіравання канвеернымі лініямі.

Тэарэтычныя звесткі.

Чалавек-аператар у рамках сістэмы «чалавек – машына» узаемадзейнічае з прадметам працы, машынай і знешнім асяроддзем праз інфармацыйную мадэль і органы кіравання. У АСК транспартна-складскімі комплексамі любыя змены ў стане аб'екта кіравання фіксуюць прылады кантролю. Пасля адпаведнай апрацоўкі інфармацыя прад'яўляецца чалавеку-аператару з дапамогай сродкаў адлюстравання, прычым аператар сваімі органамі пачуццяў успрымае не непасрэднымі стан аб'екта кіравання, а толькі яго інфармацыйнае адлюстраванне, або інфармацыйную мадэль, якую ён параўноўвае з некаторым эталонам, які захоўваецца ў памяці, і выпрацоўвае стратэгію паводзін – прымае рашэнне. Гэтае рашэнне гэта ён рэалізуе органамі руху або моваю, у выніку чаго дадзены стан аб'екта кіравання пераўтвараецца ў неабходны.

Такім чынам, мэтанакіраваная дзейнасць чалавека-аператара заснавана на пастаянным прыёме і аналізе інфармацыі з дапамогай аналізатараў – падсістэм цэнтральнай нервовай сістэмы чалавека. Інфармацыя, якая паступае праз аналізатары, завецца сэнсарнай, а

працэс яе прыёму і першаснай перапрацоўкі – сэнсарным успрыманнем. У залежнасці ад спецыфікі прымаемых сігналаў адрозніваюць аналізатары: знешнія – зрокавы (рэцэптар вока), акустычны (рэцэптар вуха), тактыльны, болевы і тэмпературны (рэцэптар скура), нюхальны і смакавы; унутраныя (аналізатар ціску), кінестатычны (рэцэптары цягліц і сухажылляў), вестыбулярны і іншыя.

Чалавек-аператар, які выконвае ролю асноўнага кіраўніка АСУ транспартна-складскога комплексу, каля 90% інфармацыі атрымлівае праз зрокавы аналізатар, да асноўных характарыстак якога ставяцца вуглавы памер малюнка, які назіраецца (вугал паміж двума прамянямі, накіраванымі ад вачэй назіральніка да крайніх кропак малюнка), узровень адаптуючай яркасці (узровень, да якога прыстасаванае вока чалавека), крытычная частата мільгання (частата з'яўлення светлага сігнала, якую вока яшчэ здольна адрозніваць), час інэрцыі вока (час, на працягу якога захоўваецца ўздзеянне святла на сятчатку пасля фактычнага завяршэння гэтага ўздзеяння), затрымка ўспрымання светлавых сігналаў. Затрымка гэтая залежыць ад энергіі сігналаў, якая прапарцыянальная асветленасці аб'екта, што назіраецца:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{пз}} \left\{ 1 + \left[\frac{1}{1 + K \lg\left(\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{вн}}} + 1\right)} \right]^2 \right\},$$

дзе $t_{\text{пз}}$ – час перцептыўной затрымкі:

$$t_{\text{пз}} = \frac{[d - (1 - \alpha\rho)/n][1 - (\alpha\rho)/n]}{(d + 1)\alpha^2\rho},$$

K – каэфіцыент, значэнне якога эксперыментальна ўстаноўлена роўным 0,85;

$E_{\text{в}}$ – асветленасць успрымальнага аб'екта, лк;

$E_{\text{вн}}$ – парогавое значэнне асветленасці, якое забяспечвае правільнае ўспрыманне відарыса аб'екта, лк;

d – лік раўнаімавернасці альтэрнатыўных сігналаў;

n – колькасць нейронных эталонаў назіраемых аб'ектаў, параўноўваемых з паступіўшымі сігналамі;

$\alpha = 10\text{Гц}$ і $\rho = 0,01\text{с}$ – частотныя характарыстыкі электраэнцэфаграмы чалавека.

Колькасць успрыманай зрокавым аналізатарам інфармацыі (біт) і яго прапускную здольнасць вызначаюць адпаведна па формулах:

$$N_{\text{за}} = m \log_2 \frac{l_{\text{эф}}}{\Delta l_{\text{эф}}},$$

$$G_{\text{за}} = \frac{N_{\text{за}}}{t_{\text{э}} - t_{\text{в}}},$$

дзе m – колькасць аднатыпных прыбораў ці аб'ектаў, за якімі чалавек назірае адначасова (вагонаў у саставе, кантэйнераў у вагоне і г. д.);

$l_{\text{эф}}$ – эфектыўная даўжыня шкалы прыбора (індыкатар масы груза на таварных вагах);

$\Delta l_{\text{эф}}$ – хібнасць, дапушчальная чалавекам пры чытанні паказанняў прыбора ў межах эфектыўнай даўжыні шкалы;

$t_{\text{э}}$ і $t_{\text{в}}$ – час адпаведна экспазіцыі і ўспрымання счытаемых паказанняў прыбора.

Важны паказчык зрокавага аналізатара – аб'ём успрымання, вызначаны колькасцю аб'ектаў назірання, якія можа ахапіць чалавек на працягу адной зрокавай фіксацыі. Пры прад'яўленні яму не звязаных паміж сабой аб'ектаў назірання аб'ём успрымання складае звычайна ад 4 да 8 элементаў. Вялікую ролю падчас зрокавага ўспрымання іграюць рухі вачэй: пошукавыя (усталявальныя) і пазнавальныя. З дапамогай пошукавых рухаў адшукваецца зададзены аб'ект назірання, вока ўсталёўваецца ў зыходную пазіцыю, і затым гэтая пазіцыя карэктуюцца. Працягласць пошукавых рухаў пры нармальных умовах дзейнасці вызначаецца вуглом, на які перамяшчаецца погляд. Пры гэтым час перасоўвання погляду

$$t_{\text{п}} = 0,25 + 0,004\theta_{\text{п}},$$

дзе $\theta_{\text{п}}$ – вугал перамяшчэння позірку, град

Да пазнавальных адносяцца рухі, якія ўдзельнічаюць у абследаванні аб'екта назірання, яго апазнанні і адрозніванні асобных элементаў малюнка, напрыклад, пры азначэнні тыпу вагона, яго нумара і г. д. Агульны час фіксацыі вока (калі ён нерухомы і погляд пільна накіраваны на аб'ект) складае 90–95% агульнага часу зрокавага ўспрымання і ў залежнасці ад умоў змяняецца ў межах 0,25–0,65 с. Неабходна адзначыць, што чалавек заўважае сігналы толькі тады, калі іх параметры перавышаюць парогі адчувальнасці вока. Абсалютным парогам светлавой адчувальнасці служыць мінімальна выяўляемая яркасць сігнала 9,571–9,971 кд/м². Інерцыя роўная 0,1–0,2 с для цэнтральнага і 0,1–0,32 с для перыферыянага зроку.

Асноўныя колькасныя характарыстыкі акустычнага аналізатара - абсалютны і дыферэнцыяльны парогі. Ніжні абсалютны парог адпавядае інтэнсіўнасці гуку ў дэцыбелах, выяўляемага чалавекам з верагоднасцю 0,5, а верхні парог – інтэнсіўнасці гуку, пры якой узнікаюць болевыя адчуванні. Паміж імі размешчана вобласць успрымання. Адносная велічыня дыферэнцыяльнага парога (мінімальнае рознасць інтэнсіўнасці двух сігналаў, якую здольны распазнаваць аналізатар) для гукаў, якія адпавядаюць інтэрвалу частот 200–16 000 Гц, прыкладна 0,002.

Успрыманне інфармацыі і рух чалавека звязаныя праз сэнсаматорныя рэакцыі. У рэальнай дзейнасці аператара ў АСК транспартна-складскога комплексу найболей характэрныя так званыя складаныя рэакцыі, у якіх дзейнае залежыць ад выгляду і характару сігнала, які паступіў. Час рухальнай рэакцыі ў чалавека-аператара, які працуе, у прыватнасці, за пультам кіравання пад'ёмна-транспартнай машыны, у агульным выпадку вызначаецца суадносінамі

$$\tau_{\text{дв}} = a + b \log_2 \frac{2R}{B} = a + b\mu,$$

дзе $a = 0,07\text{с}$, $b = 0,074\text{с}$ – канстанты,

R – адлегласць, на якую перамяшчаецца рука, см;

B – шырыня органа кіравання на пульце, см;

μ – комплексны каэфіцыент цяжкасці выкананай работы.

Пры іншых роўных умовах час матарнай рэакцыі залежыць ад хуткасці руху аб'екта назірання (вагона, крана-штабелёра і г. д.) і натрэніраванасці чалавека-аператара. Гэтая залежнасць можа быць прадстаўленая суадносінамі

$$\tau_{\text{р.м}} = c \lg v_0 + d,$$

дзе v_0 – хуткасць руху аб'екта ($2,5\text{мм/с} \leq v_0 \leq 50\text{мм/с}$);

$$c = 0,073(1 + 0,094n - 0,00052n^2),$$

$$d = 0,015(1,6 + 0,15n - 0,001n^2),$$

n – лік трэніровак, $1 \leq n \leq 50$.

Дыяпазон хуткасцяў руху рук у большасці вытворчых аперацый знаходзіцца ў межах ад 5 да 800 см/с. Часавыя характарыстыкі сэнсаматорных рэакцый (латэнтны перыяд) на такія раздражняльнікі, як святло, гук, дакрананне, цёпла-халад, складаюць адпаведна 0,15–0,22; 0,12–0,18; 0,09–0,22; 0,31–0,39 с.

Разгледзім зараз такія характарыстыкі чалавека-аператара, як прапускная здольнасць, інтэгральны паказчык якасці працы і

надзейнасць, якія істотныя для яго працы ў транспартна-складскім комплексе. У агульным выпадку прапускная здольнасць чалавека-аператара – функцыя тыпу развязальнай ім задачы, ступені ўдзелу яго ў працы сістэмы, аб'ёму вывадзімай інфармацыі, даўжыні выкарыстоўваемага алфавіту (колькасці знакаў, прад'яўляных чалавеку падчас функцыянаванняў сістэмы), памераў знакаў і г. д. Напрыклад, прапускная здольнасць для счытвання інфармацыі з першасных грузавых дакументаў пры роўнаверагодным законе паступлення знакаў

$$g = \frac{m \log_2 A}{T},$$

дзе T – час адлюстравання інфармацыі;

m – колькасць правільна апазнаных сімвалаў;

A – даўжыня алфавіту.

Аптымальная хуткасць прыёму і перапрацоўкі інфармацыі, успрыманай усімі відамі рэцэптараў і аналізатараў чалавека, роўная 0,1–5,5 біт/с. Памяншэнне частаты паступлення інфармацыі зніжае актыўнасць чалавека-аператара, а павелічэнне памяншае хуткасці яе прыёму і перапрацоўкі. Сярэдняя працягласць (с) зрокавай фіксацыі інфармацыі розных задач наступная:

пошук умоўных знакаў – 0,3;

пошук літарна-лічбавых фармуляраў – 0,31;

азнаямленне з сітуацыяй, пазначанай умоўнымі знакамі – 0,64;

выяўленне змен у знаёмай сітуацыі, пазначанай умоўнымі знакамі – 0,55;

колькасць умоўных знакаў – 0,52;

фіксацыя загарання або патухання індикатара – 0,28.

Карэляцыйная залежнасць, характарызуючая час парадкавання аператарам назіраных аб'ектаў і колькасць гэтых аб'ектаў, наступная:

$$t_y(xy) = 0,174xy - 0,056x - 0,28y + 1,$$

дзе x – колькасць аб'ектаў назірання (грузавыя месцы, транспартныя сродкі і інш.)

y – колькасць кантраліруемых параметраў аб'ектаў (нумары вагонаў, кантэйнераў і інш.)

Для апісання якасці дзейнасці чалавека-аператара мэтазгодна выкарыстаць некаторы крытэрыі, які ўлічвае як дакладнасць, так і своечасовасць рашэння задачы, у прыватнасці інтэгральны паказчык якасці працы:

$$\eta_n = \frac{\sum_{i=1}^{K_1} X_i^{(1)} k_i^{(1)}}{K_1} + \frac{\sum_{j=1}^{K_2} [M_j^{(2)} + 3\sigma_j^{(2)}] k_j^{(2)}}{K_2},$$

дзе K_1 – колькасць асноўных параметраў, якія вызначаюць дакладнасць кіравання;

K_2 – колькасць асноўных параметраў, якія вызначаюць часовыя характарыстыкі дзейнасці чалавека-аператара;

$X_i^{(1)}$ – момантныя адхіленні асноўных часовых параметраў кіруемага транспартна-складскога комплексу;

$M_j^{(2)}$ і $\sigma_j^{(2)}$ – статыстычныя паказальнікі, што адлюстроўваюць адхіленні дакладных параметраў ад зададзеных лічбаў і іх інварыянтнасць;

$k_i^{(1)}$ і $k_j^{(2)}$ – каэфіцыенты, якія адпавядаюць зададзеным дакладным і часовым параметрам АСК транспартна-складскога комплексу.

Надзейнасць чалавека-аператара вызначаецца яго здольнасцю захоўваць зададзеную эфектыўнасць працы пры ўскладненні навакольнага становішча і характарызуецца беспамылковасцю, гатоўнасцю, аднаўляемасцю і своєчасасцю дзеянняў. Асноўны паказчык бясхібнасці – верагоднасць беспамылковай працы на ўзроўні як асобнага дзеяння, так і дзейнасці ў цэлым. Каэфіцыент гатоўнасці ўяўляе сабой верагоднасць уключэння чалавека-аператара ў працу ў любы адвольны момант часу:

$$k_{г.ч-а} = 1 - T_0 / T,$$

дзе T_0 – час, на працягу якога чалавек-аператар па розных прычынах не можа прыняць паступіўшую да яго інфармацыю;

T – агульны час работы чалавека-аператара.

У якасці аднаўляемасці звычайна выкарыстаюць верагоднасць выпраўлення аператарам дапушчанага памылкі:

$$P_{вып} = P_K P_{вызн} P_{выпр},$$

дзе p_K – верагоднасць выдачы сігналу схемай кантролю;

$p_{вызн}$ – верагоднасць вызначэння аператарам гэтага сігналу;

$p_{выпр}$ – верагоднасць выпраўлення памылкі пры паўторным выкананні дзеяння.

Паказчык своєчасасці – верагоднасць выканання аператарам задачы на працягу часу, якое не перавышае некаторага свайго дапушчальнага значэння. Надзейнасць чалавека-аператара транспартна-

складской сістэмы не пастаянная велічыня, а змяняецца з цягам часу. Гэта абумоўленае як зменай умоў дзейнасці, так і ваганнямі чалавека.

Неабходна адзначыць таксама ўплыў на паказчыкі дзейнасці чалавека-аператара АСУ транспартна-складской сістэмы такіх фактараў знешняга асяроддзя, як тэмпература, ціск і вільготнасць навакольнага паветра, асветленасць працоўнага месца, шумы, вібрацыя і інш. Да асноўных фактараў, якія ствараюць дыскамфортныя ўмовы і адмоўна ўплываюць на працаздольнасць чалавека, можна аднесці павышаную або паніжаную тэмпературу паветра, высокую вільготнасць і інтэнсіўны рух паветра. Для большасці людзей камфортнымі лічацца тэмпература навакольнага асяроддзя прыкладна 20–22 °С, вільготнасць у межах 30–60% і хуткасць руху паветра не больш 0,2 м/с.

Заданне

Разлічыць параметры аператара, у якасці зыходных даных да формул ўзяць параметры шчытоў аўтаматызацыі па указанню выкладчыка, на якім студэнт павінен разлічыць час спазнення, а фізіялагічныя параметры аператара узяць па характарыстыкам самога студэнта.

Змест справаздачы

Справаздача павінна змяшчаць праграму, вынікі разлікаў і аналіз для узаемадзейнасці паміж аператарам і сістэмай кіравання.

ЛІТАРАТУРА

1. Пижурин, А. А. Электрооборудование и энергоснабжение лесопромышленных и д/о предприятий: учеб. / А. А. Пижурин. – М.: Лесная промышленность, 1987. – с.
2. Ползик, П. В. Автоматика и автоматизация производственных процессов д/о предприятий: учеб. / П. В. Ползик, Л. Г. Молчанов, В. К. Вороницын — М.: Лесная промышленность, 1987. – с.
3. Петровский, В. С. Автоматика и автоматизация производственных процессов: учеб. / В. С. Петровский, В. В. Харитонов — М.: Лесная промышленность, 1984. – 472 с.
4. Палагин, В. А. Автоматика и автоматизация производственных процессов д/о: учеб. / В. А. Палагин, В. А. Дорошенко, Л. В. Леонов.— М.: Экология, 1993. – с.

5. Коршунов, Ю.Д. Электрооборудование и электропривод промышленных установок: учеб. / Ю. Д. Коршунов, В. А. Елисеев, Л. А. Ильяшенко. — М.: Высшая школа, 1979. —
6. Сафонов, Ю. Д. Электроприводы промышленных роботов: учеб. / Ю. М. Сафонов.— М.: Энергоатомиздат, 1990. — с.
7. Федосеев, В. Н. Приборы и устройства безопасности грузоподъемных машин: справочник / В. Н. Федосеев. — М.: Машиностроение, 1990. — с.
8. Лапкин, Ю П. Автоматизация конвейерных установок: учеб. пособие / Ю. П. Лапкин. — Л.: СЗПИ, 1977. — с.
9. Лапкин, Ю. П. Автоматизация подъемно-транспортных машин периодического действия: учеб. Пособие / Ю. П. Лапкин. — Л.: СЗПИ, 1978 — с.
10. Сушинский, В. А. Приборы безопасности грузоподъемных кранов. Ч. 1/ В. А. Сушинский, Д. М. Маш, Д. А. Шишков. — М.: Центр учебных и информационных технологий, 1996. — с.

ЗМЕСТ

УВОДЗІНЫ	3
Лабараторная работа № 1. Прынцыпы функцыяніравання сродкаў механізацыі.	4
Лабараторная работа № 2. Складанне прынцыповых схем сістэм аўтаматычнага кіравання	7
Лабараторная работа №3. Пабудова сістэмы кіравання канвеернымі лініямі	12
Лабараторная работа №4. Вывучэнне структурных і кінематычных схем маніпулятараў прамысловых робатаў	21
Лабараторная работа №5. Апісанне узаемадзеянасці чалавека-аператара і машын	40
ЛІТАРАТУРА	46

**АЎТАМАТЫЗАЦЫЯ СРОДКАЎ
МЕХАНІЗАЦЫІ І РОБАТАТЭХНІКІ**

Складальнікі: Карповіч Дзмітрый Сямёнавіч
Барашка Алег Георгіевіч
Кузьміцкі Іосіф Феліцыянавіч

Рэдактар

Падпісана да друку . Фармат 60×84 1/16
Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Друк афсетны.
Ум. друк. арк. 3,0 . Ум.-выд. арк. 2,5
Тыраж 55 экз. Заказ

Установа адукацыі «Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».
220050. Мінск, Свядлова, 13а.
Ліцэнзія ЛІ №02330/0133255 ад 30.04.04.

Аддрукавана ў лабараторыі паліграфіі ўстановы адукацыі «Беларускі
дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».
220050. Мінск, Свядлова, 13