ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043) Қолжазба құқығында

Дүйсенбек Әсел Нұрғалиқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы	Полиграфиялық автоматты машиналардың механизмдерінде параллель манипулятордың кинематикалық талдауы
Дайындау бағыты	6М072200 – Полиграфия

Ғылыми жетекші,
хим. ғыл. канд., ассоц. профессор
_____ Ибраева Ж.Е.
«_____» _____ 2019 ж.

Пікір беруші,
хим. ғыл. канд., доцент
_____ Джумекеева А.И.
«_____» _____ 2019 ж.

Норма бақылаушы,
лектор
_____ Толыбаева Ж.Ж.
«31» 05 2019 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Көлік техникасы
кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. д-ры, профессор
_____ С.А. Машеков
«31» 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

А. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Көлік техника» кафедрасы

6М072200 – Полиграфия

БЕКІТЕМІН
Көлік техника
кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.д-ры, профессор
_____ С.А. Машеков
«_3_» _11_ 2017 ж.

Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА

Магистрант *Дүйсенбек Әсел Нұрғалиқызы*
Тақырыбы: *Полиграфиялық автоматты машиналардың механизмдерінде параллель манипуляторлардың кинематикалық талдау*
Университет Ректорының *2017 жылғы "30" қазан №1596-м* бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *2019 жылғы "28"маусым*
Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері:

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі
а) Полиграфиялық тигельді баспа автоматты машиналарына патенттік ізденіс пен әдебиеттік шолу жасау
б Топсалы-цінтіректі параллельді манипуляторлардың механизміне кинематикалық талдау жасау
в) Топсалы-цінтіректі механизміне кинематикалық талдау жүргізу үшін теңдеулерді алу және оны MS Excel-мен Visual Basic бойынша нәтиже алу
г) SolidWorks бағдарламасымен механизмнің кинематикалық параметрлерінің сандық деректерін салыстырмалы зерттеу
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): ___ слайдта диссертация презентациясы
Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov, et. al. Parallel Manipulator of a Class Robomech. Mechanism and Mashine Sciences. Springer, 2016, pp. 547-557.

Магистрлік диссертация дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдебиеттерге шолу	15 мамыр 2018 жыл	
Параллель құрылымды манипуляторларды дамыту	15 қаңтар 2019 жыл	
Зерттеу бөлімі	20 сәуір 2019 жыл	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	**Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қойылған күні**	**Қолы**
Әдебиеттік шолу	хим.ғыл.канд., ассоц. профессор Ибраева Ж.Е.	15.05.2018	
Параллель құрылымды манипуляторлар ды дамыту	хим.ғыл.канд., ассоц. профессор Ибраева Ж.Е.	15.01.2019	
Зерттеу бөлімі	хим.ғыл.канд., ассоц. профессор Ибраева Ж.Е.	20.04.2019	
Норма бақылаушы	лектор, Толыбаева Ж.Ж.	31.05.19	

Ғылыми жетекші Ибраева Ж.Е. _____

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Дүйсенбек Ә.Н. _____

Күні «3» 11 2017ж.

АҢДАТПА

Магистрлік жұмыс тигельді баспа автоматты машиналарын параллельді манипулятормен автоматтандыуға арналған, сондай-ақ машиналар мен механизмдер теориясы бойынша кинематикалық талдау жасалған.

Қазіргі таңда, тигельді пресстің мүмкіндіктері басып шығару, кесу, қаптау, белгілі бір қалыңдықтағы, тығыздықтағы пластмасс, картон және қағаздарды басып шығаруда өзектілігін жоғалтқан жоқ. Артықшылығы болғанымен, оны автоматтандыру керек. Осы мақсатта екі жұмысшы органы бар параллельді құрылымның манипуляторы ретінде тасымалдаушы құралы қолданылады. Бұл басқару жетектерінің санын азайту арқылы бақылау жүйесін жеңілдетуге, сонымен қатар сенімділікті және өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді, нәтижесінде өнімнің өзіндік құнын төмендетеді.

Параллельді манипуляторларды блок-блоктарды өңдеу құрылғылары, корпусты дайындау, желімдеу, дөңгелек-ламинаттау, тігу, жазық баспа машиналар сияқты механизмдерге енгізу мүмкіндігі зор.

Полиграфиялық тигельді баспа автоматты машиналарына патенттік ізденіс пен әдебиеттік шолу жасалды. Топсалы-иінтіректі параллельді манипулятордың механизміне кинематикалық талдау жасалды. Топсалы-иінтіректі механизміне кинематикалық талдау жүргізу үшін теңдеулерді алу және оны MS Excel-мен Visual Basic бойынша нәтиже алынды SolidWorks бағдарламасымен механизмнің кинематикалық параметрлерінің сандық деректерін салыстырмалы зерттеу жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация посвящена кинематическому анализу параллельного манипулятора бумаги в тигельном печатном прессе-автомате. В предложенном исследовании используются методы теории механизмов и машин, а также решается задача автоматизации тигельного пресса с помощью внедрения самопадающего шарнирно-рычажного механизма с двумя рабочими органами. Для этих нужд ведущие производители полиграфического оборудования успешно используют параллельные манипуляторы с двумя рабочими органами в составе с тигельными прессами. К оборудованию предъявляются требования компактности, надежности, автоматизации. Поскольку в современном полиграфическом производстве нет общего решения данного вопроса, то проблема является актуальной. На сегодняшний день тигельные пресса нашли свое применение в следующих операциях печати, высечки, биговки, конгревного и блинтового тиснения изделий из бумаги, картона или пластика имеющие значительную толщину и плотность, для обработки которых нужна сила тигельного пресса.

Введены уравнения для исследования кинематики, составлена программа в MS EXCEL на языке Visual Basic. Проведено сравнительное исследование результатов с использованием программы SolidWorks.

ANNOTATION

Master's thesis is devoted to the kinematic analysis of a parallel manipulator of paper in a platen printing press machine. The proposed study uses the methods of the theory of mechanisms and machines, and also solves the problem of automating the platen press by introducing a feeder hinge-lever mechanism with two end-effectors. To which the requirements of compactness, reliability, automation. Since in modern printing production there is no general solution to this issue, the problem is relevant. The introduction of the feeder into the mechanical design of the platen press by leading manufacturers is platen out at the production stage of the presses themselves and the general scheme is a mechanism with a constant steady motion. Today, platen presses have found their application in the following operations of printing, cutting, creasing, hot stamping and blind embossing of paper, cardboard or plastic products having a considerable thickness and density. Equations for the study of kinematics were introduced, a program was developed in MS EXCEL in Visual Basic. The results were modeled using the SolidWorks software.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Әдебиеттерге шолу 10
1.1 Манипуляторлардың көмегімен қағазды беруде тигельді баспа машиналарын заманауи автоматтандыру 10
1.2 Полиграфиялық автомат-машиналарға патенттік анализ жасау 19
2 Параллель құрылымды манипуляторларды дамыту 22
2.1 Екі көмекші органы бар параллельді манипулятордың кинематикасын зерттеу 22
2.2 Екі көмекші органы бар манипулятор 26
2.3 Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың кинематикасына анализ жасау 27
2.4 Бір қозғалтқышты V класстың екі көмекші органы бар параллельді манипуляторының кинематикалық талдауының сандық үлгілері 49
3 Зерттеу бөлімі 51
3.1 Сызықты алгебралық тепе-теңдік жүйелерін шешу 51
3.2 SolidWorks бағдарламасында жұмыс органдарының жылдамдықтары мен үдеулерінің сандық деректерін салыстырмалы зерттеу 53
Қорытынды 54
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 55

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда, тигельді пресстің мүмкіндіктері басып шығару, кесу, қаптау, белгілі бір қалыңдықтағы, тығыздықтағы пластмасс, картон және қағаздарды басып шығаруда өзектілігін жоғалтқан жоқ. Артықшылығы болғанымен, оны автоматтандыру керек. Осы мақсатта екі жұмысшы органы бар параллельді құрылымның манипуляторы ретінде тасымалдаушы құралы қолданылады. Бұл басқару жетектерінің санын азайту арқылы бақылау жүйесін жеңілдетуге, сонымен қатар сенімділікті және өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді, нәтижесінде өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Механизмнің жылдамдығын ұлғайту барысында механикалық мәселелерде бұл дәлдікті төмендететінін ескерген жөн. Егер атқарушы органдардың жұмыс органдарының орналасуының нақтылығы бұзылса, бұл өнім сапасының нашарлауына әкеледі. Машинаның сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін айтарлықтай төмендетеді.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты жұмысшы органдар мен жылжымалы буындардың топсаларының жылдамдығы мен үдеулерін анықтай отырып, кинематикалық талдау жасау және динамикалық талдау жүргізіп, параллельді манипуляторларды жобалауды полиграфиялық өндіріс саласының қажеттіліктері үшін жетілдіру.

Диссертациялық жұмыстың міндеті параллель манипулятордың кинематикалық сипаттамаларын бірнеше жұмыс органымен, яғни бұрыштық жылдамдықтардың аналогтарын, жылдамдықтардың аналогтарын, үдеулер аналогтарын, бұрыштық үдеу аналогтарын баспа машиналарына қағазды беру үрдісін автоматтандыру болып табылады. Зерттеудің өзектілігі шағын және орта баспа өнімдерін өндіруді автоматтық түрде басып шығаруға талап етіледі.

Параллельді манипуляторларды блок-блоктарды өңдеу құрылғылары, корпусты дайындау, желімдеу, дөңгелек-ламинаттау, тігу, жазық баспа машиналар сияқты механизмдерге енгізу мүмкіндігі зор. Бұл инновациялар мынадай артықшылықтарға ие болады: еңбек өнімділігінің артуы, себебі ол технологиялық жабдықты жылына 3-4 ауысымда және 365 күнде пайдалануға мүмкіндік береді; өндірістік шығындарды азайту және бәсекеге қабілеттілігін арттырады; өтелімді өтеу мерзімін қысқартады.

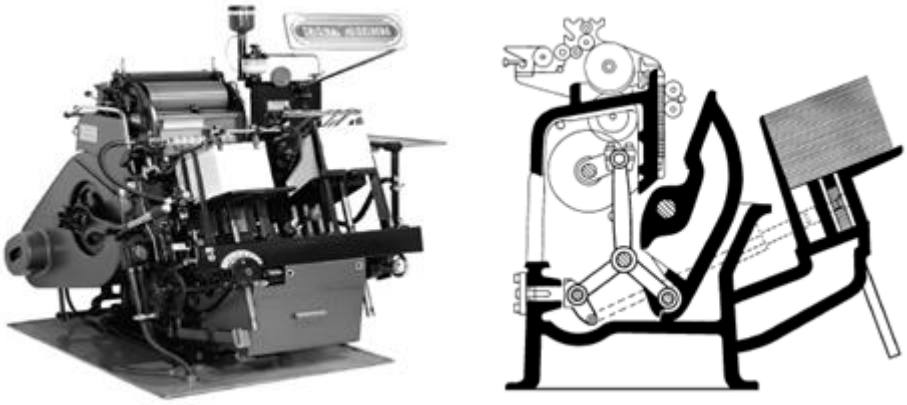
1 Әдебиеттерге шолу

1.1 Манипуляторлардың көмегімен қағазды беруде тигельді баспа машиналарын заманауи автоматтандыру

Қазіргі таңда, тигельді пресстің мүмкіндіктері басып шығару, кесу, қаптау, белгілі бір қалыңдықтағы, тығыздықтағы пластмасс, картон және қағаздарды басып шығаруда өзектілігін жоғалтқан жоқ. Артықшылығы болғанымен, оны автоматтандыру керек.

Аталған мәселе өнеркәсіптік роботтарды қолдану арқылы шешіледі, алайда бұл құрам бөліктерінің жетектері орнықпаған күйде үнемі жеделдетіп және тежесе күштің жұмыс істеу принципіне дұрыс болмайды, ал егер баспа жұмысының жұмыс түріне байланысты сағатына 2000-3000 қағазды орташа жылдамдықпен жұмыс жасайтынын қарасақ, онда жұмыс өнімділігін жоғалтады. Бұл қажеттіліктер үшін жетекші тигельді пресс шығаратын өндірушілер тигельді пресспен құрамдас екі жұмысшы органы бар параллельді манипуляторларды қолданды. Бұл жүйеде манипуляторлар аз уақыт ішінде жасалған парақты пресстен алып, келесі парақты қоюға мүмкіндігі болады. Аталған құрылғы тасымалдаушы құралы деп аталады, енді тигельді пресстің тасымалдаушы құралына тоқталамыз, онда қозғалыс пресстен тасымалдаушы құралына арнайы иінтіректерді пайдала отырып жүзеге асады, жалпы пресс пен тасымалдаушы құралы бір механизм болып табылады. Параллельді манипуляторларды жобалауға мүдделі үлгілерді қарастырамыз.

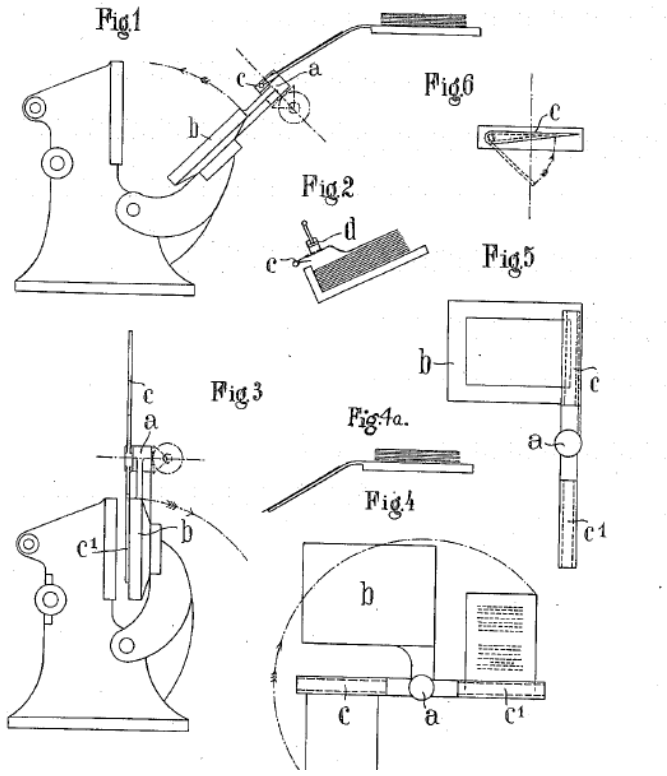
1913 жылы алғаш рет автоматты түрде парақты беретін құралды ойлап тапқан және патенттеген Карл Гильке болды [1], келесі жылдары өнімділігі сағатына 2600 қағаз болатын «Original Heidelberger Tiegel» тигельді машинасының ағымдық өндірісі басталды. 1-суретте тигельді пресстің жұмыс істеу принципі мен жалпы көрінісі көрсетілген.



1 сурет – Оригиналды тигельді пресс Heidelberger Tiegel және оның негізгі жұмыс істеу принципі

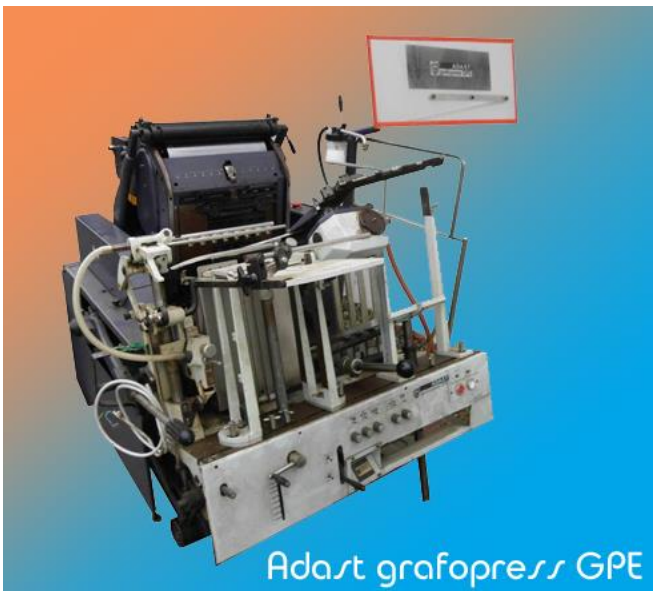
Қағазды беруде екі жақты пропеллерлі ұстағыш пен иінді біліктің қысқыштарының арқасында осындай жылдамдықпен жұмыс істеуге мүмкіндік болды. Осы параметрдің барлығы осы модельді 1914 жылдан 1984 жылға дейін әлемдегі ең танымал баспа машинасы етіп, «Original Heidelberger Tiegel» машинасында 160 000-нан астам тигельді пресс шығарған, ең қызығы, бүгінде олар бұрғылау және бояу сияқты операцияларда қолданылады.

2-суретте инженер Гилькенің патенттеген графикалық сұлба көрсетілген, онда өнертабысының жұмыс істеу принципі түсіндіріледі. Автоматтандыру жүйесінде пропеллерлі ұстағыш тұрады, ол айналған кезде қағаздарды үстіңгі үстелден пресске және артқа жылжытады, бірақ сорғыш болмаса үстелден таза парақты көтере алмаймыз, парақтар бір уақытта алынып, қайтарылады. Пропеллер 90 градусқа дейін айналады және басып шығару кезінде бір жағынан қағаз парағын ұстайды, ұстағыш қозғалмалы төсемде орналасқан және онымен бірге жылжиды.



2 сурет – К. Гилькенің патентінен графикалық түсіндірме

1950 жылы Чехияда Adamovská strojírna (ADAST) Heidelberger Tiegel-ге ұқсас дизайнымен баспа машиналарын шығаруға кірісті, Adast Grafopress GPE деп аталатын машиналардың ең соңғы модельдері жоғары жылдамдықпен сағатына 5500 параққа дейін шығарды және қағаздың, картонның қалыңдығы 1 мм дейін болды. 3-суретте машинаның жалпы көрінісі көрсетілген.



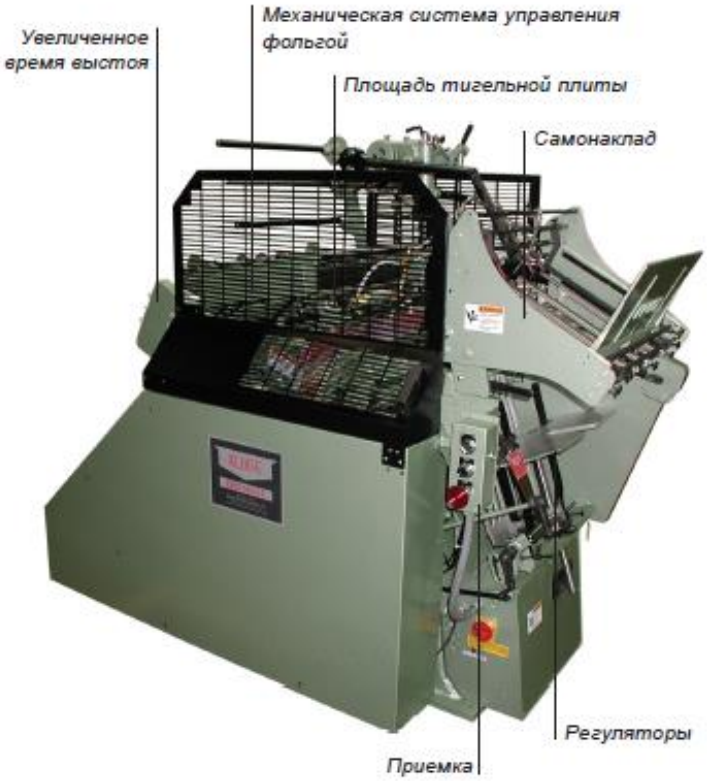
3 сурет – Adast Grafopress GPE кешенді тигельді баспа автоматы

1919 жылы негізін салған Kluge (Brandtjen & Kluge, Inc.) кәсіпорыны автоматты түрде парақты беруге арналған тигельді пресстерді шығара бастады. Кәсіпорынның қазіргі заманауи ассортиментінде пресстің 3 сериясы бар, олар EHD, EHF, EHG. Олардың бір-бірінен айырмашылығы қағаздарының өңделетін форматында және пресстердің өзара орындалуында болып табылады. Аталған өнім Солтүстік Америка нарығында өте танымал.

4-суретте Apex Foil жалпы көрінісі көрсетілген.

4 сурет – Apex Foil баспа жүйесі

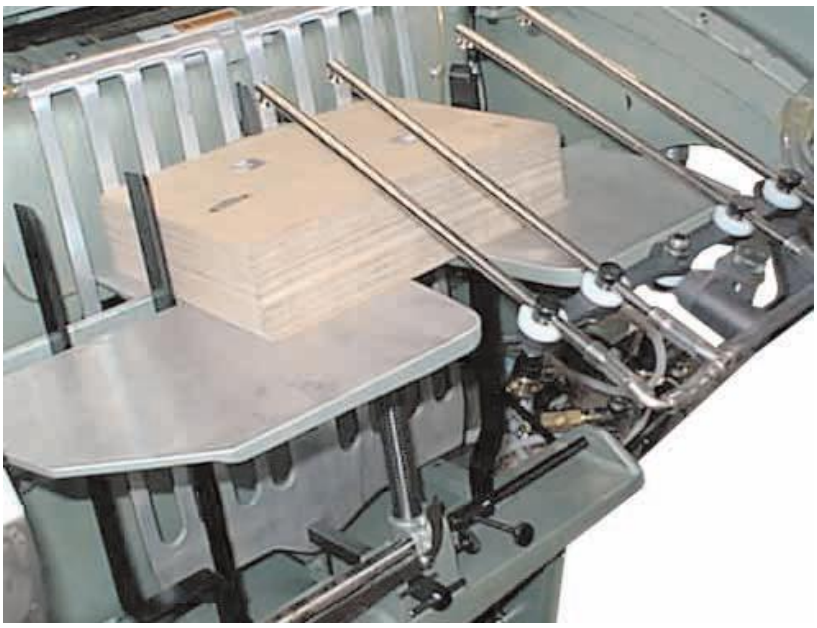
5-суретте EHD моделіне ұсынылған Kluge кәсіпорынының прессі көрсетілген.



5 сурет –EHD моделінің баспа жүйесі

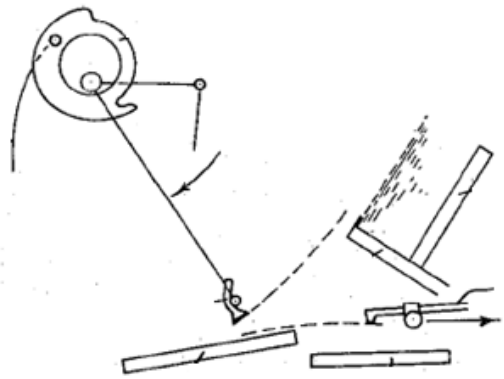
6,7-суреттерде тасымалдаушы құралының ұстағыштарының жалпы көрінісі көрсетілген.

6 сурет – Жоғарғы ұстағыш



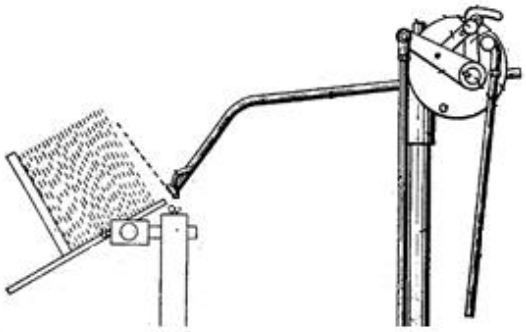
7 сурет – Төменгі ұстағыш

8-суреттен тигельді төсемнен қағаздардың қалай манипуляцияға түсетінін көруге болады [2].



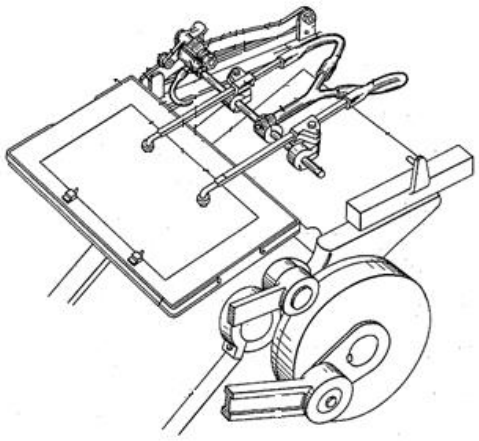
8 сурет – Ұстағыштардың қозғалыс траекториясы

Суретте инженерлер жұмыс органдарының түзу траекториямен қозғалуына қол жеткізгенін көруге болады, бұл қағазмен жұмыс істеуді аса мұқият және тиімді етеді. 9-суретте жоғарғы манипулятор түтікшеден жасалған, онда әртүрлі қалыңдықтағы қағаздармен жұмыс істеуге керекті қысым пайда болады, ал күйентелердің ашылуы және жабылуы манипулятор иінтіректерінің механикалық тәуелділік күйіне және пресстің жылжымалы төсеміне байланысты болады.

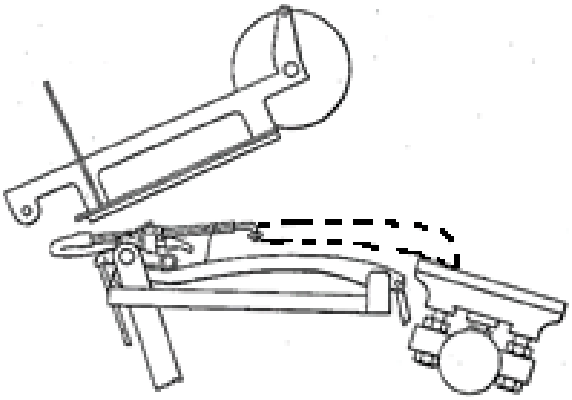


9 сурет – Күйентені басқарудағы тасымалдаушы құралының жоғарғы ұстағышы

10-суретте тасымалдаушы құралының төменгі манипуляторы, ал 11-суретте оның тартқыштарының қозғалыс траекториясы көрсетілген [3-4].

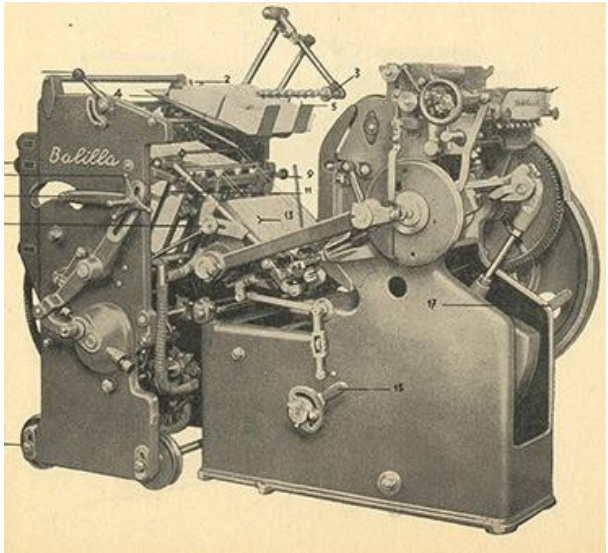


10 сурет – Тасымалдаушы құралының төменгі ұстағышының жалпы көрінісі



11 сурет – Тартқыштарының қозғалыс траекториясы

1911 жылдан бастап итальяндық тигельді пресстердің өндірісі Saroglia кәсіпорнында басталды. 1954 жылы Saroglia Ultra Balilla өндірісін құруға сәтті кезең болды, оның максималды өңдеу жылдамдығы сағатына 4000 қағазға дейін болды, бұл екі жұмысшы органы бар параллельді манипуляторды орнату арқасында жүзеге асты. Бұл механизмнің құрылысы қос иінді-иінтіректі және ең соңғы Saroglia Fub-Gold моделінде қолданылады. Бұл модельдің техникалық сипаттамалары максималды жылдамдықта сағатына 2500 қағазды және 750×300 мм форматында шығарды, сондай-ақ 5 мм дейінгі қалың қағазмен жұмыс жасауға мүмкіндік берді, алдыңғы модельде 1,5 мм дейін мүмкін болған, 12-суреттен Saroglia Ultra Balilla көруге болады.

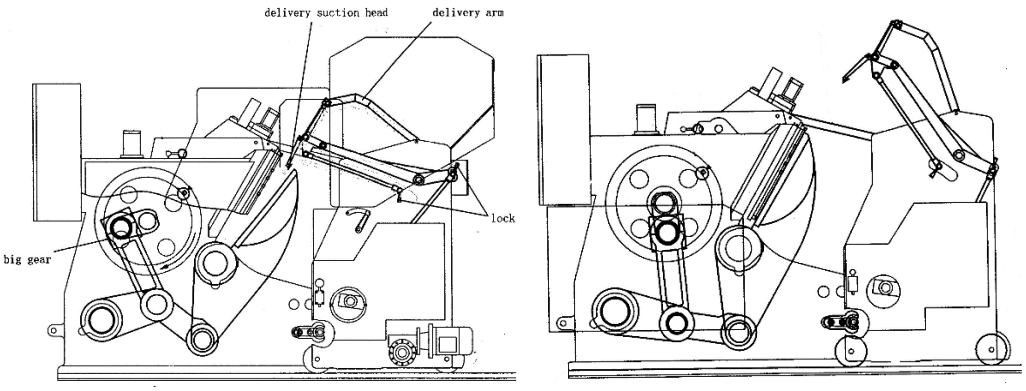


12 сурет – Saroglia Ultra Balilla

80-жылдары Saroglia мен итальяндық Rabolini кәсіпорындары арнайы ірі тигельді пресстерді 13-суретке сәйкес шығару барысында біріктірілді.

13 сурет – Saroglia Fub-Gold

14-суреттен жоғарғы ұстағыштың және тигельді пресстің бірлесіп қозғалатын кездегі екі жағдайын көруге болады.



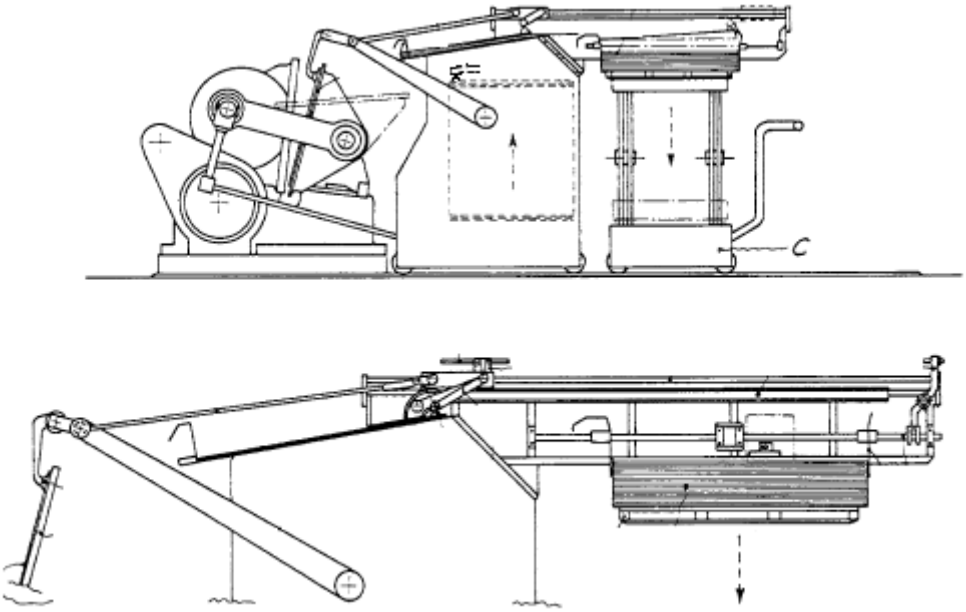
14 сурет – Тигельді пресс пен тасымалдаушы құралы Saroglia Fub-Gold моделінің бірлескен қозғалысы

15-суретте Rabolini кәсіпорыны сатылым маркасы IMPERIA бейнеленген, жұмыс үстелінің маркалары «B» 61×86 см, «C» 75×105 см, «D» 85×120 см, «E» 100×140 см, «F» 120×165 см тасымалдаушы құралы пайда болған. тасымалдаушы құралы иінтіректі ұстағыштарынан тұрады және әртүрлі қалыңдықтағы қағаз, картон, былғары, пластмасстармен жұмыс істеуге қабілетті, сондай-ақ сағатына 1600 қағазбен жұмыс жасай алады.

15 сурет – Rabolini IMPERIA тигельді прессінің жалпы көрінісі

IMPERIA тигельді пресі қолмен тасымалдау арқылы, сондай-ақ тасымалдаушы құралының көмегімен де жұмыс жасайды. Пресс пен тасымалдаушы құралының өзара байланысын 16-суреттен көруге болады,

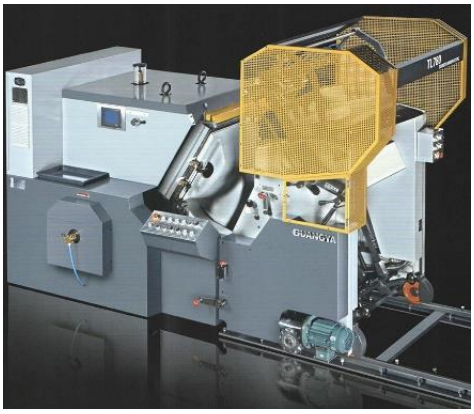
олар арнайы қауіпсіздік жүйесімен реттелген, егер дұрыс байланыспаған болса престі өшіріп тастайды.



16 сурет – Rabolini IMPERIA тигельді прессінің және оның тасымалдаушы құралының өзара байланыс сұлбасы

Қытай өндірушілері Shanghai Yawa Printing Machinery Co., Ltd мен Guangya Machinery Co., Ltd TYML 750A мен TL780 моделдері итальяндық Saroglia Fub моделіне ұқсас болып келеді (17-суретте көрсетілген). Техникалық көрсеткіштері де бір қатар ұқсас, алайда азиялықтар бағасы жөнінен алда келеді [5-8].

а



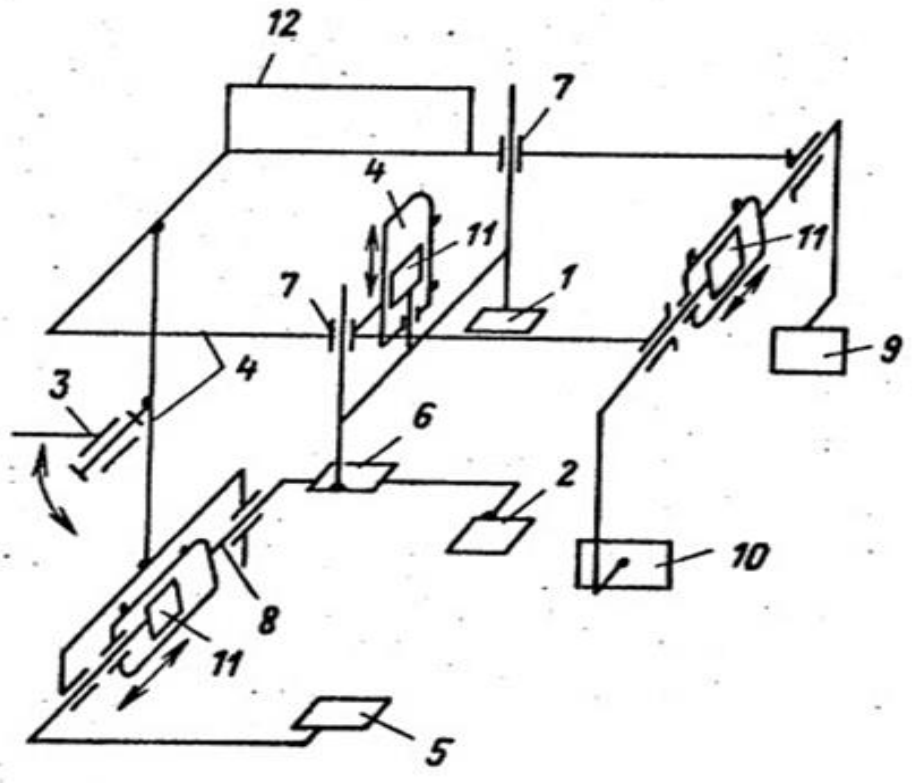
б

а) Yawa TYML 750A;б) GUANGYA TL 780

17 сурет – Тигельді пресс және оның тасымалдаушы құралы

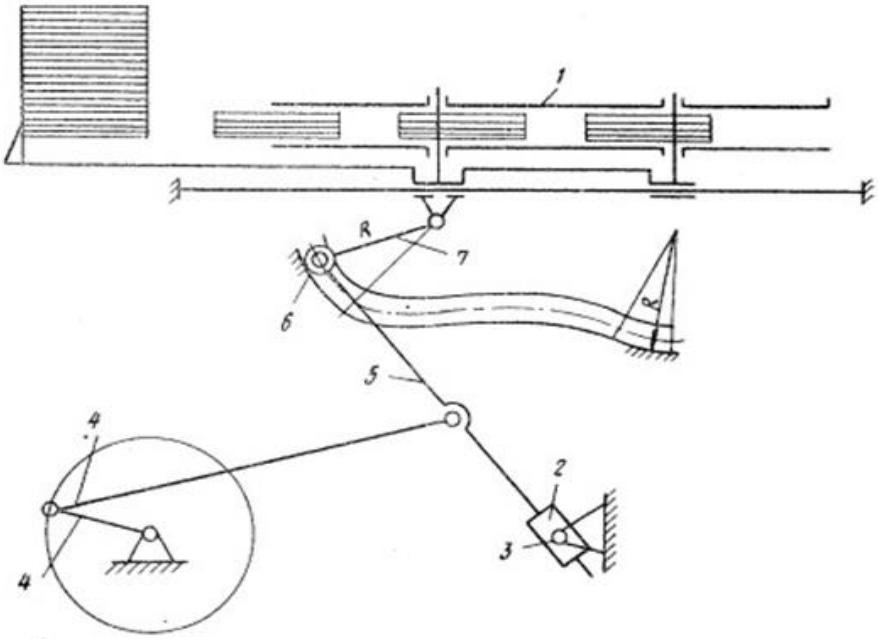
1.2 Полиграфиялық автомат-машиналарға патенттік анализ жасау

Өнертабыс машина жасау саласына қатысты және бұл жұмыста полиграфиялық өндірісте манипулятордың қажеттілігін айқындайды [9]. Өнертабыс мақсаты манипулятордың сенімділігін арттыру болып табылады. 18-суретте көрсетілгендей, ұсынылған манипулятордың кинематикалық сұлбасы бүктелген қағаздардың орынын ауыстыруға арналған.



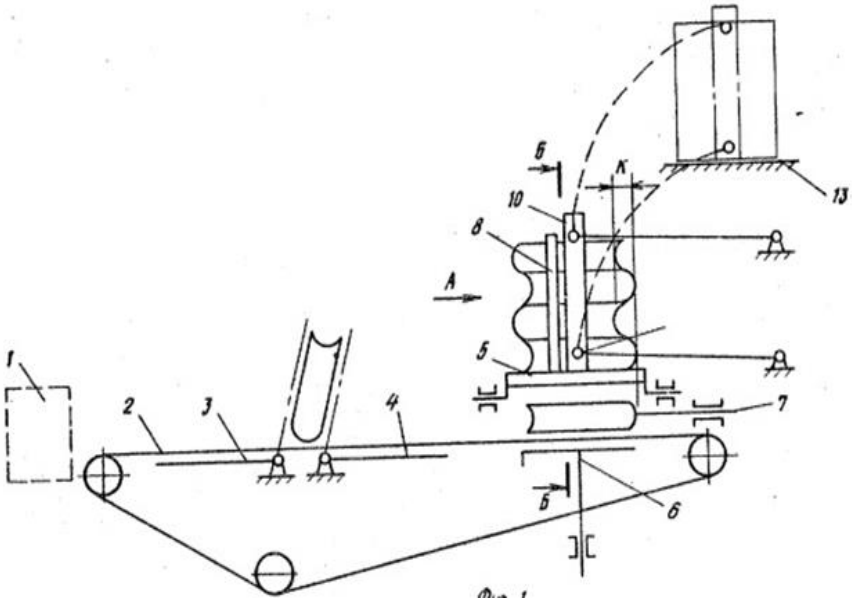
18 сурет – Бүктелген қағаздардың орынын ауыстыруға арналған манипулятордың кинематикалық сұлбасы

Өнертабыс блоктарға арналған, блоктарды қайта өңдеу машинасында тасымалдайтын және полиграфия өнеркәсібінде қолдануға болатын таспалы қозғалысқа қатысты болып табылады [10]. 19-суретте бейнеленген өнертабыстың мақсаты дискінің дизайнын жеңілдету және сенімділікті арттыру. Жетектің кемшілігі жоғары жылдамдықтағы құрылысының күрделілігі мен сенімділігіның төмендігі болып табылады.



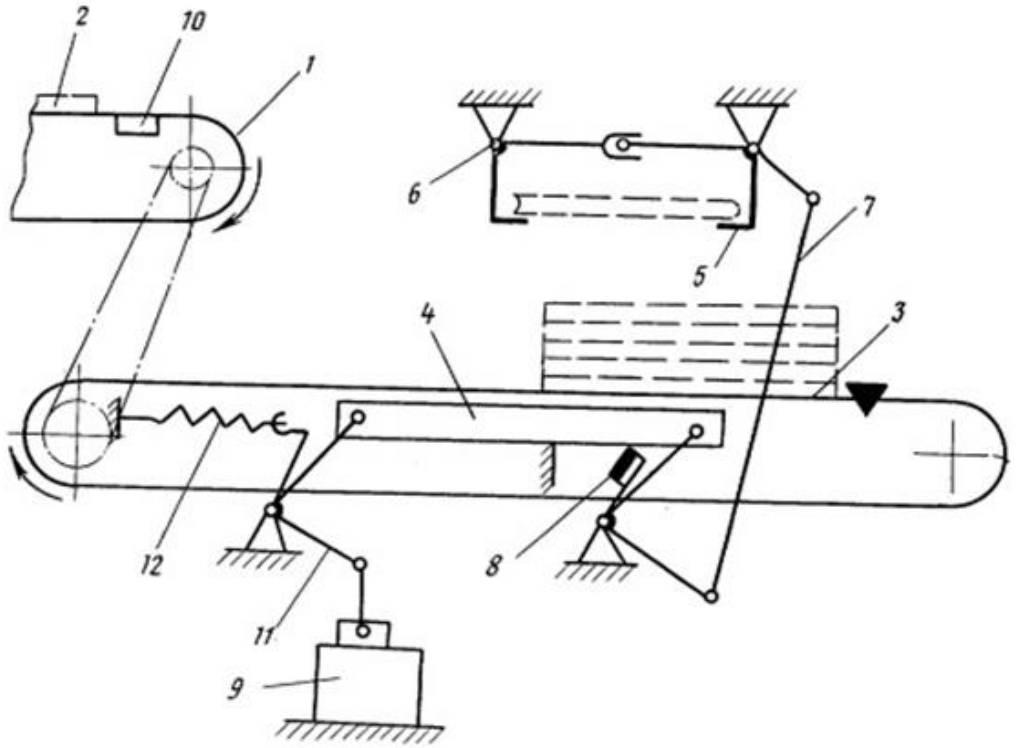
19 сурет – Блок өңдеу машинасында кітап блоктарын тасымалдауға арналған жетектің өнертабысы

Өнертабыс баспа саласында, атап айтқанда, түрлі бағытпен кітаптарды жинауға арналған құрылғыларға қатысты [11]. Кемшілігі - құрылысының күрделілігі, сенімділігі төмен және қызмет көрсетудің қолайсыздығы болып табылады. 20-суретте бейнеленген өнертабыс мақсаты - құрылғының сенімділігін арттыру, төсемнің орнықтылығын қамтамасыз ету және өнімділікті арттыру болып табылады.



20 сурет – Тегіс бұйымдарды салуға арналған құрылғы

Өнертабыс баспа техникасына жатады және белгілі бір кітаптарды автоматты жинақтау және оларды топтап шығару үшін қолданылады [12]. 21-суреттегі құрылғы аралық жинақтау механизмімен жабдықталған және екі Г-тәрізді иінтіректі түрде, сондай-ақ қарсы бетте тербелу осінде шарнирмен бекітілген.



21 сурет – Жиналған кітаптарды қабылдау, жинақтау және шығаруға арналған құрылғы

Блокты өңдеу бөлімдерінде таңдалған жазу кітапшаларының жиынтығын жеткізу механизмін ұсынады [13]. Таңдалған жазу кітапшаларының жиынтығын саусақтардың көмегімен қатаң бір-бірімен байланыстырылған параллель тігінен жабық тізбектерді, оның үстіңгі қолдары мен жол конвейерлеріне бағыттауды қамтитын тірек конвейерін қамтитын блок-өңдеу қондырғысына енгізу үшін негізделген. Бұл құрылғының кемшілігі - кішкентай форматтармен мүмкіндігін шектеу. Бұл құрылғыны пайдалану технологиялық мүмкіндіктерді кеңейтеді және өңделген форматтардың ауқымын арттырады, сондай-ақ сенімділікті арттырады.

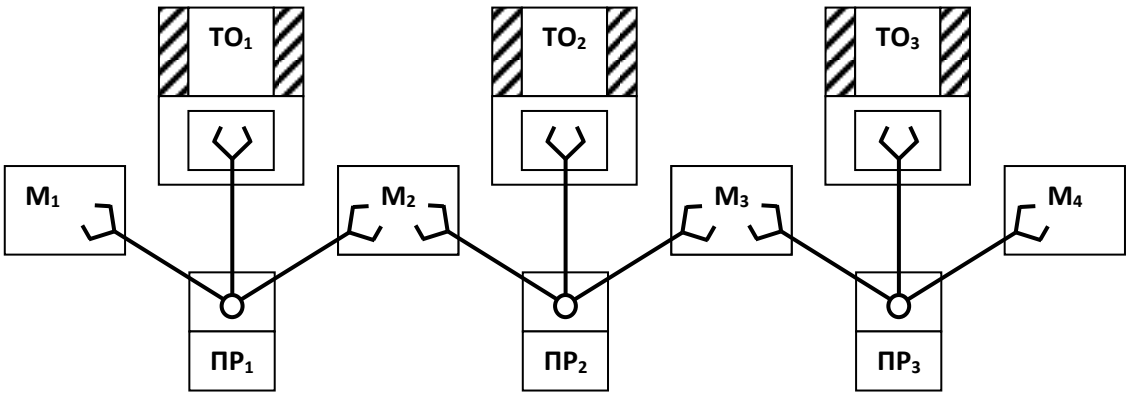
2 Параллель құрылымды манипуляторларды дамыту

2.1 Екі көмекші органы бар параллельді манипулятордың кинематикасын зерттеу

Жұмысқа сәйкес топтасуы бойынша, технологиялық автоматизация процессі екі түрге бөлінеді: қатаң автоматизация (hardautomation) және икемді автоматизация (flexibleautomation) [14]. Технологиялық қатаң автоматизация процессі автомат-машиналармен жүзеге асады, яғни манипулятормен жабдықталған және қатаң бағдарламада жұмыс жасайды (fixed-sequencemanipulators). Технологиялық икемді автоматизация процессі қайта бағдарламалау манипуляциялық роботпен жүзеге асады. Қатаң автоматизация жоғары өнімділігімен (жылдамдық), дәлдігімен және төмен бағасы бойынша икемді автоматизациядан ерекшеленеді. Дегенмен, икемді автоматизация бір технологиялық операциядан келесісіне қайта бағдарламалау манипуляциялық роботтың көмегімен жылдам өтеді. Сондықтан, қатаң және икемді технологиялық автоматизация процесінде манипулятормен болатын технологиялық қондырғылар өзекті болып табылады.

Манипуляциялық роботтар (объектті белгілі қозғалысқа байланысты көшіру, ауыстыру) мен механизмдерді интеллектуалды параллельді манипуляторлар классына RoboMech [15] жатқызамыз. Бұл интеллектуалды параллельді манипулятормен басқару жүйесін қарапайым етіп, сенімділігін жоғарылатып, бағасын төмендетеді. Сонымен қатар, интеллектуалды параллельді манипуляторларда бірнеше жұмысшы органы болуымен ерекшеленеді, көбінесе екі жұмысшы органы қолданылады [16, 17].

Қазіргі таңда, машина жасау өнеркәсібінде бір робототехникалық процестің сызбасы қолданылады, 22- суретте көрсетілген, мұнда ТО- негізгі технологиялыққондырғы, ПР- өнеркәсіптік робот, М-дайын өнімді шығарушы магазин [18].



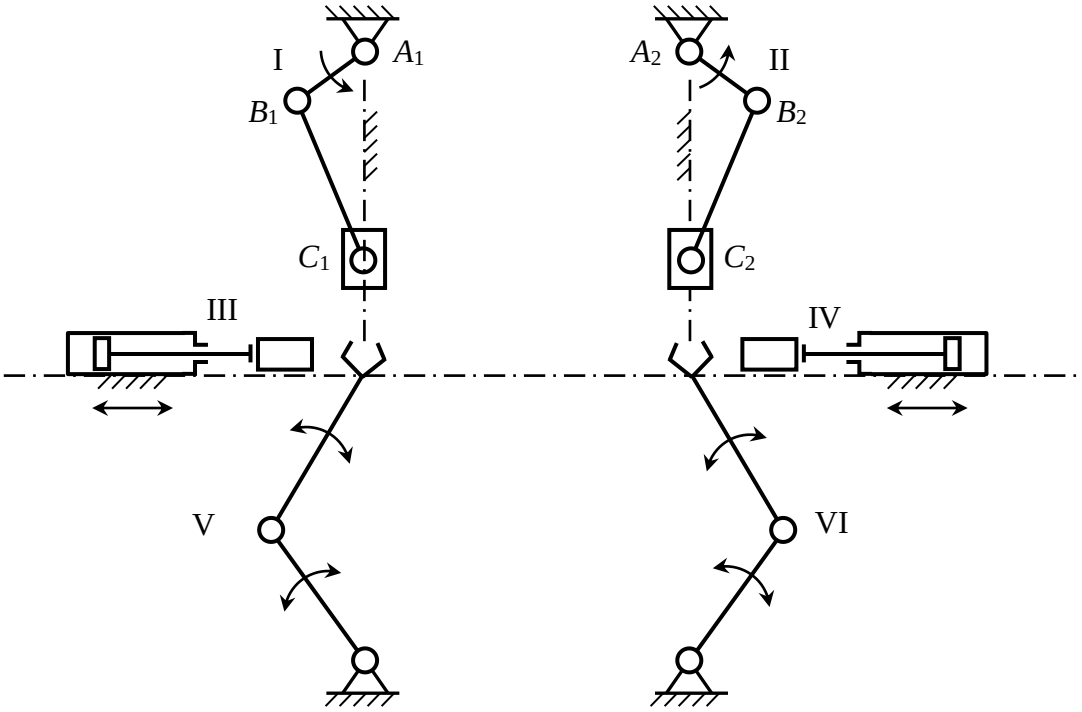
22 сурет – Бір робототехникалық процестің сызбасы

Қондырғының жұмыс істеу принципі келесі тәртіппен жүргізіледі:

$ПР_1$ өнеркәсіптік робот дайындаманы $М_1$ магазиннен алады, кейін $ТО_1$ технологиялық қондырғыға дайындамаға жібереді. Бірінші реттік өңдеуден өткеннен соң осы роботпен $ПР_1$ екінші магазинге $М_2$ жібереді. $ПР_2$ өнеркәсіп роботы бұйымды $М_2$ магазиніне екінші реттік өңдеуге жібереді, ол $ТО_2$ технологиялық қондырғыда жасалады. Өңдеуден соң, $ПР_2$ өнеркәсіптік роботпен $М_3$ магазиніне жеткізіледі (келесі процесс қайталанады). Барлық қондырғылар берілген циклограмма жүйесіне сәйкес жұмыс жасауы керек.

Осыған орай, бұйымды өңдеуде екі өзгерту позициясымен автоматты сызбада екі негізгі технологиялық қондырғы I мен II, механизм қызметін атқарады, төрт көмекші қондырғы: дайындаманы беруге арналған құрылғы III, өңдеуден кейін бұйымды алып кететін құрылғы IV және екі өнеркәсіптік роботтар V мен VI көрсетілген (23 суретке сәйкес). Бұл құрылғылардың жалпы еркіндік дәрежесі сегізге тең. Автоматты құрылғылардың еркіндік дәрежесі неғұрлым көп болса, олардың өнімділігі мен сенімділігі аз екені белгілі.

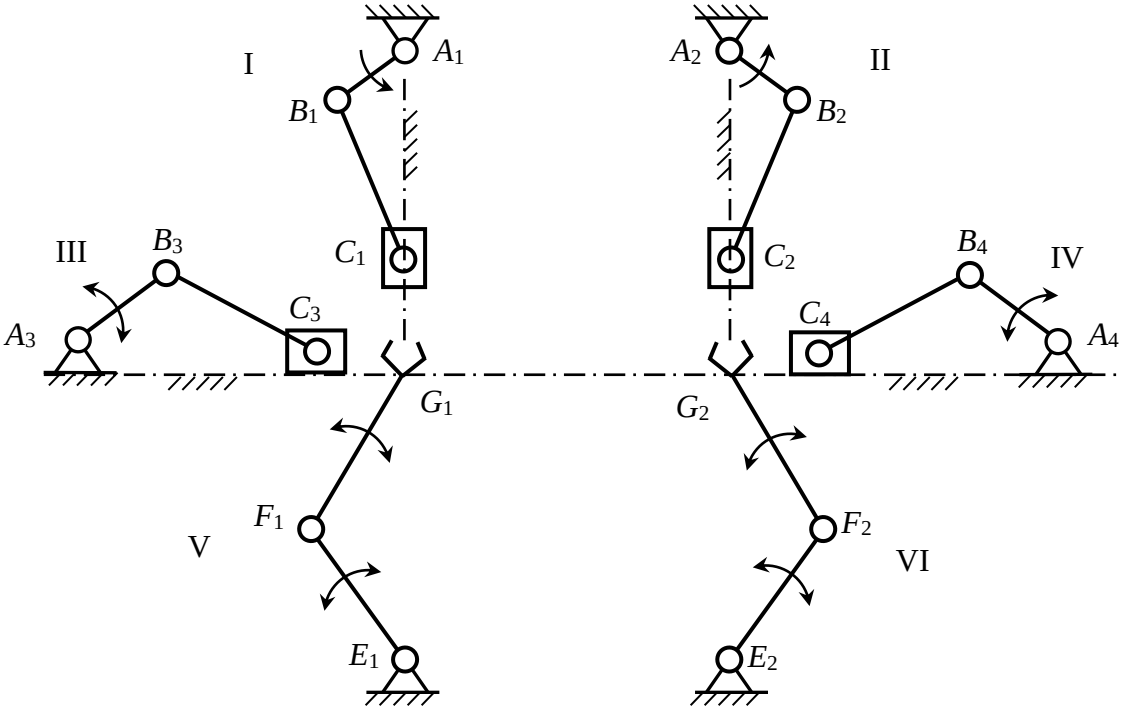
Аталған кемшілікті ескере отырып, екі көмекші органы бар интеллектуалды параллельді манипулятордың еркіндік дәрежесін азайтамыз және оны технологиялық, көмекші құрылғылармен алмастырамыз.



23 сурет – Еркіндік дәрежесі сегізге тең автоматты кескінінің сұлбасы

Құрылымдар принципіне сәйкес, интеллектуалды параллельді манипулятор [19-23], негізгі технологиялық қондырғылар I мен II, жолында құрылады, яғни екі қос иінді-сырғымалы механизм $A_1B_1C_1$ мен $A_2B_2C_2$ дайындаманы тасымалдау құрылғысын III пен дайындаманы алып кету

құрылғысын IV $A_3B_3C_3$ пен $A_4B_4C_4$ қос иінді-сырғымалы механизмге алмастырамыз, сондай-ақ екі өнеркәсіптік роботтарды біріктіріп V мен VI, екі көмекші органы бар бір робот аламыз, ол 24-суретте көрсетілген.



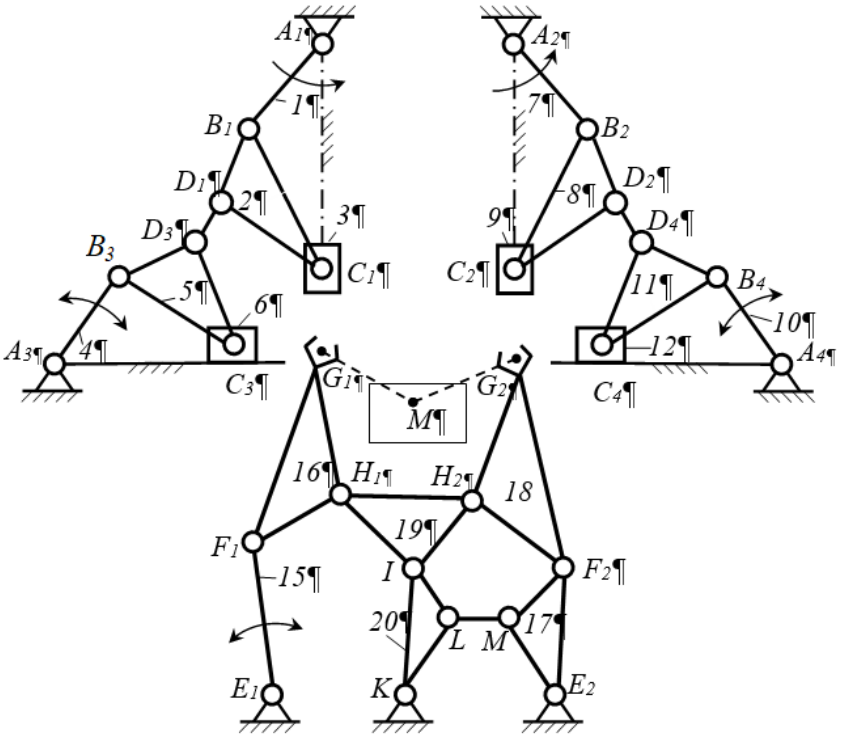
24 сурет –Қос иінді-сырғымалы механизм автоматты кескінінің сұлбасы

Қос иінді-сырғымалы механизмнің біріктірілуі $A_1B_1C_1$ мен $A_3B_3C_3$, сондай-ақ $A_2B_2C_2$ мен $A_4B_4C_4$ бұлғақтың көмегімен байланысады B_1C_1 мен B_3C_3, және B_2C_2 мен B_4C_4 айналу кинематикалық жұптың бинарлы буындарының D_1D_3 мен D_2D_4 көмегімен жүзеге асады (22 суретке сәйкес). Чебышев формуласымен қолданамыз, $W=3n-2p_5$, мұндағы n- жылжымалы буындар саны, p_5- 5-ші класстың кинематикалық жұптар саны [24]. Нәтижесінде, қос иінді-сырғымалы механизм екі жұбы екі жұмысшы органы бар бір жылжымалы параллельді манипуляторға айналады.

Екі өнеркәсіптік роботтардың V мен VI екі жұмысшы органы бар бір параллельді манипуляторға біріктірілуі бірізді буындар F_1G_1 мен F_2G_2 байланысын қамтамасыз етеді (25 суретке сәйкес), ол бинарлы буындар көмегімен H_1H_2, кейін бинарлы буынның IK тірегі арқылы H_1H_2 буынының байланысуы және LM бинарлы буынының көмегімен IK мен E_2F_2 буындары байланысады.

Сонымен қатар, бинарлы буындардың геометриялық параметрлері де қарастырылған автоматты кескіннің жұмыс циклограмына сәйкес келетін G1 және G2 ұстағыштарының қозғалыс заңдары сақталуы тиіс. Әрбір бинарлы буын бір геометриялық байланыс орнатқандықтан, екі жұмыс органы бар параллельді параллельді манипулятор бір дәрежелі еркіндікке ие.

Нәтижесінде, үш дәрежелі еркіндікпен автоматты кескіннің кинематикалық сұлбасын аламыз.



25 сурет – Автоматты кескіндегі интеллектуалды параллельді манипулятордың кинематикалық сұлбасы

Жұмыстың практикалық маңыздылығы жаңа схемадағы сегізден үшге дейінгі еркіндік дәрежесінің санының қысқартылуы оның жұмысын жақсартады және бақылау жүйесін жеңілдетеді, өйткені роботтың қолымен жасалған жұмыс аймағында және оның өлшемдеріне сәйкес келетін қозғалыстар аймақтық болып есептеледі [25].

Олар сондай-ақ ауысымды деп аталады, себебі олар объектіні қажетті нүктеге ауыстыруды қамтамасыз етеді. Бұл қозғалыстар адам қолының иығына және білігіне әсер етеді.

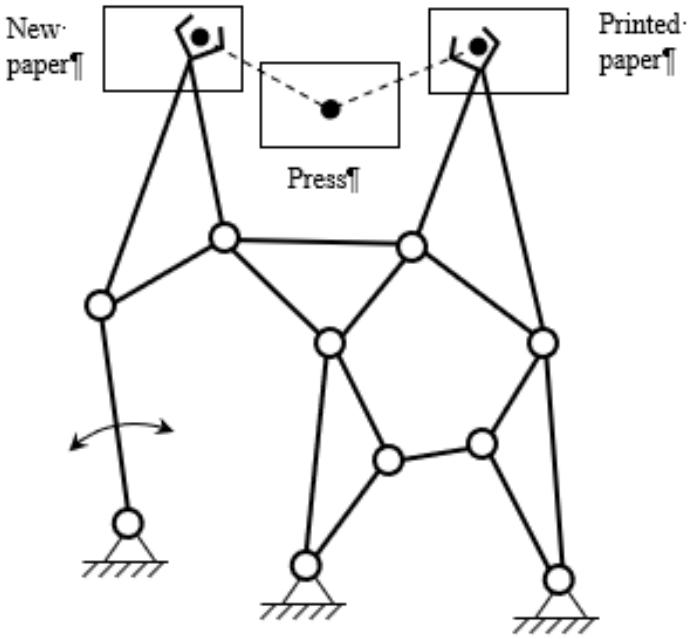
Манипулятор (лат. Manipulus – адам қолы) адам қолының аналогы ретінде қарастырылуы мүмкін және өнеркәсіптік роботтарды қарапайым интеллектуалды манипуляторлармен ауыстыру, сенімділікті арттырады және шығынды азайтады [26].

Сондықтан, оны кішігірім полиграфиялық қондырғыларда сапаны өлшеу, сұрыптау немесе орау өнімдерін ауыстыру үшін күнделікті және монотондылық жұмыстарды ауыстыру үшін пайдалануға болады.

2.2 Екі көмекші органы бар манипулятор

Екі көмекші органы бар манипуляторлар ғарышта, мұхитта күрделі жұмыстарды орындау кезінде радиоактивті материалдармен жұмыс істеген кезде және медицинада қолданылады. Соңғы уақытта манипуляторлар робототехниканың даму бағыттарының бірі болып саналады.

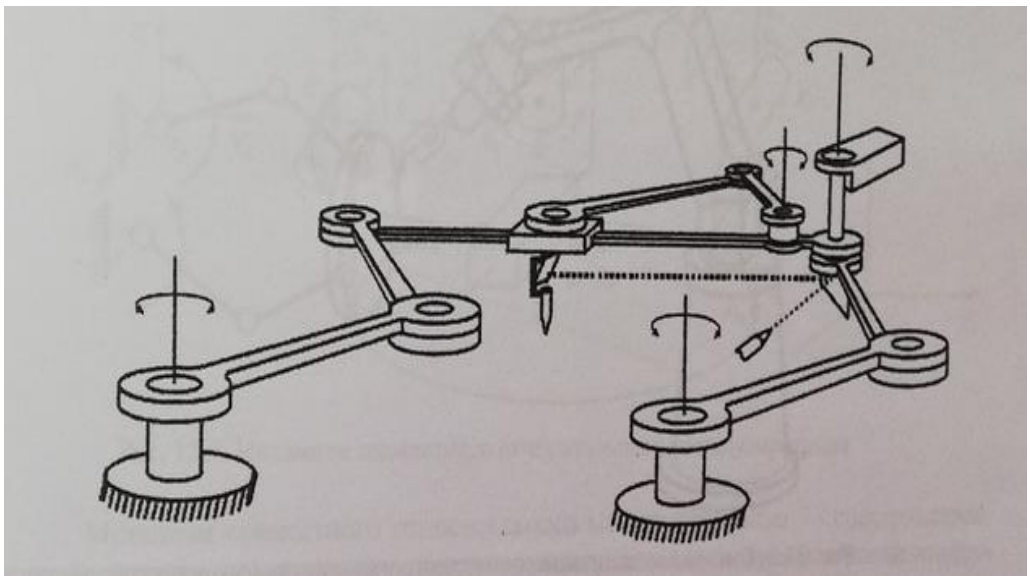
Манипулятордың мүмкіндіктері жеткілікті және оның пайда болуының біршама себептері бар. Соның бірі, еркіндік дәрежесінің саны аз екі қарапайым манипуляторларды пайдаланып, жұмысшы органдардың салыстырмалы қозғалысын қамтамасыз ету мүмкіндігіне байланысты еркіндік дәрежесінің саны көп болады. Мысалы, жұмысшы органның еркіндік дәрежесінің саны алты болуы үшін ($\varphi,\psi,\theta\Delta x,\Delta y,\Delta z$), екі манипулятордың әрқайсысының еркіндік дәрежесі үшке тең болуы керек. Келесі себебі, күрделі операцияларды орындау және жұмысты құрастыру кезінде екі жұмысшы органдарының салыстырмалы манипуляциясын жетілдіру.



26 сурет – Екі жұмысшы органы бар манипулятор

Егер екі жұмысшы органы бар манипуляторды пайдала отырып, обьекттерді жылжыту барысында әрбір органға түсетін күш азаяды [27].

Практикалық тапсырмаларда манипуляция мәселесін тиімді шешу үшін әр түрлі салаларда табысты қолданылатын параллельді құрылымдық механизмдер негізінде технологиялық жүйелерді құруға болады.



27 сурет – Лазерлі кесуге арналған механизм

Параллельді механизмдердің тізбекті механизмдерден айырмашылығы, шығу буыны бірнеше кинематикалық тізбектермен байланыстырылады, бұл дәлдікті жоғарылатуға, құрылымның қабілетін және қаттылығын арттыруға мүмкіндік береді [28-33].

2.3 Екі көмекші органы бар V класстағыпараллельді манипулятордың кинематикасына анализ жасау

Зерттелетін параллельді манипулятордың құрылымдық (1) формуласы:

$$\mathrm{I}(7) \rightarrow \mathrm{V}(1,2,3,4,5,6). \qquad (1)$$

Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың кинематикасын түзу шешімін алу үшін (28-суретте) 7 буыны қысқартып, *I* мен *K* шарнирлерін бөліп шартты түрде қарастырамыз. Осыдан соң, қосалқы бір еркіндік дәрежесі пайда болады. 2 буынын шартты жетекші, ал φ_2 бұрышын шартты координата етіп қабылдаймыз. Сонда қарастырылып отырған V класстағы параллельді манипулятор II класстағы механизмге айналып, құрылымдық формуласы (2) келесідей болады:

$$\mathrm{I}(1) \rightarrow \mathrm{I}(2) \rightarrow \mathrm{II}(5,6) \leftarrow \mathrm{I}(3,4)\,. \qquad (2)$$

Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың φ_1 жалпы координатасы шартты түрде φ_2 координатасын өзгертеді, демек *I* мен *K* шарнирлерінің l_{IK}^{*} арақашықтығы өзгереді.

Келесідей (3) теңдеу құрамыз:

$$\Delta = l_{IK} - l_{IK}^{*}, \tag{3}$$

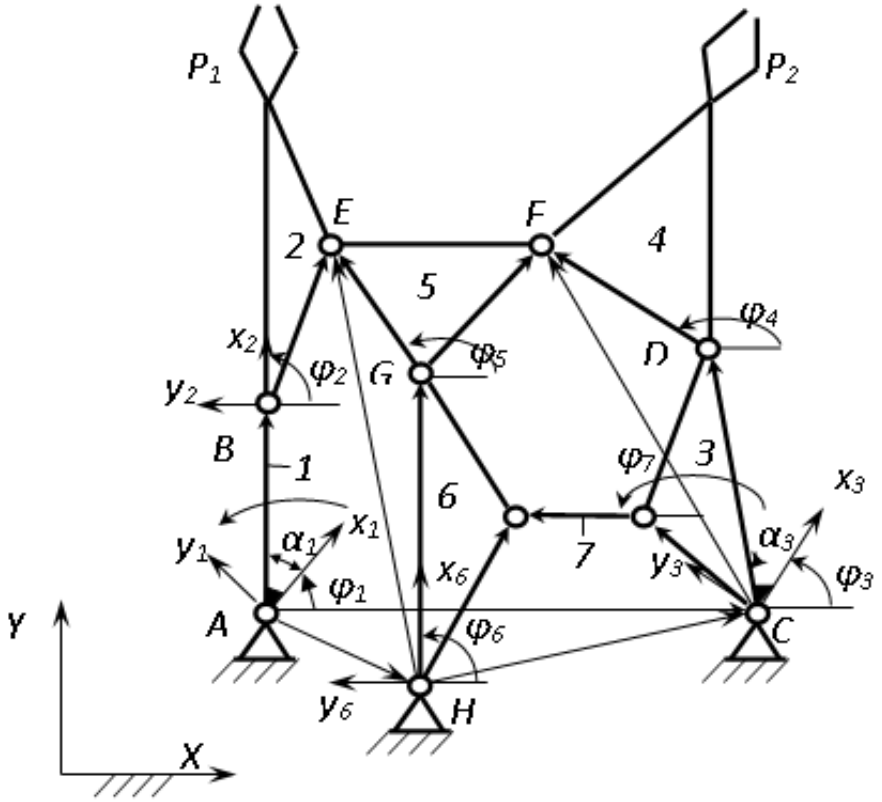
мұндағы l_{IK} -қысқарған 7 буынының ұзындығы.

l_{IK}^{*} арақышықтығын (4) теңдеуден анықтаймыз:

$$l_{IK}^{*} = \left[(X_K - X_I)^2 + (Y_K - Y_I)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} X_K \\ Y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_3 & -\sin\varphi_3 \\ \sin\varphi_3 & \cos\varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_K^{(3)} \\ y_K^{(3)} \end{bmatrix}, \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix} X_I \\ Y_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_H \\ Y_H \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_6 & -\sin\varphi_6 \\ \sin\varphi_6 & \cos\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(6)} \\ y_I^{(6)} \end{bmatrix}. \tag{6}$$



28 сурет – Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятор

φ_3 пен φ_6 бұрыштарын анықтау үшін (5) пен (6) теңдеулерінің шешімін II (5,6) мен II (3,4) тұйық векторлық контур негізінде табамыз. Буындарды

вектор ретінде аламыз. *H* мен *E* ішкі шарнирлерін, II (5,6) диадтарды $\overline{HE}$ векторымен қосамыз және вектордың бағыты мен модулін (7) мен (8) анықтаймыз:

$$l_{HE} = \left[(X_E - X_H)^2 + (Y_E - Y_H)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \tag{7}$$

$$\varphi_{HE} = \mathrm{arctg} \frac{Y_E - Y_H}{X_E - X_H}, \tag{8}$$

$$\begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_2 \\ \sin\varphi_2 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_E^{(2)} \\ y_E^{(2)} \end{bmatrix}, \tag{9}$$

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 & -\sin\varphi_1 \\ \sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_B^{(1)} \\ y_B^{(1)} \end{bmatrix}. \tag{10}$$

HGE контуры үшін тұйық векторлық теңдеу (11) құрамыз:

$$l_{HG}\bar{e}_6 + l_{GE}\bar{e}_{GE} - l_{HE}\bar{e}_{HE} = 0, \tag{11}$$

$\overline{HG}$ векторының бағытын анықтау үшін $l_{HG}\bar{e}_6$ мен $l_{HE}\,\bar{e}_{HE}$ теңдеуін (12) оң жағына шығарамыз:

$$l_{GE}\bar{e}_{GE} = l_{HE}\bar{e}_{HE} - l_{HG}\bar{e}_6 \tag{12}$$

Екі бөлігін де (13) квадраттаймыз:

$$l_{GE}^2 = l_{HE}^2 + l_{HG}^2 - 2l_{HE}l_{HG}\cos(\varphi_{HE} - \varphi_6). \tag{13}$$

(14) теңдеуі шығады:

$$\varphi_6 = \varphi_{HE} \pm \arccos \frac{l_{HE}^2 + l_{HG}^2 - l_{GE}^2}{2l_{HE}l_{HG}}. \tag{14}$$

«+» немесе «-» белгілері (14) II (5,6) диадтардың тәуелділігімен алынады.

φ_5 бұрышын (15) анықтаймыз:

$$\varphi_5 = \operatorname{arctg}\frac{Y_E - Y_G}{X_E - X_G}, \tag{15}$$

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_H \\ Y_H \end{bmatrix} + l_{HG}\begin{bmatrix} \cos\varphi_6 \\ \sin\varphi_6 \end{bmatrix}. \tag{16}$$

II (3,4) екінші диадты қарастырамыз. C мен F ішкі шарнирлерін $\overline{CF}$ векторымен қосып, вектордың бағыты мен модулін (17) анықтаймыз:

$$l_{CF} = \left[(X_F - X_C)^2 + (Y_F - Y_C)^2\right]^{\frac{1}{2}}, \tag{17}$$

$$\varphi_{CF} = \operatorname{arctg}\frac{Y_F - Y_C}{X_F - X_C}, \tag{18}$$

$$\begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_5 & -\sin\varphi_5 \\ \sin\varphi_5 & \cos\varphi_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_F^{(5)} \\ y_F^{(5)} \end{bmatrix}. \tag{19}$$

CDF контуры үшін тұйық векторлық теңдеу (20) құрамыз:

$$l_{CD}\bar{e}_{CD} + l_{DF}\bar{e}_4 - l_{CF}\bar{e}_{CF} = 0, \tag{20}$$

$\overline{CD}$ векторының бағытын анықтау үшін $l_{CD}\bar{e}_{CD}$ мен $l_{CF}\bar{e}_{CF}$ теңдеуін (20) оң жағына шығарамыз:

$$l_{DF}\bar{e}_4 = l_{CF}\bar{e}_{CF} - l_{CD}\bar{e}_{CD} \tag{21}$$

Екі бөлігін де (21) квадраттаймыз:

$$l_{DF}^2 = l_{CF}^2 + l_{CD}^2 - 2l_{CF}l_{CD}\cos(\varphi_{CF} - \varphi_{CD}). \tag{22}$$

(20) теңдеуінен (23) шығады:

$$\varphi_{CD} = \varphi_{CF} \pm \arccos\frac{l_{CF}^2 + l_{CD}^2 - l_{DF}^2}{2l_{CF}l_{CD}}. \tag{23}$$

«+» немесе «-» белгілері (23) II (3,4) диадтардың тәуелділігімен байланысты.

φ_4 бұрышын анықтаймыз:

$$\varphi_4 = \operatorname{arctg}\frac{Y_F - Y_D}{X_F - X_D}, \tag{24}$$

$$\begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \end{bmatrix} + l_{CD}\begin{bmatrix} \cos\varphi_{CD} \\ \sin\varphi_{CD} \end{bmatrix}. \tag{25}$$

7 буынының φ_7 бұрышын (26) анықтаймыз:

$$\varphi_7 = \operatorname{arctg}\frac{Y_I - Y_K}{X_I - X_K}, \tag{26}$$

$$\begin{bmatrix} X_I \\ Y_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_H \\ Y_H \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_6 & -\sin\varphi_6 \\ \sin\varphi_6 & \cos\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(6)} \\ y_I^{(6)} \end{bmatrix}, \tag{27}$$

$$\begin{bmatrix} X_K \\ Y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_3 & -\sin\varphi_3 \\ \sin\varphi_3 & \cos\varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_K^{(3)} \\ y_K^{(3)} \end{bmatrix}. \tag{28}$$

Екі көмекші органы бар V класстағыпараллельді манипулятордың буындарының орналасуын есептеп болған соң, P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінде X_{P_1}, Y_{P_1} мен X_{P_2}, Y_{P_2} координаталарын (29) анықтаймыз.

$$\begin{bmatrix} X_{P_1} \\ Y_{P_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} + l_{AB}\begin{bmatrix} \cos\varphi_2 \\ \sin\varphi_2 \end{bmatrix}, \tag{29}$$

$$\begin{bmatrix} X_{P_2} \\ Y_{P_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\varphi_4 & -\sin\varphi_4 \\ \sin\varphi_4 & \cos\varphi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{P_2}^{(4)} \\ y_{P_2}^{(4)} \end{bmatrix}. \tag{30}$$

1 кестеде *OXY* абсолютті координата жүйесінде барлық шарнирлері мен P_1 , P_2 нүктелерінің нәтижесі көрсетілген, сондай-ақ буындардың бұрыштық орналасуы ұсынылған.

Бұрыштық жылдамдық пен үдеуді анықтауда *ABEGH, HGFDC, HIKC* контурларының тұйық векторлық теңдеуін (31) құрамыз:

$$\left.\begin{aligned} & l_{AB}\bar{e}_{AB} + l_{BE}\bar{e}_{BE} - l_{GE}\bar{e}_{GE} - l_{HG}\bar{e}_{6} - l_{AH}\bar{e}_{AH} = 0 \\ & l_{HG}\bar{e}_{6} + l_{GF}\bar{e}_{GF} - l_{DF}\bar{e}_{4} - l_{CD}\bar{e}_{CD} - l_{HC}\bar{e}_{HC} = 0 \\ & l_{HI}\bar{e}_{HI} - l_{KI}\bar{e}_{7} - l_{CK}\bar{e}_{CK} - l_{HC}\bar{e}_{HC} = 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (31)$$

OXY абсолютті координата жүйесінде (31) векторлық теңдеулер жүйесін проециялаймыз:

$$\left.\begin{aligned}
&l_{AB}\cos\varphi_{AB}+l_{BE}\cos\varphi_{BE}-l_{GE}\cos\varphi_5-l_{HG}\cos\varphi_6-\\
&-l_{AH}\cos\varphi_{AH}=0\\
&\\
&l_{AB}\sin\varphi_{AB}+l_{BE}\sin\varphi_{BE}-l_{GE}\sin\varphi_5-l_{HG}\sin\varphi_6-\\
&-l_{AH}\sin\varphi_{AH}=0\\
&\\
&l_{HG}\cos\varphi_6+l_{GF}\cos\varphi_{GF}-l_{DF}\cos\varphi_4-l_{CD}\cos\varphi_{CD}-\\
&-l_{HC}\cos\varphi_{HC}=0\\
&\\
&l_{HG}\sin\varphi_6+l_{GF}\sin\varphi_{GF}-l_{DF}\sin\varphi_4-l_{CD}\sin\varphi_{CD}-\\
&-l_{HC}\sin\varphi_{HC}=0\\
&\\
&l_{HI}\cos\varphi_{HI}-l_{KI}\cos\varphi_7-l_{CK}\cos\varphi_{CK}-l_{HC}\cos\varphi_{HC}=0\\
&\\
&l_{HI}\sin\varphi_{HI}-l_{KI}\sin\varphi_7-l_{CK}\sin\varphi_{CK}-l_{HC}\sin\varphi_{HC}=0
\end{aligned}\right\}\quad(32)$$

φ_1 координатасы бойынша алынған теңдеулер жүйесін (33) дифференциялаймыз:

$$\left.\begin{aligned}
&-l_{AB}\sin\varphi_{AB}-l_{BE}\sin\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'+l_{GE}\sin\varphi_5\cdot\varphi_5'+\\
&+l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'=0\\
&\\
&l_{AB}\cos\varphi_{AB}+l_{BE}\cos\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'-l_{GE}\cos\varphi_5\cdot\varphi_5'-\\
&-l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi_6'=0\\
&\\
&-l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'-l_{GF}\sin\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'+l_{DF}\sin\varphi_4\cdot\varphi_4'+\\
&+l_{CD}\sin\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'=0\\
&\\
&l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi_6'+l_{GF}\cos\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'-l_{DF}\cos\varphi_4\cdot\varphi_4'-\\
&-l_{CD}\cos\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'=0\\
&\\
&-l_{HI}\sin\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'+l_{KI}\sin\varphi_7\cdot\varphi_7'+l_{CK}\sin\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'=0\\
&\\
&l_{HI}\cos\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'-l_{KI}\cos\varphi_7\cdot\varphi_7'-l_{CK}\cos\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'=0
\end{aligned}\right\}\quad(33)$$

Теңдеулер жүйесін матрицалық формада (34) көрсетеміз:

$$[A]\cdot \bar{u} = \bar{B}\ , \tag{34}$$

$$[A]=\begin{bmatrix} Y_B - Y_E & Y_E - Y_G & Y_G - Y_H & 0 & 0 & 0 \\ X_E - X_B & X_G - X_E & X_H - X_G & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_G - Y_F & Y_H - Y_G & Y_F - Y_D & Y_D - Y_C & 0 \\ 0 & X_F - X_G & X_G - X_H & X_D - X_F & X_C - X_D & 0 \\ 0 & 0 & Y_H - Y_I & 0 & Y_K - Y_C & Y_I - Y_K \\ 0 & 0 & X_I - X_H & 0 & X_C - X_K & X_K - X_I \end{bmatrix} \tag{35}$$

$$\bar{u} = \begin{bmatrix} \varphi_2' \\ \varphi_5' \\ \varphi_6' \\ \varphi_4' \\ \varphi_3' \\ \varphi_7' \end{bmatrix}, \qquad \bar{B} = \begin{bmatrix} Y_B - Y_A \\ X_A - X_B \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \tag{36}$$

φ_1 координатасы бойынша (37) буынның бұрыштық жылдамдығының векторын $\bar{u}$ анықтаймыз:

$$\bar{u} = [A]^{-1}\cdot \bar{B} \tag{37}$$

2- кестеде екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың буындарының бұрыштық жылдамдықтары көрсетілген. Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың шарнирі мен P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінің сызықтық жылдамдығын анықтау үшін φ_1 координатасы бойынша оларды дифференциалдаймыз.

φ_1 координатасы бойынша теңдеулерді дифференциалдай отырып, екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың шарнирі мен P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінің сызықтық жылдамдығын (38) анықтаймыз:

$$\begin{bmatrix} U_B^X \\ U_B^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1}\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\varphi_1 & -\cos\varphi_1 \\ \cos\varphi_1 & -\sin\varphi_1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} x_B^{(1)} \\ y_B^{(1)} \end{bmatrix}, \tag{38}$$

$$\begin{bmatrix} U_E^X \\ U_E^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_B^X \\ U_B^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\sin\varphi_2 & -\cos\varphi_2 \\ \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_E^{(2)} \\ y_E^{(2)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_2', \quad (39)$$

$$\begin{bmatrix} U_G^X \\ U_G^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \end{bmatrix} = l_{HG} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_6 \\ \cos\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \varphi_6', \quad (40)$$

$$\begin{bmatrix} U_F^X \\ U_F^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_G^X \\ U_G^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\sin\varphi_5 & -\cos\varphi_5 \\ \cos\varphi_5 & -\sin\varphi_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_F^{(5)} \\ y_F^{(5)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_5', \quad (41)$$

$$\begin{bmatrix} U_D^X \\ U_D^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix} = l_{CD} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_{CD} \\ \cos\varphi_{CD} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3', \quad (42)$$

$$\begin{bmatrix} U_I^X \\ U_I^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_I \\ Y_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\varphi_6 & -\cos\varphi_6 \\ \cos\varphi_6 & -\sin\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(6)} \\ y_I^{(6)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_6', \quad (43)$$

$$\begin{bmatrix} U_K^X \\ U_K^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_K \\ Y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\varphi_3 & -\cos\varphi_3 \\ \cos\varphi_3 & -\sin\varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_K^{(3)} \\ y_K^{(3)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3', \quad (44)$$

$$\begin{bmatrix} U_{P_1}^X \\ U_{P_1}^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_{P_1} \\ Y_{P_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_B^X \\ U_B^Y \end{bmatrix} + l_{AB} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_2 \\ \cos\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \varphi_2', \quad (45)$$

$$\begin{bmatrix} U_{P_2}^X \\ U_{P_2}^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} X_{P_2} \\ Y_{P_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_D^X \\ U_D^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\sin\varphi_4 & -\cos\varphi_4 \\ \cos\varphi_4 & -\sin\varphi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{P_2}^{(4)} \\ y_{P_2}^{(4)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_4'. \quad (46)$$

3-кестеде екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың шарнирі мен P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінің сызықтық жылдамдықтары көрсетілген.

φ_1 координатасы бойынша теңдеуін дифференциалдай отырып, екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың буындарының бұрыштық үдеін (47) анықтаймыз:

$$\left.\begin{aligned}
&-l_{AB}\cos\varphi_{AB} - l_{BE}\cos\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'^{\,2} - l_{BE}\sin\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'' + \\
&+ l_{GE}\cos\varphi_5\cdot\varphi_5'^{\,2} + l_{GE}\sin\varphi_5\cdot\varphi_5'' + l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi_6'^{\,2} + \\
&+ l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'' = 0 \\
&\\
&-l_{AB}\sin\varphi_{AB} - l_{BE}\sin\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'^{\,2} + l_{BE}\cos\varphi_{BE}\cdot\varphi_2'' + \\
&+ l_{GE}\sin\varphi_5\cdot\varphi_5'^{\,2} - l_{GE}\cos\varphi_5\cdot\varphi_5'' + l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'^{\,2} - \\
&- l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi_6'' = 0 \\
&\\
&-l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi_6'^{\,2} - l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'' - l_{GF}\cos\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'^{\,2} - \\
&- l_{GF}\sin\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'' + +l_{DF}\cos\varphi_4\cdot\varphi_4'^{\,2} + l_{DF}\sin\varphi_4\cdot\varphi_4'' + \\
&+ l_{CD}\cos\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'^{\,2} + l_{CD}\sin\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'' = 0 \\
&\\
&-l_{HG}\sin\varphi_6\cdot\varphi_6'^{\,2} + l_{HG}\cos\varphi_6\cdot\varphi'' - l_{GF}\sin\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'^{\,2} + \\
&+ l_{GF}\cos\varphi_{GF}\cdot\varphi_5'' + l_{DF}\sin\varphi_4\cdot\varphi_4'^{\,2} - l_{DF}\cos\varphi_4\cdot\varphi_4'' + \\
&+ l_{CD}\sin\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'^{\,2} - l_{CD}\sin\varphi_{CD}\cdot\varphi_3'' = 0 \\
&\\
&-l_{HI}\cos\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'^{\,2} - l_{HI}\sin\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'' + l_{KI}\cos\varphi_7\cdot\varphi_7'^{\,2} + + \\
&l_{KI}\sin\varphi_7\cdot\varphi_7'' + l_{CK}\cos\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'^{\,2} + l_{CK}\sin\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'' = 0 \\
&\\
&-l_{HI}\sin\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'^{\,2} + l_{HI}\cos\varphi_{HI}\cdot\varphi_6'' + l_{KI}\sin\varphi_7\cdot\varphi_7'^{\,2} - \\
&- l_{KI}\cos\varphi_7\cdot\varphi_7'' + l_{CK}\sin\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'^{\,2} - l_{CK}\cos\varphi_{CK}\cdot\varphi_3'' = 0
\end{aligned}\right\}. \qquad (47)$$

Теңдеулер жүйесін (48) матрицалық формада көрсетсек:

$$[A]\cdot\overline{w} = \overline{C}\,, \qquad (48)$$

$$\overline{w} = \begin{bmatrix} \varphi_2'' \\ \varphi_5'' \\ \varphi_6'' \\ \varphi_4'' \\ \varphi_3'' \\ \varphi_7'' \end{bmatrix},$$

$$\overline{C} = \begin{bmatrix} (X_B - X_A) + (X_E - X_B)\varphi_2'^2 + (X_G - X_E)\varphi_5'^2 + \\ + (X_H - X_G)\varphi_6'^2 \\ (Y_B - Y_A) + (Y_E - Y_B)\varphi_2'^2 + (Y_G - Y_E)\varphi_5'^2 + (Y_H - Y_G)\varphi_6'^2 \\ (X_G - X_H)\varphi_6'^2 + (X_F - X_G)\varphi_5'^2 + (X_D - X_F)\varphi_4'^2 + \\ + (X_C - X_D)\varphi_3'^2 \\ (Y_G - Y_H)\varphi_6'^2 + (Y_F - Y_G)\varphi_5'^2 + (Y_D - Y_F)\varphi_4'^2 + \\ + (Y_C - Y_D)\varphi_3'^2 \\ (X_I - X_H)\varphi_6'^2 + (X_K - X_I)\varphi_7'^2 + (X_C - X_K)\varphi_3'^2 \\ (Y_I - Y_H)\varphi_6'^2 + (Y_K - Y_I)\varphi_7'^2 + (Y_C - Y_K)\varphi_3'^2 \end{bmatrix}. \qquad (49)$$

φ_1 координатасы бойынша буынның бұрыштық үдеу (50) векторын $\overline{w}$ анықтаймыз:

$$\overline{w} = [A]^{-1} \cdot \overline{C} \qquad (50)$$

4-кестеде екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың бұрыштық үдеуі көрсетілген.

φ_1 координатасы бойынша екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың шарнирі мен P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінің сызықтық жылдамдықтарын (39) пен (45) дифференциалдай отырып, оның сызықтық үдеуін (51) анықтаймыз.

$$\begin{bmatrix} W_B^X \\ W_B^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_B^X \\ U_B^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos\varphi_1 & \sin\varphi_1 \\ -\sin\varphi_5 & -\cos\varphi_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_B^{(1)} \\ y_B^{(1)} \end{bmatrix} \qquad (51)$$

$$\begin{bmatrix} W_E^X \\ W_E^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_E^X \\ U_E^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_B^X \\ W_B^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\cos\varphi_2 & \sin\varphi_2 \\ -\sin\varphi_2 & -\cos\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_E^{(2)} \\ y_E^{(2)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_2' +$$

$$+ \begin{bmatrix} -\sin\varphi_2 & -\cos\varphi_2 \\ \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_E^{(2)} \\ y_E^{(2)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_2'', \tag{52}$$

$$\begin{bmatrix} W_G^X \\ W_G^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_G^X \\ U_G^Y \end{bmatrix} = l_{HG} \begin{bmatrix} -\cos\varphi_6 \\ -\sin\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \varphi_6'^2 +$$

$$+ l_{HG} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_6 \\ \cos\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \varphi_6'', \tag{53}$$

$$\begin{bmatrix} W_F^X \\ W_F^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_F^X \\ U_F^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{W_G^X} \\ W_G^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\cos\varphi_5 & \sin\varphi_5 \\ -\sin\varphi_5 & -\cos\varphi_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_F^{(5)} \\ y_F^{(5)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_5'^2 +$$

$$+ \begin{bmatrix} -\sin\varphi_5 & -\cos\varphi_5 \\ \cos\varphi_5 & -\sin\varphi_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_F^{(5)} \\ y_F^{(5)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_5'', \tag{54}$$

$$\begin{bmatrix} W_D^X \\ W_D^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} \mathrm{U_D^X} \\ U_D^Y \end{bmatrix} = l_{CD} \begin{bmatrix} -\cos\varphi_{CD} \\ -\sin\varphi_{CD} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3'^2 +$$

$$+ l_{CD} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_{CD} \\ \cos\varphi_{CD} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3'', \tag{55}$$

$$\begin{bmatrix} W_I^X \\ W_I^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_I^X \\ U_I^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos\varphi_6 & \sin\varphi_6 \\ -\sin\varphi_6 & -\cos\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(6)} \\ y_I^{(6)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_6'^2 +$$

$$+ \begin{bmatrix} -\sin\varphi_6 & -\cos\varphi_6 \\ \cos\varphi_6 & -\sin\varphi_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(6)} \\ y_I^{(6)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_6'', \tag{56}$$

$$\begin{bmatrix} W_K^X \\ W_K^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_K^X \\ U_K^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos\varphi_3 & \sin\varphi_3 \\ -\sin\varphi_3 & -\cos\varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_K^{(3)} \\ y_K^{(3)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3'^{\,2} +$$

$$+ \begin{bmatrix} -\sin\varphi_3 & -\cos\varphi_3 \\ \cos\varphi_3 & -\sin\varphi_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_K^{(3)} \\ y_K^{(3)} \end{bmatrix} \cdot \varphi_3'', \tag{57}$$

$$\begin{bmatrix} W_{P_1}^X \\ W_{P_1}^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_{P_1}^X \\ U_{P_1}^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{W}_\mathrm{B}^\mathrm{X} \\ W_B^Y \end{bmatrix} + l_{AB} \begin{bmatrix} -\cos\varphi_2 \\ -\sin\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \varphi_2'^{\,2} +$$

$$+ l_{AB} \begin{bmatrix} -\sin\varphi_2 \\ \cos\varphi_2 \end{bmatrix} \cdot \varphi_2'', \tag{58}$$

$$\begin{bmatrix} W_{P_2}^X \\ W_{P_2}^Y \end{bmatrix} = \frac{\partial}{\partial \varphi_1} \begin{bmatrix} U_{P_2}^X \\ U_{P_2}^Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{W}_\mathrm{D}^\mathrm{X} \\ W_D^Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\cos\varphi_4 & \sin\varphi_4 \\ -\sin\varphi_4 & -\cos\varphi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{P_2}^{(4)} \\ y_{P_2}^{(4)} \end{bmatrix} \varphi_4'^{\,2} +$$

$$+ \begin{bmatrix} -\sin\varphi_4 & -\cos\varphi_4 \\ \cos\varphi_4 & -\sin\varphi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{P_2}^{(4)} \\ y_{P_2}^{(4)} \end{bmatrix} \varphi_4''. \tag{59}$$

5-кестеде екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятордың шарнирі мен P_1 мен P_2 жұмыс нүктесінің сызықтық үдеуі көрсетілген.

2.4 Бір қозғалтқышты V класстың екі көмекші органы бар параллельді манипуляторының кинематикалық талдауының сандық үлгілері

6 -кестеде P_1 мен P_2 жұмыс нүктелерінің $X_{P_{1i}}$, $Y_{P_{1i}}$ пен $X_{P_{2i}}$, $Y_{P_{2i}}$ координаттардың N = 17 дискретті мәндері, сондай-ақ φ_{1i} мен φ_{3i} айналу бұрыштары анықталды.

Бір қозғалтқышты V класстың екі көмекші органы бар параллельді манипуляторының кинематикалық талдауы екі антропоморфтық ABP_1 мен CDP_2 манипулятордан, сондай-ақ ВВ түріндегі *EF* пен *GH* бинарлы буындарынан тұрады.

6 Кесте P_1 мен P_2 жұмыс нүктелері координаталарының мәндері

i	X_{P1}, мм	Y_{P1} ,мм	X_{P2},мм	Y_{P2}, мм	φ_1	φ_3
1	290,0	450,0	595,0	480,0	60,0	60,0
2	280,3125	443,4375	575,9375	478,1250	65,73	61,875
3	270,6250	436,8750	556,8750	476,2500	71,46	63,750
4	260,9375	430,3125	537,8125	474,3750	77,19	65,625
5	251,2500	423,7500	518,7500	472,5000	82,91	67,500
6	241,5625	417,1875	499,6875	470,6250	88,64	69,375
7	231,8750	410,6250	480,6250	468,7500	94,37	71,250
8	222,1875	404,0625	461,5625	466,8750	100,10	73,125
9	212,5000	397,5000	442,5000	465,0	105,83	75,0
10	202,8125	390,9375	423,4375	463,1250	111,56	76,875
11	193,1250	384,3750	404,3750	461,2500	117,29	78,750
12	183,4375	377,8125	385,3125	459,3750	123,02	80,625
13	173,7500	371,2500	366,2500	457,5000	128,75	82,500
14	164,0625	364,6875	347,1875	455,6250	134,48	84,375
15	154,3750	358,1250	328,1250	453,7500	140,21	86,250
16	144,6875	351,5625	309,0625	451,8750	145,94	88,125
17	135,0	345,0	290,0	450,0	151,67	90,0

Есептеуге берілген мәндері:

1) антропоморфтық манипулятор ABP_1: $x_B^{(1)} = 105{,}11$ мм, $y_B^{(1)} = 59{,}93$ мм, $X_A = 134{,}0$ мм, $Y_A = 88{,}0$ мм, $l_{BP_1} = 287{,}34$ мм;

2) антропоморфтық манипулятор CDP_2: $x_D^{(3)} = 183{,}56$ мм, $y_D^{(3)} = 61{,}21$ мм, $X_C = 482{,}0$ мм, $Y_C = 14$ мм, $l_{DP_2} = 284{,}89$ мм;

3) ВВ түріндегі *EF* бинарлы буын: $x_E^{(2)} = 156{,}8$ мм, $y_E^{(2)} = 54{,}6$ мм, $x_F^{(4)} = 73{,}34$ мм, $y_F^{(4)} = 125{,}88$ мм, $l_{EF} = 152{,}0$ мм;

4) ВВ түріндегі GH бинарлы буын: $x_G^{(5)} = 154{,}33$ мм, $y_G^{(5)} = 73{,}02$ мм, $X_H = 332{,}0$ мм, $Y_H = 10{,}0$ мм, $l_{DP_2} = 238{,}21$ мм;

5) ВВ түріндегі *IK* бинарлы буынын анықтау**:** $x_I^{(6)} = 98{,}44$ мм, $y_I^{(6)} = 31{,}86$ мм, $x_K^{(3)} = 126{,}82$ мм, $y_K^{(3)} = 126{,}82$ мм, $l_{IK} = 133{,}42$ мм.

3 Зерттеу бөлімі

3.1 Сызықты алгебралық тепе-теңдікжүйелерін шешу

Алынған теңдеулерді Microsoft Office EXCEL-де Visual Basic программалау тілі арқылы шешуге болады. Бағдарлама 17 күйде буындардың координаттарындағы өзгерістерді ескере отырып, алынған белгісіз реакцияларды көрсететін сызықтық теңдеулер жүйесін шешуге қарастырылған.

```
Sub RSLU(dblKoefSisUr() As Double, dblSvobChlUr() As Double, dblX() As Double, blnMowSol)
Гаусс әдісімен сызықты теңдеулер жүйелерін негізгі элементті таңдау арқылы шешу
'Dim intKolUrav As Integer ' теңдеулер саны
'Dim dblKoefSisUr(intKolUrav,intKolUrav ) As Double 'теңдеулер жүйесінің коэффициенттері
'Dim dblSvobChlUr(intKolUrav) As Double 'теңдеулер жүйесінің еркіндігі
'шешімі беріледі  dblX()
'егер шешімі қабылданбаса blnMowSol=True
Dim dblC() As Double
Dim dblG() As Double
Dim intS1 As Integer
Dim intS2 As Integer
Dim intS3 As Integer
Dim intS4 As Integer
Dim intS5 As Integer
Dim dblS As Double
Dim intN1 As Integer
Dim intK1 As Integer
Dim intJ As Integer
Dim dblV As Double
Dim intKolUrav As Integer
On Error Resume Next
intKolUrav = UBound(dblSvobChlUr)
'ReDimdblKoefSisUr(1 To intKolUrav, 1 To intKolUrav)
'ReDimdblSvobChlUr(1 To intKolUrav)
ReDimdblC(1 To intKolUrav, 1 To intKolUrav)
ReDimdblG(1 To intKolUrav)
'ReDimdblX(1 To intKolUrav)
'For intSchet1 = 1 To intKolUrav
'For intSchet2 = 1 To intKolUrav
'Next intSchet2
'Next intSchet1
```

```
blnMowSol = False
intN1 = intKolUrav - 1
For intS1 = 1 To intN1
If Abs(dblKoefSisUr(intS1, intS1)) > 0 Then GoTo 200
intK1 = intS1 + 1
For intS2 = intK1 To intKolUrav
If Abs(dblKoefSisUr(intS2, intS1)) > 0 Then GoTo 150
GoTo 165
150:
For intS3 = 1 To intKolUrav
dblV = dblKoefSisUr(intS1, intS3)
dblKoefSisUr(intS1, intS3) = dblKoefSisUr(intS2, intS3)
dblKoefSisUr(intS2, intS3) = dblV
Next intS3
165:
Next intS2
dblV = dblSvobChlUr(intS1)
dblSvobChlUr(intS1) = dblSvobChlUr(intS2 - 1)
dblSvobChlUr(intS2 - 1) = dblV
200:
If dblKoefSisUr(intS1, intS1) = 0 Then blnMowSol = True: Exit Sub
dblG(intS1) = dblSvobChlUr(intS1) / dblKoefSisUr(intS1, intS1)
intK1 = intS1 + 1
For intS4 = intK1 To intKolUrav
dblSvobChlUr(intS4) = dblSvobChlUr(intS4) _
- dblKoefSisUr(intS4, intS1) * dblG(intS1)
For intS5 = intS1 To intKolUrav
intJ = intKolUrav - intS5 + intS1
If dblKoefSisUr(intS1, intS1) = 0 Then blnMowSol = True: Exit Sub
dblC(intS1, intJ) = dblKoefSisUr(intS1, intJ) / dblKoefSisUr(intS1, intS1)
dblKoefSisUr(intS4, intJ) = dblKoefSisUr(intS4, intJ) _
- dblKoefSisUr(intS4, intS1) * dblC(intS1, intJ)
Next intS5
Next intS4
Next intS1
intS2 = intKolUrav
If dblKoefSisUr(intS2, intS2) = 0 Then blnMowSol = True: Exit Sub
dblX(intS2) = dblSvobChlUr(intS2) _
/ dblKoefSisUr(intS2, intS2)
250:
intS2 = intS2 - 1
dblS = 0
For intS3 = intS2 To intN1
dblS = dblS + dblC(intS2, intS3 + 1) * dblX(intS3 + 1)
```

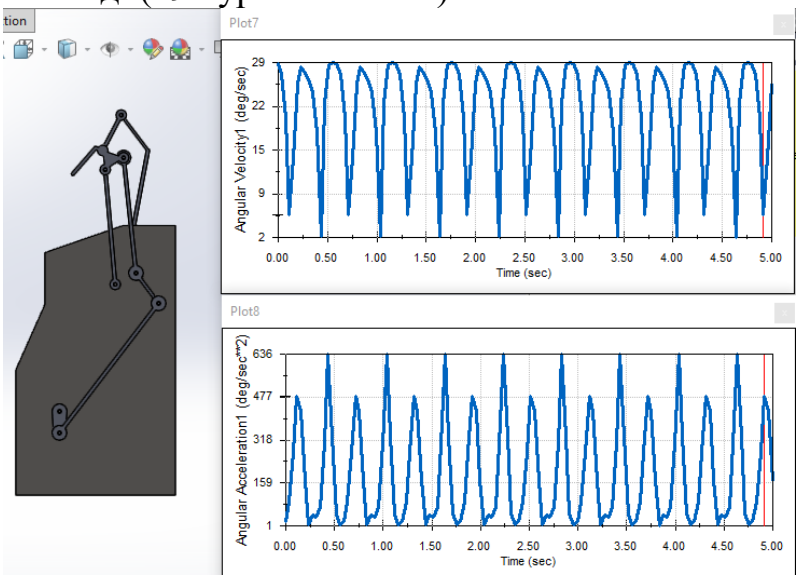
```
Next intS3
dblX(intS2) = dblG(intS2) - dblS
If intS2 > 1 Then GoTo 250
End Sub
```

17 позициядағы буындардың бағдарлама координаттарын таңдаудың дұрыстығы осы мәндерді «TEST» деп аталатын бөлек парақта көрсеткен кезде бақыланады. Көрсетілген әрекеттерді орындағаннан кейін бағдарлама макросы өшіріледі.

3.2 SolidWorks бағдарламасында жұмыс органдарының жылдамдықтары мен үдеулерінің сандық деректерін салыстырмалы зерттеу

Бұл бөлімде алынған шешімнің дұрыстылығы тексеріледі. Кинематикалық талдау мәселесінің шешілуін тексеру үшін қозғалыс траекториясының бастапқы нүктесіне механизмнің шығу буындарын келтіреміз. Декарттық және жалпыланған координаттардың қажетті анықтамалық мәндерін аламыз. Механизмнің алынған жеңілдетілген 3D-моделін пайдаланамыз және шығу нүктесін бастапқы нүктеге келтіреміз.

Біріктірілген талдау құралын пайдаланамыз және оның негізгі координат жүйесіне қатысты барлық механизмнің шығу буынының координаттары өлшенеді (29-суретке сәйкес).



29 сурет – Екі көмекші органы бар V класстағы параллельді манипулятор

Осылайша, теориялық деректерді салыстырмалы талдаумен және механизмді нәтижеленген 3D модельдеуден өткеннен кейін орташа қателіктер 0,05 % -ға тең деп қорытынды жасауға болады, бұл механизмді жеткілікті дәлдікпен басқаруға кепілдік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Полиграфиялық тигельді баспа автоматты машиналарына патенттік ізденіс пен әдебиеттік шолу жасалды. Топсалы-иінтіректі параллельді манипулятордың механизміне кинематикалық талдау жасалды. Топсалы-иінтіректі механизміне кинематикалық талдау жүргізу үшін теңдеулерді алу және оны MS Excel-мен Visual Basic бойынша нәтиже алынды SolidWorks бағдарламасымен механизмнің кинематикалық параметрлерінің сандық деректерін салыстырмалы зерттеу жүргізілді.

Механизмдер мен машиналар теориясының заманауи әдістері полиграфиялық саласын қажеттіліктері үшін автоматтандырылған машиналарды құруға мүмкіндік береді, осы мақсатта екі жұмысшы органы бар параллельді құрылымның манипуляторларын қолданылады. Оларды автоматтандыру үшін пайдаланылатын тигельді пресс автоматты машиналары мен манипуляторлар кіші және орта баспа кәсіпорындарының өнімділігін бірнеше рет арттырады, себебі оператор бір уақытта бірнеше машинаны қарауға мүмкіндігі бар. Қазіргі таңда, тигельді пресс басып шығару, кесу, қаптау, белгілі бір қалыңдықтағы, тығыздықтағы пластмасс, картон және қағаздарды басып шығаруға мүмкіндік беріп отыр.

Бұл жұмыста тигельді прессті тасымалдаушы құралының көмегімен автоматтандыру кемшілігі айқындала түсті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Гельмут Киппхан. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства/Гельмут Киппхан; Пер. с нем. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с.

2 A.Kluge ET AL patent US147656 from Oct. 30, 1923. Pneumatic feeding device for printing presses. Filed July 19, 1919.

3 A. Kluge et al. Patent US1592635 from July 13, 1926. Sheet feeding device. Filed May 7. 1923

4 E. Kluge Patent US2318165 from May 4, 1943 Sheet delivery mechanism. Filed Oct.11, 1941

5 Innocenti C. and Parenti - Castelli V. Closed – Form Direct Position Analysis of a 5 – 5 Parallel Mechanism// ASME J. of Mechanical Design, 115 (3), 1993- P. 515 -521.

6 Nakashima K. et. al. Development of the Parallel Manipulator//Proc. of IMACS/SICE Int. Symp. On Robotics, Mechatronics, and Manufacturing Systems. Kobe, September 16-20,1992. - P. 419-424.

7 Kong X., Gosselin C. Type Synthesis of Parallel Mechanisms.-Springer, 2007.-386p.

8 Lee C. C., Herve J. Cartesian Parallel Manipulators with Pseudoplanar Limbs//ASME J. Mech. Des., 129, 2007.-P.1256-1264.

9 А.с. 1136968 (СССР). Манипулятор для захвата пачки сфальцованных тетрадей/ В.Г.Фишков, Б.Н.Юрухин - Опубл. в Б.И., I985, № 4.

10 А.с. 628004 (СССР). Привод каретки для транспортировки книжных блоков в блокообрабатывающей машине / М.Е. Фишин - Опубл. в Б.И., I978, № 38.

11 А.с. 597580 (СССР). Устройство для укладки плоских изделий/ Г.З. Наринский, Б.И. Маргарянц, С.В. Романов, В.Д. Рыбаков - Опубл. в Б.И., I978, № 10.

12 А.с. 537853 (СССР). Устройство для приема, накопления и вывода штрихованных книг/ М.Д.Груздев, Г.А.Левин, Г.С.Чернов - Опубл. в Б.И., I977, № 45.

13 А.с. 859212 (СССР). Устройство для ввода комплекта подобранных тетрадей в блокообрабатываюший агрегат / А.Д. Николаева, М.М. Плоткин. - Опубл. в Б.И., I98I, № 32.

14 Lung-Wen Tsai. Robot Analysis: The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators.- John Wiley & Sons, Inc.,New York/ Singapore/ Toronto, 1999.

15 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov, et. al. Parallel Manipulator of a Class Robomech. Mechanism and Mashine Sciences. Springer, 2016, pp. 547-557.

16 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov,et. al.Structural-Parametric Synthesis of the Planar Parallel Manipulator with Two End-Effectors.Proceedings of the 3rd IFToMM International Symposium on Robotics and Mechatronics (ISRM 2013). Singapore, October 2-4, 2013, pp .23-32.

17 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov, et. al. Structural and Kinematic Synthesis of a Planar Parallel Manipulator with Two Rectilinear Moving End-Effectors. Proceedings of the 2014 Workshop on Fundamental Issues and Future Research Directions for Parallel Mechanisms and Manipulators. Tianjin, China, July7-8, 2014, pp. 215-222.

18 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov, et. al. Kinematic Analysis of a Planar Parallel Manipulator with Two Rectilinear Moving End-Effectors. Proceedings of the Third IFToMM Asian MMS Conference. Tianjin, China, July 9-10, 2014, pp. 305-312.

19 Zhumadil Baigunchekov, Myrzabai Izmambetov, et. al. Kinematics of the Parallel Manipulators with Two End-Effectors. Proceedings of the 14th IFToMM World Congress. Vol.2, Taipei, Taiwan, October 25-30, 2015, pp. 1048-1057.

20 Zhumadil Baigunchekov, MyrzabaiI zmambetov, et. al. Structural and Dimensional Synthesis of a Parallel Manipulator with Two End-Effectors. Robotics and Mechatronics. Vol. 37, Springer, 2015, pp. 15-23.

21 Zh. Baigunchekov, et.al. Parallel Manipulator of a Class RoboMech. Mechanism and Machine Sciences. Springer, 2016, pp. 547-557.

22 АртоболевскийИ.И. Теория механизмов и машин.- М.: Наука, 1988.

23 John J. Uicker,Jr. Gordon R. Pennock, Joseph E.Shigler. Theory of Machines and Mechanisms. International Fourth Edition, Oxford University Press, 2011.

24 Zh. Baigunchekov, M. Kalimoldaev, M. Izmambetov, T. Baigunchekov, B. Naurushev. Synthesis of Intellectual Parallel Manipulator with Two Degrees of Freedom.2017 2nd International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modelling, August 6-7, Phuket, Thailand, 2017, pp. 361-365.

25 Zh. Baigunchekov, M. Kalimoldaev, M. Izmambetov, T. Baigunchekov, B. Naurushev.Synthesis of Intellectual Parallel Manipulator with Two Degrees of Freedom.2017 2nd International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modelling, August 6-7, Phuket, Thailand, 2017, pp. 361-365.

26 Теория механизмов, машин и манипуляторов: учеб. Пособие/ Л.А. Борисенко. – Минск: Новое знание: М.: ИФРА-М, 2011 – 285 с.

27 Воробьев Е.И. Осуществление заданного относительного движения двух твердых тел двуруким роботом // Механика твердого тела, 2018. - №2. – С. 122-128.

28 Глазунов В.А., Ласточкин А.Б., Терехова А.Н., Ву Нгок Бик. Об особенностях устройств относительного манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин, 2007. - №2. С. 77-85.

29 Глазунов В.А., Ласточкин А.Б., Шалюхин К.А., Дамилин П.О. К анализу и классификации устройств относительного манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин, 2009. - №4. С. 81-85.

30 Глазунов В.А., Чунихин А.Д. Развитие исследований механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин, 2014. - №3. С. 37-43.

31 Хейло С.В., Глазунов В.А., Ширинкин М.А., Календарев А.В. Возможные применения механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин, 2013. - №5. С. 19-24.

32 Крайнев А.Ф., Ковалев Л.К., Васецкий В.Г., Глазунов В.А. Разработка установок для лазерной резки на основе механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин, 1994. - №6. С. 84-93.

33 Хейло С.В., Глазунов В.А. Манипуляционные механизмы параллельной структуры для робототехнических комплексов предприятий текстильной промышленности // Вестник Московского государственного текстильного университета: Тематический сборник научных трудов «Инновационные технологии и материалы», 2012. – С. 73-76.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

РЕЦЕНЗИЯ

Дүйсенбек Әселдің магистрлік диссертациясына.
6М072200 – Полиграфия

тақырыбы: «Полиграфиялық автоматты машиналардың механизмдерінде параллель манипулятордың кинематикалық талдауы»

Орындалды:
а) графикалық бөлімде _____ сурет
б) түсіндірме жазба ____57____ бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дүйсенбек Ә. диссертациясының негізгі міндеті бойынша тигельді баспа автомат-машиналарын параллельді манипулятормен автоматтандырып, машиналар мен механизмдер теориясы бойынша кинематикалық талдау жасау.

Ескерту ретінде диссертацияның негізгі мәтіні айтарлықтай қысқартылуы керек екендігін атап өту керек.

Жұмысты бағалау

Дүйсенбек Ә.Н. диссертациялық зерттеуінде басқару жүйесін жеңілдету мақсатында жетектердің санын азайту арқылы сенімділікті және өнімділігін жоғарылату, нәтижесінде өнімнің өзіндік құны төмендейтіні көрсетілген. Жұмыстың жаңашылдығы ретінде тигельді баспа автомат-машиналарын параллельді манипулятормен автоматтандыру қазіргі уақытта маңызды болып табылады. Жалпы, қарастырылып отырған диссертация ауқымы мен мазмұны бойынша магистрлік диссертацияларға қойылатын талаптарға толығымен сәйкес келеді.

Магистрант Дүйсенбек Ә.Н. 6М072200 – Полиграфия мамандығы бойынша магистр академиялық дәрежесін алуға лайықты, ал магистрлік диссертация «өте жақсы» бағасына бағалана алады.

Рецензент
«Д.В. Сокольский атындағы
жанармай, катализ және
электрохимия институты» АҚ
аға ғылыми қызметкері, х.ғ.к.

_____ А.И.Джумекеева
(қолы)
«30» ____05____ 2019ж.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На магистерскую диссертацию
Дүйсенбек Әсел Нұрғалиқызы
6М072200 – Полиграфия

Тема: «Кинематический анализ параллельного манипулятора в механизмах полиграфических машин-автоматов»

Диссертационное исследование Дүйсенбек Ә. Н. посвящено актуальной проблеме кинематического анализа параллельного манипулятора в механизмах полиграфических машин-автоматов.

Исследования по данной теме помогут разработать универсальные самонаклады бумаги в составе тигельных печатных прессов-автоматов, которые повысят автоматизацию средних и малых полиграфических производств Республики Казахстан.

Тигельные печатные пресса-автоматы применяются операциях печати, высечки, биговки, конгревного и блинтового тиснения изделий из бумаги, картона или пластика имеющие значительную толщину и плотность, для обработки которых нужна сила тигельного пресса. При всех его плюсах остается открытым вопрос с его автоматизацией, механическая схема, которого не дает другого выхода как копировать движения рук оператора и создавать антропоморфные кинематические схемы механизмов.

Магистрантом выполнены все поставленные перед ней задачи, а именно, проведен кинематический анализ самопадающего шарнирно-рычажного механизма с двумя рабочими органами основанном на методах теории механизмов и машин. Введены уравнения для исследования кинематики параллельного манипулятора, составлена программа в MS EXCEL на языке Visual Basic. Проведено сравнительное исследование результатов с использованием программы SolidWorks.

Ф КазНИТУ 706-16. Отзыв научного руководителя

В процессе выполнения работы Дүйсенбек Ә. Н. проявила отличную теоретическую подготовку, целеустремленность, самостоятельность в выборе темы научного исследования, применяемых методов и баз для проведения экспериментальной работы.

Диссертационная работа представляет собой законченное самостоятельное исследование, выполненная по актуальной проблеме современного полиграфического производства.

Считаю, что магистрант Дүйсенбек Ә. Н. достойна присуждения академической степени магистра по специальности 6М072200 – Полиграфия, а магистерская диссертация может быть оценена на «отлично» (92%).

Научный руководитель

Ассоц.профессор кафедры
«Транспортная техника»
к.х.н., доцент
(должность, уч.степень,звание)

_____ Ибраева Ж.Е.
(подпись)

«25» 05 2019 г.

Отчет подобия

ҚАЗ ҰТУ

Университет:	Satbayev University
Название:	Полиграфиялық автоматты машиналардың механизмдерінде параллель манипулятордың кинематикалық талдауы
Автор:	Дүйсенбек Әсел Нұрғалиқызы
Координатор:	Жанар Ибраева
Дата отчета:	2019-05-30 13:12:44
Коэффициент подобия № 1: ?	0,6%
Коэффициент подобия № 2: ?	0,0%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	3 795
Число знаков:	29 734
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	97

! К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.
Количество выделенных слов 26

[redacted] Самые длинные фрагменты, определеные, как подобные

[redacted] Документы,содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

[redacted] Документы,содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

[redacted] Документы,содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Детали отчета подобия