

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Ә.Бүркітбаев атындағы «Энергетика және машина жасау» институты

«Машина жасау» кафедрасы

Дүйсенғали Меруерт Абайқызы

«CNC станоктарында біліктеді өңдеуді басқарудың заманауи бағдарламаларын талдау»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07112 – Машина жасау өндірісін цифрландыру

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Ә.Бүркітбаев атындағы «Энергетика және машина жасау» институты

«Машина жасау» кафедрасы

Дүйсенғали Меруерт Абайқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы: «CNC станоктарында біліктеді өңдеуді басқарудың заманауи
бағдарламаларын талдау»

Дайындау бағыты: 7M07112 – Машина жасау өндірісін цифрландыру

Ғылыми жетекші

PhD докторы, ассоц. профессор

_____Рахматулина А.Б.

«___» _____2024 ж.

Рецензент

Л.Б.Гончарова атындағы ҚазАЖИ

«Қазақстан тарихы, жалпы білім беретін пәндер

мен ақпараттық жүйелер» кафедрасының

қауымдартырылған

профессор міндетін атқарушысы,

PhD доктор

_____Бекмуханбетова Ш.А.

«___» _____2024 ж.

Норма бақылаушы

аға оқытушы

_____Карпеков Р.К.

«___» _____2024 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Машина жасау» кафедра

меңгерушісі ,

PhD докторы

_____Е.З. Нугман

«___» _____2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Ә.Бүркітбаев атындағы «Энергетика және машина жасау» институты

«Машина жасау» кафедрасы

7M07112 – Машина жасау өндірісін цифрландыру

БЕКІТЕМІН

«Машина жасау» кафедра
меңгерушісі,
PhD докторы

_____ Е.З. Нугман
«_____» _____ 2024 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Дүйсенғали Меруерт Абайқызы

Тақырыбы: «CNC станоктарында біліктеді өңдеуді басқарудың заманауи
бағдарламаларын талдау»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректордың _____ «_» _____ №_____ бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «_____» қаңтар 2024 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: CNC станоктарында біліктеді өңдеуді
басқарудың заманауи бағдарламаларын қарастыру.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) CNC станоктарында өндірісті технологиялық дайындаудың ерекшелігі*
- б) CNC машиналарын басқарудың қолданыстағы әдістері*
- в) CAD/CAM жүйесінде CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құру және кәсіби
программалар*
- г) Төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен
генетикалық алгоритмдерді қолдану*

Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
жұмыс презентациясы слайтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер тізімі: 31

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
CNC станоктарында өндірісті технологиялық дайындаудың ерекшелігі	15.06.2023	Орындалды
CNC машиналарын басқарудың қолданыстағы әдістері	5.08.2023	Орындалды
CAD/CAM жүйесінде CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құру және кәсіби программалар	1.09.2023	Орындалды
Төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдерді қолдану	7.10.2023	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.11.2023	Орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі
диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының
қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Карпеков Р.К., аға оқытушы		
Негізгі бөлім	Рахматулина А.Б., PhD докторы, ассоц. профессор		
Есептеу бөлім	Рахматулина А.Б., PhD доктор, ассоц. профессор		

Ғылыми жетекшісі _____ Рахматулина А.Б.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды _____ Дүйсенғали М.А.

Күні «__» _____ 2024 ж.

АНДАТПА

Бұл магистрлік жұмыста CNC станоктарында біліктеді өңдеуді басқарудың заманауи бағдарламаларын талдау жүргізілген. CNC машиналарын басқарудың қолданыстағы әдістері, CNC машинасы үшін басқару бағдарламасын дайындау, оның классификациясы, CNC станоктары үшін басқару бағдарламаларын жазу және жазу тәсілдері туралы зерттелген. Магистрлік жұмыста CAD/CAM жүйесінде CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құру және кәсіби программаларды талданады, төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдерді қолдану түрлері қарастырылады.

ABSTRACT

In this master's work, an analysis of modern programs for managing the processing of qualifications on SNC machines was carried out. The existing methods of controlling CNC machines, the preparation of a control program for a CNC machine, its classification, methods of writing and writing control programs for CNC machine tools are studied. In the master's work, the creation of programs for SNC machines in the CAD/CAM system and the analysis of professional programs are carried out, the types of neural networks and genetic algorithms for controlling the processing of low-hardness shafts are considered.

АННОТАЦИЯ

В данной магистерской работе проведен анализ современных программ управления квалификационной обработкой на станках CNC. Изучены существующие методы управления станками с ЧПУ, подготовка программы управления для станков с ЧПУ, ее классификация, способы написания и написания программ управления для станков с ЧПУ. В магистерской работе анализируется разработка программ для станков CNC в системе CAD/CAM и профессиональные программы, рассматриваются виды применения нейронных сетей и генетических алгоритмов для управления обработкой валов низкой жесткостью.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Жалпы мәліметтер	
1.1 CNC технологияларының тарихы және дамуы	8
1.2 CNC станоктарында өндірісті технологиялық дайындаудың ерекшелігі	15
1.3 CNC машиналарының артықшылықтары және әзірленуде технологиялық құжаттама	16
1.4 Сандық басқарылатын станоктардың артықшылықтары	21
2 CNC машиналарын басқарудың қолданыстағы әдістері	
2.1 CNC машинасы үшін басқару бағдарламасын дайындау	25
2.2 CNC станоктарының классификациясы	29
2.3 CNC станоктары үшін басқару бағдарламаларын жазу тәсілдері	31
2.4 CNC машинасына қолмен басқару бағдарламасын жазу	32
3 CAD/CAM жүйесінде CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құру және кәсіби программалар	
3.1 CNC станоктарына арналған бағдарламаларды CAD/CAM жүйесінде қалай құрастыруға болады	35
3.2 CNC станоктарында токарлық станокта біліктерді өңдеу үшін CAM жүйелері (Computer Aided Manufacturing)	39
3.3 Кәсіби CAM программалары	43
4 Төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдерді қолдану	
4.1 Қаттылығы төмен біліктерді өңдеу мәселесі	46
4.2 Қаттылығы төмен біліктерді токарлық өңдеу процесін автоматтандыру	47
4.3 Бөлшектерді өңдеу кезінде жасанды интеллектті қолдану	48
4.4 Шағын нейрондық желі	56
4.5 NARX нейрондық желісі және LSTM терең желісі	59
4.6 GA негізіндегі контроллер	68
4.7 Нәтижелер және оларды талқылау	69
Қорытынды	76
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	78

КІРІСПЕ

Бұйымдарды механикалық өңдеу технологиясы саласындағы соңғы онжылдықтардағы жетістіктер – өндірісті кешенді автоматтандыру, технологиялық операциялардың дәлдігі мен өнімділігін едәуір арттыру. Бұл ретте ең маңызды техникалық, технологиялық және экономикалық көрсеткіштер бойынша қолмен басқарылатын жабдықтаң айтарлықтай асып түсетін сандық басқарылатын (CNC) металл кесетін жабдықтың рөлі зор. CNC станоктары – бұл машина жасау технологиясы, кибернетика, машина жасау саласындағы жетістіктерді біріктірудің нәтижесі. атақырыптар, электроника және басқа да іргелі және қолданбалы ғылымдар.

Жетекші әлемдік станок жасау компаниялары бір станокта жоғары өнімділікпен және дәлдікпен көптеген алуан түрлі технологиялық ауысуларды орындауға мүмкіндік беретін сандық басқаруы бар заманауи көп функциялы металл кесетін жабдықты шығарады. Сонымен, көп функциялы CNC токарлық станоктары күрделі беттерді бұруға, бұрғылауға, осьтік саңылауларды бұрғылауға ғана емес, сонымен қатар пішіні мен өлшемдері бойынша алуан түрлі беттерді фрезерлеуге, бұрғылауға және кесуге мүмкіндік береді. әртүрлі түрлері бұранда және олардың комбинациялары бөліктің осіне параллель де, перпендикуляр да.

Заманауи көп функциялы CNC станоктарында базалық теорияның негізгі ғылыми принциптерінің бірі жүзеге асырылады, бұл бөлік бір қондырғыда толығымен өңделген кезде өңдеудің ең аз қателіктерін қамтамасыз етеді. Осы 4 мақсат үшін көп функциялы токарлық станоктардың соңғы үлгілерінде екі шпиндель қолданылады: негізгі шпиндель және қарсы-шпиндель, сонымен қатар кескіш құрал негізгі кесу қозғалысын, ал негізгі шпиндель айналмалы беріліс қозғалысын қамтамасыз етеді. Заманауи көпфункционалды токарлық станоктар – бұл ең күрделі және дәлдігі жоғары бұйымдар шығарылатын жаңа тиімділігі жоғары жабдық түрі.

Бұл жабдыққа техникалық қызмет көрсету үшін технологтар қажет-компьютерлік технологияны қолдана отырып, әртүрлі пішіндегі және өлшемдегі бөлшектерді өңдеуге арналған басқару бағдарламаларын әзірлеуге қабілетті бағдарламашылар. Жабдықтың осы түрін сауатты пайдалану арқылы ең жақсы нәтижеге қол жеткізуге болады және бұл білікті жөндеушілерді, операторларды және технолог-бағдарламашыларды қажет етеді. Соңғылары жабдықтың осы түріне қатысты технологиялық дайындық мәселелерін шешуге арналған.

Бұл магистрлік жұмыста ерекшелігі Германия, Австрия және Жапонияның жетекші компаниялары әзірлеген заманауи көп функциялы CNC токарлық станоктарында бөлшектерді өңдеуді бағдарламалау әдістемесін жеткілікті түрде егжей-тегжейлі сипаттайды. Ол технологтарды даярлауға арналған-бағдарламашылар және жоғары білімі бар жас мамандардың (бакалаврлар, магистрлер және инженерлер) білім деңгейін арттыруға ықпал етеді.

1 Жалпы мәліметтер

1.1 CNC технологияларының тарихы және дамуы

CNC жүйелерінің даму кезеңдері. Бірінші CNC станогы 1953 жылы АҚШ-та жасалған. CNC жүйелері өз дамуында әртүрлі элементтік базаларға негізделген. CNC жүйесінің элементтік базасының түрі бойынша дамудың келесі кезеңдері өтті:

-Релелік-контакторлық (шамдық). Жүйелердің электронды базасы шамдар негізінде құрастырылды, мұндай жүйелердің ПӘК-і төмен болды, энергияның негізгі бөлігі шамдарды жылытуға жұмсалды, сенімділігі төмен, аралар тізбектері көптеген адгезиялар, үлкен өлшемдер мен шығындар. Мұндай жүйелер өткен ғасырдың 60-жылдарының басына дейін қолданылған.

-Транзисторлық. Транзисторлардың пайда болуымен жүйелердің ПӘК жоғарылады, өйткені транзисторлар түтіктерге қарағанда әлдеқайда аз энергияны тұтынады, жүйелердің сенімділігі артады, өлшемдері мен құны төмендейді. Бірақ мұндай жүйелерде сонымен қатар олардың сенімділігі мен құнына табиғи түрде әсер ететін көптеген дәнекерлеу орындары болды. Бұл элементтік база 60-жылдардың ортасына дейін қолданылды.

-Шағын және орташа қуатты микросхемалар. Транзисторлық блоктар болып табылатын осындай микросхемаларды құру жүйелердің тиімділігін одан әрі арттыруға, дәнекерлеу нүктелерін, монтаж тақталарының өлшемдерін азайту, электронды басқару блоктарының өзіндік құнын және өлшемдерін азайту арқылы олардың сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Бұл элементтік база 70-ші жылдардың ортасына дейін қолданылды.

-Микропроцессорлар. Микропроцессорлардың пайда болуы CNC контурлық жүйесінің жұмыс схемасын жасады. Аралас жүйелер. Позициялық және контурлық жүйелердің қасиеттерін біріктіріңіз. Ең күрделі және әмбебап, CNC станоктарының (әсіресе көп операциялық) күрделілігіне, олардың технологиялық мүмкіндіктерінің кеңеюіне және автоматтандыру дәрежесінің жоғарылауына байланысты біріктірілген жүйелерді қолдану айтарлықтай кеңейіп келеді. Мысал ретінде IR500F4 моделін келтіруге болады. Заманауи CNC жүйелері дайындамаларды өңдеу кезінде кесу режимдерін жеке түйіспелер ішінде өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл күрделі пішінді беттерді, мысалы, турбиналық қалақтарды өңдеу процестерін оңтайландырудың түбегейлі жаңа мүмкіндіктерін жасайды, бұл беттердің жекелеген бөліктерін өңдеудің ең ұтымды режимдерін тағайындау арқылы, олардың жоғары сапасын қамтамасыз етеді және машина уақытының құнын 20-25 процентке төмендетеді.

-Микропроцессорлық жинақтар және үлкен жад интегралды схемалары (LSI). Бұл элементтер блоктарға біріктіріле бастаған микропроцессорлардың одан әрі дамуы болды, жүйелердің сенімділігі мен мүмкіндіктері одан әрі жақсарды. Жинақтар транзисторлық түйіспелердің өте аз көлемде болуының тығыздығын одан әрі арттыруға мүмкіндік береді. CNC (COMPUTER NUMBER CONTROL – компьютерлік цифрлық басқару) деп аталатын компьютерлерді (микропроцессорлар) қолдана отырып CNC жүйелерін

дамыту, бағдарламалық қамтамасыз етуді басқару технологиясының түбегейлі өзгеруіне әкелді. CNC жүйелерінің ерекшелігі олардың құрылымы болып табылады, ол басқару компьютерінің құрылымына сәйкес келеді, оның ішінде есептеу құрылғысы (процессор), жад блоктары және ақпаратты енгізу/шығару. Бұл жағдайда функциялардың көлемі, орындалатын операциялардың сипаты және олардың реттілігі СК жүйесіндегідей арнайы тізбектермен (блоктармен) емес, жүйенің жадына енгізілетін арнайы бағдарламалық жасақтамамен анықталады. CNC жүйелерінің пайда болуымен бағдарламалық қамтамасыз етуді басқарудың функционалдық мүмкіндіктері едәуір кеңейді, бұрын іске асырылмайтын функциялар пайда болды. Қазіргі уақытта өнімдерді өңдеу үшін компьютерлерден басқарылатын CNC жабдықтарынан тұратын икемді өндірістік жүйелер (ENPS) қолданылады. БПҚ - бұл жабдықтың автоматты түрде жұмыс істеуін қамтамасыз ететін қондырғылармен және жүйелермен жабдықталған технологиялық жабдықтардың бірнеше қондырғылары, негізінен басқару жүйесінің бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, басқа өнімді өндіруге жедел ауыстырумен. CNC бар адаптивті жүйелер. CNC станоктары негізінде металл кесетін станоктар үшін өздігінен реттелетін (бейімделетін) басқару жүйелері жасалады. Металл өңдеуде өзін-өзі бейімдейтін басқару жүйелерін (СПУ) дамытудың болашағы келесі факторларға байланысты шағын көлемді өндірісті автоматтандыру қажеттілігі, оның ерекшелігі өңделетін бөлшектердің үлкен ассортименти және соның салдарынан өңдеу параметрлерінің өзгеруінің өте кең ауқымы болып табылады; дайындамаларды өңделуі қиын жаңа материалдардан өңдеу қажеттілігі; өңдеу дәлдігін арттыру қажеттілігі; станоктың оның дәлдігі бойынша мүмкіндіктерін арттыра отырып, басқару бағдарламасымен белгіленген өңдеу режимдерін шектеу қажеттілігі; шығындардың талап етілетін сапасы мен үнемділігін қамтамасыз ете отырып, өңдеудің күрделі түрлерін орындау қажеттілігі; бағдарламалау процесін жеңілдету; жобалау және өңдеу процестерін олардың орындалуын оңтайландырумен біртұтас тұтастыққа біріктіру қажеттілігі. Өңдеу процесінің математикалық моделін құру үшін оңтайлы кесу режимдерін іздеу аймағына техникалық шектеулер жүйесін аналитикалық түрде орнату және оңтайлылық критерийінің кесу режимдерінің элементтеріне тәуелділігін білдіру қажет. Өңдеу процесін сипаттайтын өлшенетін параметрлер кесу күші, діріл, кесу аймағындағы температура және т.б. Кесу процесінің ең ақпараттық көрсеткіші кесу беріктігінің өзгеруі болып табылады, ол өңдеуге рұқсаттың өзгеруінің бірлескен әсерінен, рұқсат қаттылығының ауытқуынан туындайды, күңгірттенумен кесетін құралдың және т.б. АЖҚҚ қолдану өнімділікті, дәлдікті, сапаны, өңдеу процесінің тұрақтылығын арттыру, станокты зақымданудан және авариялардан қорғау сияқты мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Мұндай жүйелерді қолдану өнімділікті 50 процентке, дәлдікті 5-6 есе, процестің тұрақтылығын 2 есе дәлдікпен, кескіш құралдың беріктігін 2-3 есе арттыруға мүмкіндік береді.

CNC станоктарында механикалық өңдеу саласындағы негізгі ұғымдар

Төменде ғылымда, техникада және өндірісте қолданылатындар келтірілген MEMCT 20523-80 белгілеген металл кескіш станоктарды сандық бағдарламалық басқару жүйелері саласындағы негізгі түсініктер.

Бөлшектерді өңдеуді бағдарламалауды қарастыру кезінде қолданылатын білімнің басқа салаларындағы кейбір терминдер де берілген станоктарда [1,3], және стандартпен белгіленген қысқартулар.

Басқару бағдарламасы (ББ) – тілдегі командалар жиынтығы белгілі бір дайындаманы өңдеуге арналған машинаның жұмысының берілген алгоритміне сәйкес бағдарламалау.

Станокты сандық бағдарламалық басқару (CNC) – басқару дайындаманы станокта ҚҚ бойынша өңдеу арқылы, онда мәліметтер келтірілген цифрлық нысанда.

Позициялық CNC (позициялық басқару) – станоктың жұмыс органдары берілген нүктелерге жылжытылатын CNC, сонымен қатар орын ауыстыру траекториялары берілмейді.

Станокпен контурлық СББ (контурлық басқару) – СББ, кезінде қажетті өңдеу контурын алу үшін станоктың жұмыс органдары берілген траектория бойынша және берілген жылдамдықпен қозғалатын.

Станокпен адаптивті СББ (адаптивті басқару) – СББ, кезінде процестің автоматты түрде бейімделуі қамтамасыз етілетін дайындаманы белгілі бір критерийлер бойынша өңдеу шарттарының өзгеруіне қарай өңдеу.

Топтық CNC станоктары (топтық басқару) – станоктардың сұраныстары бойынша таратылатын басқару бағдарламаларын сақтауға арналған ортақ жады бар компьютерлерден шыққан станоктар тобының CNC.

ҚҚ қолмен дайындау – ҚҚ негізінен дайындау және бақылау ЭЕМ-ді қолданусыз.

ББ автоматтандырылған дайындау – дайындау және бақылау ЭЕМ қолдана отырып УП.

Программалаушы тасымалдаушы – ЖК жазылған деректер тасымалдаушысы.

Деректерді тасымалдаушы ретінде перфорацияланған таспаны, магнитті таспаны пайдалануға болады таспа, магниттік диск және әр түрлі типтегі сақтау құрылғылары.

CNC жүйесінің бағдарламалық жасақтамасы (бағдарламалық жасақтама) – CNC жүйесінің мақсаттары мен міндеттерін жүзеге асыруға арналған бағдарламалар мен құжаттамалар жиынтығы.

Сандық бағдарламалық қамтамасыз етуді басқару құрылғысы (CNC) – басқару элементтеріне және басқарылатын объектінің жай-күйі туралы ақпаратқа сәйкес машинаның атқарушы органдарына басқару әрекеттерін қамтамасыз ететін құрылғы.

CNC аппараттық құрылғысы – CNC құрылғысы, алгоритмдер оның жұмысы схемалық түрде жүзеге асырылады және құрылғы жасалғаннан кейін оны өзгерту мүмкін емес.

СББ бағдарламалық құрылғысы – СББ құрылғысы, алгоритмдер оның жұмысы оған енгізілген бағдарламалардың көмегімен жүзеге асырылады жад, және құрылғы жасалғаннан кейін өзгертілуі мүмкін.

Сандық бағдарламалық қамтамасыз етуді басқару жүйесі (ҚББЖ) – функционалдық өзара байланысты және өзара әрекеттесетіндердің жиынтығы CNC станоктарын қамтамасыз ететін техникалық және бағдарламалық құралдар.

Басқару бағдарламасының кадры (кадр) – дайындаманы өңдеуден кейін қайта бастау үшін қажетті барлық деректерді қамтитын, енгізілген, біртұтас ретінде өңделетін ҚБ құрамдас бөлігі. үзіліс. УП негізгі жақтауы арнайы таңбамен белгіленеді.

Абсолюттік өлшем – УП-да берілген және нүктенің қабылданғанға қатысты орнын көрсететін сызықтық немесе бұрыштық өлшем нөлдік санақ.

Қадамдағы өлшем – UN-де орнатылған және нүктенің координаталарға қатысты орнын көрсететін сызықтық немесе бұрыштық өлшем станоктың жұмыс органының алдыңғы орналасу нүктелері.

СББ құрылғысы жүйесінің автоматты жұмысы (автоматическая работа) – ЖПҚ-ның (СББ) жұмыс істеуі, онда ҚҚ әзірлеу ҚҚ кадрларының автоматты түрде ауысуымен жүреді.

Кадрларды өткізіп жіберетін CNC жүйесінің жұмысы (кадрды өткізіп жіберу) – ЖПҚ-ның (CNC) автоматты жұмысы, онда олар өңделмейді кадрды өткізіп жіберудің сәйкес символымен көрсетілген UN жақтаулары.

УП-ның жеделдетілген жұмысы (ускоренная отработка управления) - ЖПҚ-да қарастырылған ЖПҚ-ның (CNC) автоматты жұмысы қызмет көрсету жылдамдығы автоматты түрде жеделдетілген қызметке ауыстырылады.

Кадрмен жұмыс – ЖПҚ (СБҚ) жұмыс істеуі, кезінде оның әрбір басқару блогының жұмысы оператор әсер еткеннен кейін ғана жүзеге асырылады.

Деректерді қолмен енгізумен CNC жүйесінің (құрылғысының) жұмысы (деректерді қолмен енгізу) – ЖПҚ (CNC) жұмыс істеуі, онда кадр форматымен шектелген мәліметтер жиынтығы жасалады қашықтан басқару пультіндегі оператор қолмен.

УП шығысы (қорытынды) – CNC-тің жұмыс істеуі, онда CNC жадында сақталған басқару бағдарламасы деректер тасымалдағышына шығарылады. ҚҚ-ны шығару кезінде ҚҚ-ны әзірлеу кезінде қолданылатын және CNC жадында сақталатын қосымша мәліметтер көрсетілуі мүмкін, мысалы, тұрақтылар және т.б.

УП-да кадрды іздеу (кадрды іздеу) - CNC-тің жұмыс істеуі, онда бағдарламалара тасымалдағышта немесе сақтау құрылғысында

CNC берілген UP жақтауын оның нөмірі немесе арнайы белгісі бойынша анықтайды.

УП редакциялау (редакциялау) – басқару бағдарламасын оператор тікелей станокта өзгертетін CNC-тің жұмысы.

Контурлық жылдамдық – векторы координаталық осьтер бойымен осы мүшенің қозғалыс жылдамдығының векторларының геометриялық

қосындысына тең болатын станоктың жұмыс органының берілу жылдамдығының нәтижесі станоктың.

Станоктың нөлдік нүктесі (станоктың нөлі) – станоктың координаталарының басы ретінде қабылданған және станоктың жұмыс органының орнын анықтау үшін пайдаланылатын нүкте.

Өңдеудің басталу нүктесі – белгілі бір дайындаманы өңдеудің басталуын анықтайтын нүкте.

Бөлшектің нөлдік нүктесі (деталь нөлі) – оның өлшемдері берілген бөлшектің нүктесі.

Қалқымалы нөл – ЖПК (CNC) басын орналастыру қасиеті жұмыс органының машинаның нөлдік нүктесіне қатысты кез-келген позицияға қозғалысын есептеу.

Қозғалыс тапсырмасының дискреттілігі – машинаның жұмыс органының минималды қозғалысы немесе айналу бұрышы, ол келесідей болуы мүмкін УП-да берілген.

Орын ауыстыру сынағының дискреттілігі – бақыланатын станоктың жұмыс органының ең аз орын ауыстыруы немесе бұрылу бұрышы басқару процесінде.

Құралды түзету – бағдарламаланған басқару панелінен өзгерту координаттар (координаттар) жұмысшы станоктың органының.

Беру жылдамдығын түзету – оператордың пультінен бағдарламаланған беру жылдамдығының мәнін өзгерту.

Негізгі қозғалыс жылдамдығын түзету – қашықтан басқару пультінен өзгерту оператордың станоктың негізгі қозғалысының жылдамдығының бағдарламаланған мәні.

Құралдың орнын түзетудің мәні (құралдың орнын түзету) – бұл машинаның координаталық осі бойымен арақашықтық, оған құралды одан әрі жылжыту керек.

Құралдың ұзындығын түзетудің мәні (ұзындығын түзету аспаптың) – айналмалы аспаптың осі бойымен арақашықтық, бойынша құралды одан әрі ығыстыру керек.

Фрезаның диаметрін түзетудің мәні (фрезаны түзету) – кескіштің берілген қозғалыс контурына қалыпты арақашықтық, бойынша оны кескіштің ортасын қосымша жылжыту керек.

Ақпаратты анықтау (басқару бағдарламасы) – технологиялық процестің басталуына дейін белгілі және бекітілген ақпарат деп аталатын материалдық тасымалдағышта қандай да бір жолмен немесе басқа жолмен программтасымалдаушымен. Бағдарламада сипаты туралы мәліметтер пайдаланылады жұмыс органдарының қозғалысы, олардың синхронизациясы, өңдеу режимдері, әртүрлі технологиялық және басқа командалар.

Кері байланыс ақпараты (IOS) – ақпарат, ақпарат көзі бұл технологиялық процестің өзі болып табылады. Осы ақпаратқа жұмыс органының нақты жағдайы мен қозғалыс жылдамдығы, өңделетін беттің өлшемі, технологиялық

жүйедегі температуралық және күштік деформациялар, діріл деңгейі және т.б. туралы мәліметтер қамтылады.

Станоктың бастапқы нүктесі (бастапқы нүкте) – анықталған нүкте станоктың нөлдік нүктесіне қатысты және басқару пультіңде жұмысты бастау үшін қолданылады.

Кері байланыс датчиктері (DOS) – кері байланыс туралы ақпарат жиналатын құрылғылар.

Бұзушылық туралы ақпарат – ақпарат көзі болып табылатын ақпарат қоршаған орта қызмет етеді (температура, ылғалдылық, дайындаманың ауытқуының ауытқуы, материалдың қаттылығы, діріл деңгейі және т.б.).

Ашық тізбекті басқару жүйелері (кері байланыссыз, ашық тізбекті, циклдік, қатты, бағдарламалық жасақтама) – жүйелер тек анықтайтын ақпаратты пайдаланатын басқару элементтері. Жүйелерде берілген бағдарламаның орындалуын бақылау жоқ және кері байланыс. Ашық жүйелерде тек біреуі ғана пайдаланылады ақпарат ағыны. Анықтамалық ақпарат белгілі бір әрекетті орындайтын дискіні басқару үшін ыңғайлы пішінде өңделеді технологиялық процестің элементарлық циклі. Технологиялық процесті орындау кезінде орын алатын бұзылу туралы ақпарат, сондай-ақ кері байланыс ақпараты ашық басқару жүйелерінде пайдаланылмайды.

Тұйық контурлы (тұйық контурлы, кері контурлы) басқару жүйелері байланыс, рефлекторлық, ациклдік) – жұмыс органының нақты қозғалыс жылдамдығы, оның жағдайы туралы мәліметтерді қамтитын анықтамалық ақпарат пен кері байланыс ақпаратын бірлесіп пайдалану негізінде жұмыс істейтін басқару жүйелері, туралы циклдің аяқталуы немесе оның жекелеген элементтері және басқа ақпарат технологиялық процестің барысы туралы.

Геометриялық ақпарат – сипаттайтын ақпарат бөлшек пен құрал элементтерінің пішіні, өлшемдері және олардың кеңістіктегі өзара орналасуы.

Технологиялық ақпарат – бөлшектің технологиялық сипаттамаларын және оны жасау шарттарын сипаттайтын ақпарат.

Интерполяция – аралық координаталарды алу (есептеу) құралдың центрінің жазықтықтағы немесе кеңістіктегі қозғалыс траекториясының нүктелері.

Жуықтау – белгілі бір дәлдік дәрежесімен бір функционалдық тәуелділікті екіншісіне ауыстыру процесі.

Алгоритм – бастапқы деректер жиынтығын қажетті нәтижеге түрлендіретін операциялардың мазмұны мен реттілігін бірегей түрде анықтайтын формальды ұйғарым – мәселені шешу.

Бит – екілік ақпараттың бір разрядты бірлігі.

Байт – екілік ақпарат көлемінің бірлігі, тең сегіз битке.

Бод – ақпаратты беру жылдамдығының бірлігі; 1 бод = 1 бит/с.

Машиналық сөз – компьютер блоктарының бит тереңдігіне байланысты 1, 2 немесе 4 байтқа (8, 16 немесе 32 бит) тең ақпарат көлемі.

Килобайт – екілік ақпарат көлемінің бірлігі, тең 1024 байт.

Мегабайт – екілік ақпарат көлемінің бірлігі, тең 1 048 576 байт.

Микропроцессор – бұл интеграцияның жоғары дәрежесімен жүзеге асырылатын әмбебап цифрлық электронды блок, онда оның атқаратын қызметі бағдарламалау арқылы жасалғаннан кейін анықталады.

Код – деректерді бір түрден екіншісіне түрлендіру орындалатын ережелер қатары. Кодты қолдану (кодтау) ақпаратты символдардың тіркесімі түрінде жазуға дейін азаяды.

Геометриялық элемент – есептік элементтің үздіксіз қимасы. бір заңмен берілген бөліктің траекториясы немесе контуры бір координаттар жүйесінде.

Тірек нүктесі – траекторияны сипаттайтын заңда немесе технологиялық процестің жүру шарттарында өзгеріс болатын есептік траекторияның нүктесі.

Тірек геометриялық нүкте – есептік траекторияның нүктесі, в оның траекториясын сипаттайтын заңда өзгеріс бар.

Эталондық технологиялық нүкте – технологиялық процестің жүру жағдайларының өзгеруі орын алатын есептік траекторияның нүктесі.

Постпроцессор – ескеретін сәйкес келетін АЖЖ бағдарламасы бұл станоктың және қалыптастырушы раманың ерекшеліктері.

Процессор – ақпаратты бастапқы өңдеуге арналған бағдарлама Бөлшектерді өңдеуге қатысты деректерді құрайтын АЖЖ станок түріне.

Есептік траектория – теориялық шамаланған аспап ортасының салыстырмалы траекториясы.

Бағдарлама қолжазбасы – ақпарат, ыңғайлы түрде жазылған тілдік немесе басқару бағдарламасын құрастыру үшін.

Позициялау дәлдігі – құралдың центрлік позицияларының жұмыс кезінде көрсетілгендерден ауытқуының дисперсиялық өрісінің шамасы геометриялық ауысуды кесусіз, белгіленген өлшемдердің барлық диапазонына есептелген.

Басқарылатын координат – аспаптың центрі бойымен салыстырмалы орын ауыстыру жүзеге асырылатын координаттар жүйесінің осі басқару жүйесінің бір атқарушы органының көмегімен.

Аспаптың ортасы – ұстағышқа қатысты қозғалмайтын траектория есептелетін құралдың нүктесі.

Сезімталдық – ең аз сәйкессіздік, ол үшін жүйе әрекет ете алады.

Бағдарламалау қадамы – ең жақын екеуінің арасындағы айырмашылық бағдарламаланатын сандық шамалармен.

Эквидистанта – бөлшектің (дайындаманың) контурының сызығынан бірдей қашықтықта орналасқан сызық.

Станокпен CNC жүйесінің интерполяторы – есептеу блок жүйелер Құрал мен бөлшекті уақыт пен кеңістікте жылжыту үшін басқару әрекеттерінің ретін көрсететін CNC. Арналған CNC станогында оның жаңа конфигурацияның бір бөлігін өңдеу үшін көбінесе CNC-ге жаңа басқару блогын орнату жеткілікті, ол белгілі бір анықтаушы ақпаратты (АА) қамтиды. Құрылғымен бағдарламаны енгізу (UVP) бағдарламасы оқылады, яғни

түрлендіріледі электрлік сигналдар, және жетекті басқару құрылғысы арқылы жүзеге асырылатын бағдарламаны әзірлеу құрылғысына (UOP) жіберіледі (UUP) реттеу объектісіне – машинаның қоректендіру жетегіне (PP) әсер етеді. Берілген орын ауыстыру (мысалға машинаның қозғалмалы бөліктерінің X, Y, Z осьтері бойымен кері байланыс датчиктері басқарылады. Датчиктен кері байланыс туралы ақпарат кері байланыс құрылғысы (ОЖ) арқылы ОЖ-ға жіберіледі, онда қоректендіру блогының нақты қозғалысы бағдарламада көрсетілгенмен салыстырылады. Салыстыру нәтижелері бойынша жүргізілген орын ауыстыруларға түзетулер ($\pm D$) енгізіледі. Қосымша функцияларды орындау үшін электр сигналдары келесіден келеді ИСБ технологиялық командалардың (ӨҚҚ) атқарушы элементтеріне әсер ететін технологиялық командалардың (ӨҚҚ) құрылғысына. Әртүрлі қозғалтқыштарды, электромагниттік муфталарды, электромагниттерді және т.б. қосу (өшіру) бар.

1.2 CNC станоктарында өндірісті технологиялық дайындаудың ерекшелігі

Машина жасау кәсіпорнында өнім шығармас бұрын оны техникалық жағынан дайындау қажет. Өндірістің техникалық дайындығы жобалық және технологиялық дайындықты және жоспарлауды жоспарлауды қамтиды. Өндірістің технологиялық дайындығы (СӨП) – бұл өндірістің технологиялық дайындығын қамтамасыз ететін іс-шаралар жиынтығы, ол кәсіпорында белгіленген техникалық-экономикалық көрсеткіштермен өнімнің белгілі бір көлемін өндіруге қажетті жобалық, технологиялық құжаттаманың және технологиялық жабдықтардың толық жиынтығының болуымен анықталады. көрсеткіштер.

CNC станоктарын, соның ішінде мамандандырылған станоктарды пайдалана отырып, өндірісті технологиялық дайындау бойынша жұмыстардың түрлері мен сипаты кәдімгі әмбебап жабдықта орындалатын жұмыстардан айтарлықтай ерекшеленеді. Тапсырмалардың күрделілігі мен жобалаудың күрделілігі айтарлықтай артады технологиялық процестің. Бағдарламаны құрастыруға қажетті арнайы білім (соның ішінде математикалық) технологтардың қажетті біліктілік деңгейін күрт арттырады, ал бағдарламаларды есептеу және құрастыру үшін техникалық құралдарды қолдану өндірісті дайындау жүйесінде жаңаларының пайда болуын анықтайды. мамандықтар (бағдарламашылар, математиктер, электроника инженерлері) және бірқатар ұйымдастырушылық мәселелерді шешуді талап етеді.

Атауы бойынша қолмен басқарылатын жабдықтарға арналған жұмыстармен ортақ технологиялық жұмыстар CNC станоктарын пайдалану кезінде басқа мазмұнға ие және басқа тәсілді қажет етеді. Мұндай жұмыстарға, мысалы, өндіріске жарамдылық бойынша жұмыс сызбаларын әзірлеу, құрал-саймандар мен жабдықтарды тандау, дайындамаға қойылатын талаптарды әзірлеу жатады.

Жалпы жағдайда CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құрастыру бөлшектің технологиялық процесін әзірлеуден және бағдарламаланатын өңдеу операцияларын бөлектеуден басталады. Тандалған операцияларда жабдықты нақтылағаннан кейін құрал-саймандардың қажетті қозғалыс траекториялары, жұмыс жылдамдығы, бос жүріс және т.б. анықталады. Қозғалыстардың бағыттары мен шамалары бөлшектің өңделетін беттерінің конфигурациясы, жұмыс жылдамдығы және бос жүріс жылдамдығы негізінде белгіленеді. Белгіленген өңдеу реттілігі кодталады және жазылады программалаушы тасымалдаушы.

Нәтижесінде, UN - бұл машинаның жұмыс органдарына бөлшектерді өңдеудің бүкіл процесін құрайтын іс-әрекеттерді белгілі бір дәйектілікпен орындауға арналған нұсқаулардың жиынтығы. ЖК алу бағдарламалауға қажетті мәліметтерді алдын ала дайындаудан басталған CNC станоктарында бөлшектерді дайындау процесінің бірінші кезеңін аяқтайды.

Екінші кезеңде бағдарламаға сәйкес бөлік станокпен өңделеді. Бағдарламалау процесіндегі барлық жұмыстардың ішінде ақпаратты қолданбас бұрын оны жинау, ретке келтіру және өңдеу шешуші болып табылады. программалаушы тасымалдаушы. Дайындалған ақпарат сандар түрінде, яғни берілген станокқа бағдарламаны жазуға жарамды пішінде ұсынылуы керек. Дегенмен, барлық сандар CNC машиналарын басқаруға арналған ақпаратты білдіре алмайды.

Интерполяция түрі, ЖПҚ рұқсат ету қабілеті сияқты факторлардың нәтижесінде CNC құрылғыларының өңдеу дәлдігіне әсері қызығушылық тудырады (дискретті), енгізілетін ақпараттың ең аз өсімінің шамасы, кадраралық кідірістер және автоматты реттеу жүйесінің сапасы.

Контурды сызықтық интерполяциялау кезінде құралдың дайындамаға қатысты қозғалу қателігі сызықтық контурдың көлбеу бұрышына байланысты болады. Ең үлкен қателік контурдың ең кіші көлбеу бұрышында болады **1 : 10**. Шеңбер доғаларынан түзілген контурды айналмалы интерполяциялау кезінде радиус бойымен ауытқу екіге жетуі мүмкін дискретті, ал бағалау функциясы әдісімен интерполяцияланған кезде радиус бойынша ауытқу бірден аз болады дискретті. Шеткі фрезаның тегістеу әрекетіне байланысты нақты контурдың ауытқуы біреуден аз дискретті. Осылайша, енгізілген ақпараттың ең аз орын ауыстыруының немесе өсімінің шамасы басқа факторлардан (технологиялық жүйенің сәйкестігі, термиялық деформациялар, құралдың тозуы) қателіктің құрамдас бөліктері болмаған кездегі ауытқудың (қатенің) ең кіші шамасы болып табылады, кадраралық үзілістер және т.б.). Шамасы дискретті қазіргі заманғы CNC фрезерлік және токарлық станоктарда ол 2 және 1 мкм құрайды.

1.3 CNC машиналарының артықшылықтары және әзірленуде технологиялық құжаттама

Кадраралық алдыңғысын өндегеннен кейін келесі кадрдан басқару ақпаратын алудағы үзіліс уақытымен анықталатын үзілістер басқарылатын

коректендіру қозғалысының тоқтауына әкеледі, дегенмен негізгі жұмыс қозғалысы жалғасуда, мысалы, фрезаның (фрезерлік станокта) немесе дайындаманың (токарлық станокта) айналуы. Бұл жағдайда серпімді технологиялық жүйенің қалпына келуіне байланысты өңделетін бетте қателіктер пайда болады.

CNC құрылғыларында әсерді азайту кадраралық өңдеу қателігін кідіртуге электронды схема мен құрылымды күрделендіру арқылы қол жеткізіледі, бұл бұрын оқылған кадрдың ақпаратын өңдеуді қамтамасыз етеді, сонымен қатар айналмалы интерполяцияны қолданады.

CNC станоктарында өңдеу кезінде CNC жүйесі енгізген қателіктер пайда болады: есептеу, жуықтау, интерполяция және бағдарламаны көбейту. CNC токарлық станоктарында өңдеу кезінде CNC жүйесі енгізген қателік (басқару бағдарламаларын дайындау және көбейту қателігі) бөлшекті өңдеуге 0,20 – 0,25 төзімділікті құрайды.

Басқа қарапайым қателіктер келесі шектерде болады: позициялау – 0,1 – 0,2 мм; кесу күшінің тұрақсыздығы әсерінен технологиялық жүйенің серпімді деформацияларымен енгізілген қателік – 0,05 – 0,10 мм; баптау және туралау – 0,40 – 0,45 мм; технологиялық жүйенің термиялық деформацияларынан туындаған қателік – 0,1 – 0,15 мм; кескіш құралдың өлшемді тозуымен енгізілген қателік – 0,1 – 0,2 мм.

CNC жүйесі енгізген қателіктерді азайтудың негізгі жолдары: есептеулерді орындау үшін компьютерлерді қолдану және басқару бағдарламаларын дайындауды автоматтандыру, сандық басқару құрылғыларын жетілдіру, жаңа құрылымдық шешімдерді іздеу. CNC токарлық станоктарында бөлшектерді өңдеудің дәлдігі 9-7-ші біліктілік бойынша, ал кейбір станоктарда, мысалы, АТПр-2М12 үлгісінде, тіпті 6-шы біліктілік бойынша қамтамасыз етіледі. дәлдік.

Фрезерлік станоктарда соңғы фрезамен өңдеу дәлдігі болат және алюминий қорытпаларынан жасалған бөлшектерді өңдеу кезінде 8-10-шы біліктілік шегінде болады. Кезінде фрезаны фрезерлік кескішпен өңдеу кезінде қателіктің едәуір бөлігі кескіш құралдың серпімді деформациясы болып табылады. Фрезерлік станоктарда өңдеудің дәлдігі технологиялық әдістермен, мысалы, құралдың қозғалыс траекториясын жобалау арқылы, кесу күші бір жағынан машинаның кинематикалық тізбектері мен тораптарына әсер ететіндей етіп жетілдіріледі. Көп операциялық типті CNC станоктарында "Horizon" фирмалар Olivetti (Италия) және "Jidic H5B" фирмасының Mitsui Seiki (Жапония), EMCO (Германия) фирмасының көпфункционалды токарлық станоктарында дәлдіктің 6-шы қалыпты бойынша өңдеуге қол жеткізіледі. Салыстырмалы түрде жоғары дәлдік сапасы отандық станоктарда, мысалы, 2P135F2 үлгісіндегі бұрғылау станоктарында өңдеу кезінде қамтамасыз етіледі. Сізсоқыр фирманың NC 540 үлгісіндегі токарлық станоктарда өңдеу дәлдігіне қол жеткізілді Hydro Machine Tools Ltd фирманың зауытында High Temperature Engineers Ltd (Англия), мұнда редуктордың қола құрт дөңгелегін бұрғылау 0,005 мм дәлдікпен орындалады.

Бұл дәлдікке құралдың өлшемін алдын ала және түпкілікті реттеу арқылы кепілдік беріледі. Құралды станоктан тыс жерде сағат түріндегі индикаторы бар құрылғыда алдын ала орнату бірінші бөліктің 0,05 мм шегінде бұрғылау дәлдігін қамтамасыз етеді. Түпкілікті баптау (түзету) жүзеге асырылады қайталап айтамынлармен CNC құрылғысының қашықтан басқару пультіңде.

Өңдеудің дәлдігін анықтайтын параметрлерге сәйкес автоматты басқару жүйелері (мысалы, технологиялық жүйенің серпімді деформациясының шамасының өзгермейтіндігін қамтамасыз ететін кесу күшін тұрақтандыру арқылы процесті реттеу) өңдеу дәлдігін 2 – 5 есе жақсартуды қамтамасыз етеді, ал құралдың беріктігі орта есеппен 1,5 есе артады, және оның бұзылу ықтималдығы азаяды.

CNC станоктарына арналған технологиялық құжаттама

Технологиялық процестер мен басқару бағдарламалары тасымалдаушысы технологиялық құжаттама болып табылатын әртүрлі ақпарат негізінде әзірленеді.

Технологиялық құжаттама - бұл өнімді өндірудің технологиялық процесін жеке немесе жиынтықта анықтайтын және өндірісті ұйымдастыруға қажетті мәліметтерді қамтитын мәтіндік және графикалық құжаттар жиынтығы.

Мемлекеттік стандарттар технологиялық құжаттаманың бірыңғай жүйесін (ТҚБЖ) белгілейді, онда барлық машина жасау және аспап жасау кәсіпорындары қолданатын оны әзірлеу, жобалау және жабдықтау ережелері айқындалады. ЕСТД стандарттарының негізгі мақсаты – әр түрлі типтегі жұмыстарға арналған құжаттар нысандарында біртектес ақпараттарды орналастыру белгілері мен реттілігін біріздендіру. Стандарттар бланкілердің нысанын ғана емес, сонымен қатар жазбаның сипатын, терминдер мен анықтамаларды, шартты белгілерді және т.б. белгілейді.

Технологиялық процестерді (ТҚ) әзірлеуде және ҚҚ дайындауда қолданылатын технологиялық құжаттаманы анықтамалық және ілеспе деп бөлуге болады. Ілеспе құжаттама жұмыстың белгілі бір кезеңін орындау кезінде жасалады, ол келесі кезеңдер үшін бастапқы болуы мүмкін.

Анықтамалық құжаттаманың құрамына бөлшектердің классификаторлары, типтік технологиялық процестердің сипаттамасы кіреді; әмбебап станоктар мен CNC станоктарының каталогтары мен картотекалары; кесу, қосалқы және өлшеу құралдарының, құрылғылардың және өңделетін материалдардың каталогтары; кесу режимдерінің стандарттары; кестелер шақтамалар мен бекітпелер; ҚТ есептеу, кодтау, жазу, бақылау және редакциялау жөніндегі нұсқаулық; CNC станоктарында өңдеудің экономикалық тиімділігін анықтауға арналған әдістемелік материалдар.

Нақты кәсіпорын жағдайында CNC станоктарында ТҚ әзірлеуде қолданылатын бірқатар анықтамалық мәліметтер жиынтықта мамандандырылған тақырыптық картотеканы құрайтын арнайы әзірленген карталарда ұсынуға ыңғайлы.

CNC машинасының картасы оның қысқаша техникалық сипаттамаларын жазуға арналған. Бұл карталардың пішіндері станоктардың жеке технологиялық топтары үшін әзірленген. Станоктың моделі мен түгендеу нөмірі, CNC құрылғысының түрі, станоктың тобы мен мақсаты, дайындамалардың ең үлкен жалпы өлшемдері белгілі бір CNC машинасына арналған картаға жазылады; саны бағдарламалық түрде бақыланатын координаттар, соның ішінде бір уақытта басқарылатындар; станоктың жұмыс органдарының бастапқы позициялары мен шекті орын ауыстырулары; құрал позицияларының саны және оның ұстағыштарының орналасуын анықтайтын өлшемдер; негізгі қозғалыс жетегінің қозғалтқышының қуаты мен тиімділігі; диапазондар бойынша шпиндельдің айналу жиіліктері және оларға сәйкес рұқсат етілген айналу моменттері; қоректендіру жетегіне рұқсат етілген күштер; орын ауыстыру тапсырмасының дискреттілігі; жұмыс берілістерінің жылдамдықтары және жылдам жүрістер; құралдың өзгеру ұзақтығы; станоктың экономикалық дәлдігі және бір машинаның жұмысының құны станкоминуттар. CNC машинасының картасында координаталық осьтердің белгіленуін және жұмыс органдарының қозғалысының оң бағыттарын көрсететін сызбалық сызба келтірілген.

Кескіш құралдың картасы құрал туралы бағдарламалауға қажетті барлық деректерді жазуға арналған. Карталардың пішіндері құралдардың жекелеген топтарына арналған: кескіштер, фрезалар, бұрғылар және тесіктерді өңдеуге арналған басқа құралдар. Құралдың түрі мен мақсаты картаға жазылады; өңдеу сипаты; кескіш бөліктің және ұстағыштың кодтары бар құралдың шифры; құралдың төбесінің оның ұстағышының негізгі нүктесіне қатысты координаттары; станоктан тыс күйге келтіру кезінде құралдың құрылғыдағы орнын анықтайтын баптау өлшемдері; кесу бөлігінің материалы; шекті кесу тереңдігі; алдыңғы бет пішінінің белгісі; жоғарғы жағындағы дөңгелектеу радиусы; кесу бөлігінің ұзындығы; жоспардағы негізгі және қосалқы бұрыштар; кесу жиегінің еңіс бұрыштары; ұсынылатын кесу тереңдігі, кесу жылдамдығы және беру; рұқсат етілген тозу; тегістеу немесе жиектер саны өтпейтін пластиналар; жаңа құралдың құны. Кескіш құралдың картасында құралдың үстіңгі жағының орналасуын және оның кескіш бөлігінің бағытын түсіндіретін эскиз берілген. Эскизде сонымен қатар жұмыс алаңында құралдың қозғалысының мүмкін бағыттары көрсетілген.

Токарлық станоктарда өңдеу кезінде технологиялық жабдықтың картасы негізінен машинаның шпиндельді жинағына қатысты дайындаманың орнын анықтау үшін қажетті патрон мен қысқыш жұдырықшалардың өлшемдерін жазу үшін қолданылады. Патронның шифры оның белгілі бір станокқа тиесілігін анықтайтын бекіту жабдығының картасына жазылады; жұдырықшалардың тірек беттері мен шпиндельдің тірек жазықтығы арасындағы қашықтық; жұдырықшалардың жұмыс беттерінің шекті диаметрлік өлшемдері; жұдырықшалардың қаттылығы және ең үлкен қысу күші. Картада картридж эскизі дайындаманың сыртқы және ішкі беттерін қысу

үшін орнатылған жұдырықшалармен, картада жазылған өлшемдермен белгіленеді.

Сол сияқты, карталар өңдеуге қолданылатын вице, координаталық плиталар, әмбебап құрастырмалы қондырғылар мен арнайы қысқыш қондырғыларға арналған бұрғылау, фрезерлік және басқа CNC станоктарында. Өңделетін материалдың картасы кесу режимдерін таңдауда қолданылатын технологиялық параметрлерді жазуға арналған. Өңделетін материалдың негізгі сипаттамасы кесу жылдамдығы мен құралдың беріктігі арасындағы тәуелділік болып табылады. Осы тәуелділік дәрежесінің коэффициенттері мен көрсеткіштері нысанның тиісті бағандарына енгізіледі. Өңделетін материалдар топтарға (көміртекті және легирленген, конструкциялық және аспаптық болаттар) жүйеленеді, коррозияға төзімді және ыстыққа төзімді болаттар, шойындар, алюминий және қола қорытпалары және т.б.), олардың ішінде олар өңдеу коэффициенттерімен және кесу құралының материалын ескеретін түзету коэффициенттерімен ерекшеленеді. Карталардың мазмұны ең көп көлемде өңделетін материалдар машиналық бағдарламалау кезінде қолданылады.

CNC станоктары үшін ТП және УП әзірлеу кезіндегі ілеспе технологиялық құжаттама айтарлықтай әртүрлі. Құжаттаманың бір бөлігі, атап айтқанда маршруттау технологиясын әзірлеу кезінде, кейбір жағдайларда әмбебап станоктарға арналған ТП-ны жобалау кезінде жалпы қабылданғаннан ерекшеленбейді. ОП-ны дайындауға байланысты жұмыс кезеңдерін орындау кезінде ілеспе құжаттаманың маңызды ерекшеліктері бар. Ол CNC станогында бөлшектерді өңдеуді бағдарламалау туралы ақпаратты, станок пен аспапты баптау туралы ақпаратты, басқару элементтерін көрсететін ақпаратты және т.б. қамтиды.

Жабдықтың толықтығына сәйкес ілеспе құжаттамада пайдалану картасы мен бөлшектің пайдалану сызбасы, станок пен құрал-саймандарды баптау карталары, пайдалану сызбасы, пайдалану сызбасы және т.б. бар.-аспаптар траекториясының эскизі бар технологиялық карта және оны басып шығару, басқару элементтерін басқару сатысында алынған құралдар траекториясының сызбасы және басқару элементтерін енгізу актісі.

Операциялық карта жабдықты, жабдықты және кесу режимдерін ауысулар мен нұсқауларға бөле отырып, бөлшектерді дайындаудың технологиялық процесінің жұмысын сипаттауға арналған. CNC өңдеу машинасының операциялық картасының ерекшелігі: онда сипаттау кезінде бөлшектің, бекіткіштің және құралдың негізгі беттерінің салыстырмалы орналасуы туралы нұсқаулар бар белгілеулер және ауысулар (1-қосымша).

Станокты баптау картасында қондырғыда жұмыс істеу үшін машинаны баптау кезінде қолданылатын барлық мәліметтер бар. Реттеу карталарының пішіндері технологиялық топтарға немесе жеке CNC станоктарына арналған. ҚҚ-ны қолмен дайындау барысында картаны технолог-бағдарламашы толтырады, ал компьютерлік ҚҚ-ны автоматтандырылған дайындауда оператор оны шығарады. Әрқайсысы үшін установка машинаның баптау

картасына сызбаның нөмірі мен бөлшектің атауы жазылады; CNC машинасының моделі; UN нөмірі; дайындаманың түрі мен материалы; бекіту жабдықтарының коды және дайындаманың қысу күші. Реттеу картасына станоктың жұмыс бөліктерінің бастапқы позицияларының координаттары енгізіледі; шпиндельдің айналу жиілігінің диапазоны; CNC қашықтан басқару пультінен жұмыс ағынының өзгеруі туралы ақпарат; салқындатқышты қосу туралы нұсқаулық; олардың позицияларының нөмірлері мен түзету қондырғыларын көрсететін құрал шифрлары; жеке өлшемдер туралы мәліметтер рұқсаттармен және UP кадрларының нөмірлерін көрсетумен, сондай-ақ пішіннің ауытқуын және реттеу режимінде өңдеудің орнын толтыру үшін түзетулермен. Машинаны баптау картасында дайындаманың орналасуы мен бекітілу сызбасын түсіндіретін эскиз келтірілген.

Құралды баптау картасы құралды станоктан тыс күйге келтіргенде және оны таңдалған қондырғыға сәйкес станокқа орнатқанда қолданылады. Картаға жазады барлық баптау құралдарының шыңдарының координаттары және оларды машинадан тыс күйге келтіруге арналған құрылғының көрсеткіштері.

Өңделетін беттерде кедір-бұдырлық, ауытқулары бар өлшемдер, кесу режимдері көрсетіледі және уақыт деректері келтіріледі. Актіге ТББ бақылаушысы, CNC станоктары учаскесінің шебері, OGT технологы және бағдарламалық қамтамасыз етуді басқару бюросының бастығы қол қояды. Егер бөлік бұрын қолмен басқарылатын станокта жасалған болса, онда акт оны CNC машинасына ауыстырудың экономикалық тиімділігін негіздейді, содан кейін акт кәсіпорындағы технологиялық процесті өзгертуге негіз болады.

Бағдарламалық жасақтаманы дайындауда қолданылатын технологиялық құжаттаманың толықтығы мен нысандары осы кәсіпорында қабылданған құжат айналымына және бағдарламалау әдісіне (қолмен немесе компьютермен) байланысты өзгеруі мүмкін.

Технологиялық құжаттаманың толықтығы мен нысандары өндірістің сипаты мен түріне байланысты. Қағаз тасымалдағыштағы құжаттаманы қолдану азайып келеді және көптеген кәсіпорындар қағаз тасымалдағыштарды пайдаланбайды. Мұндай кәсіпорындардағы барлық қажетті ақпарат электронды түрде орналастырылады және компьютердің жадында тиісті мәліметтер базасында сақталады. Тиісті компьютерлік жұмыс орындарында әзірленген басқару бағдарламалары, соның ішінде мәтіндер, сызбалар, эскиздер, құрал-саймандарды баптау карталары кабельдік байланыс арқылы қажетті машинаның CNC-не тікелей жіберіледі, қажет болған жағдайда олар шақырылады және пайдаланылады. жұмысшы оператор ретінде. Технологиялық құжаттарды рәсімдеудің ықтимал нұсқасы СББ бар жабдықтарға арналған менттер 1-4 қосымшада келтірілген [3].

1.4 Сандық басқарылатын станоктардың артықшылықтары

Сандық басқарылатын станоктар – бұл сандық басқарылатын станоктар. тік компьютердің көмегімен автоматты түрде басқарылады (ол

находьк станок ішінде) және өңдеу бағдарламасы (өнімді басқару грамм), бөлшектің жұмыс сызбасы негізінде әзірленген. Бейнелеу өнеріне дейінбретения CNC станокты басқару қолмен немесе қолмен жүзеге асырылды механикалық. CNC станоктары механикалық, электрофизикалық және әртүрлі технологиялық операцияларды орындауға қабілетті басқашы өңдеу түрлері және осы негізде кем түспейді әмбебапным және қолмен басқарылатын кең әмбебап станоктар.

Технологиялық операцияларды орындау кезінде бұл станоктардың атқарушы (жұмысшы) органдары жұмысшылармен емес, электроникамен басқарыладыстанокшы болып істеді. Сол негізгі артықшылығы станоктардың СББ және бағдарламалық қамтамасыз етунеліктен зауыттардың саны артып келе жатқандықтан, өз қаржысын инвестициялауды жөн көредінансовые құралдар емес, дәл қазіргі заманғы CNC станоктарына арналған покужату салыстырмалы түрде арзан әмбебап станоктар? CNC станоктарының айқын артықшылығы – бұл мүмкіндік автоматандыру өндірістің. CNC станогына қызмет көрсететін жұмысшының (оператордың) қызметі барынша азайтылады және дайындаманы тиеу-түсіру және дайындаманы өңдеудің келесі автоматты циклін орындау үшін түймені басу болып табылады. CNC станоктары дербес дерлік жұмыс істей алады, күннен-күнге, аптадан-аптаға жұмыс істей алады, аз өнімді шығарадыөзгергені бойынша жоғары сапамен. Бұл артықшылық көп нәрсені енгізуге мүмкіндік бередібір оператор екі немесе одан да көп станоктарда өнім шығаратын металл кесетін станоктарға станоктық қызмет көрсету бір мезгілдебірақ.

CNC станоктары өнімдерді өндіруге мүмкіндік береді тәулік бойыжаңа режимде және автоматты цехтар мен зауыттардың жұмысын қамтамасыз ету, яғни. адам тұрмайтын өндірісті жүзеге асыру. CNC станоктары өндірістік икемділігімен, яғни әртүрлі бөлшектерді өңдеуге жылдам ауысу мүмкіндігімен сипатталады. Ол үшін тек басқару құралын ауыстыру керекграммға. Ал қазірдің өзінде дәлелденген және дәлелденген бағдарлама болуы мүмкін ажкез келген уақытта және кез келген рет пайдаланылады. Бұл станоктар қамтамасыз етды өңделген бөлшектердің жоғары геометриялық дәлдігі, б бұл олардың жоғары статикалық және динамикалық қимылымен түсіндіріледісүйекпен, сондай-ақ позициялаудың жоғары дәлдігімен және қайталауқатарлылық аспаптың қозғалыс траекториясына қатысты өңдеушілералатын дайындамалар. Бір бағдарламаны қолдана отырып, бірдей бөлшектердің кез келген санын дерлік қажетті сапада жасауға болады. CNC станоктары жоғары өндірушіні қамтамасыз етедісаны бос жүрістерді орындау кезінде атқарушы органдардың максималды жылдамдықтарын қолдану есебінен технологиялық операцияларжаңа орын ауыстырулар, сондай-ақ жүзге қызмет көрсететін оператор өзгерте алмайтын оңтайлы кесу режимдерін тағайындаууок.

Сандық бағдарламалық қамтамасыз етумен басқарылатын металл кесетін жабдық бөлшектерді өңдеуге мүмкіндік береді, олар невозкәдімгі әмбебап жабдықта жасауға болады. Бұл декүрделі кеңістіктік жұмыс қуыстары

бар көтергіштер, олар тек жоғары дәлдікпен ғана жасалмауы керек геометрия пішіні мен өлшемі бойынша, сонымен қатар кедір-бұдырлығы төмен, мысалы, қалыптар, қалыптар және т.б. Сонымен қатар, CNC станоктары кәдімгі станоктарға қарағанда қымбат және орнату мен техникалық қызмет көрсету шығындарын талап етеді. Дегенмен, олардың жоғары өнімділігі, дәлдігі біліметік оларды сауатты пайдалану арқылы барлық шығындарды өтей алады. Бұл жабдықтың осы түріне техникалық қызмет көрсетумен байланысты технологтардың, реттеушілердің және операторлардың негізгі міндеті.

CNC станогының атқарушы органдарының қозғалысы бағыттық координаталық осьтерді компьютер басқарады, ол басқару бағдарламасын (ҚБ) оқиды және сәйкес қозғалтқыштарға командалар береді. Қозғалтқыштар жетектерді қозғалтуға мәжбүр етеді органның станок: дайындамасы бар жұмыс үстелі немесе шпиндельді колонна, оның ішіндетік кескіш құрал орнатылған. Осындай нәтижелердің нәтижесінде орын ауыстыруды дайындаманы механикалық өңдеу жүзеге асырылады. Датчиктер, ауызжаңартылғандар нұсқаулықтарда олар атқарушы органның нақты жағдайы туралы ақпаратты компьютерге қайта жібереді. Бұл кері байланыс деп аталады. Компьютер машинаның атқарушы органы қажетті бағдарламалық жасақтамаға ауысқандығы туралы электрлік сигнал алғаннан кейіншіцияға, ол келесі қозғалысты орындауға бұйрық береді. Мұндай процесс дейін жалғасады оқу басқарушы директордыңграмм соңына дейін сәйкес келмейді. Құрылымы мен сыртқы түрі бойынша CNC станоктары кәдімгі әмбебап станоктарға ұқсас. Станоктардың осы екі түрінің жалғыз 7 сыртқы айырмашылығы CNC станогының сандық бағдарламалық басқару құрылғысының (CNC) болуы болып табылады, оны көбінесе CNC тірегі деп атайды. CNC станоктарының басты артықшылықтарының бірі – өңдеу сапасының жақсаруы мен тұрақтылығы, бүкіл партияның бөлшектерінің сәйкестігін қамтамасыз ету. CNC станоктарында өлшем мен пішіннің дәлдігі өңдеу тәсілімен бөлшектер станоктың қаттылығы мен дәлдігімен қамтамасыз етіледі, дисайқындықпен және позициялау тұрақтылығымен, сондай-ақ мүмкінға құралдың өлшемдеріне түзетуді енгізу. Бұл станоктардағы саңылаулар өткізгіштерсіз және өңделедібасқарушылардың төлкелер. CNC станоктарында автоматты өңдеу өңделген бөлшектердің сапасы мен өлшемдерінің тұрақтылығын қамтамасыз етедіқолмен басқарылатын станоктарда өңдеу кезінде орын алатын субъективті факторларды алып тастау нәтижесінде бүкіл партияның үлесі. Дегенмен, CNC станоктарында өңдеу кезінде келесі әсерлер сақталады дәлсаны реттеудің дұрыстығы туралы мәліметтер, демек, реттеуші. Бойыншабөлшектердің қателіктері өңдеу кезінде дайындаманы қайта орнату санының азаюына байланысты да азаяды. CNC құрылғысы, оның құрылымы, басқару ақпаратын оқу және енгізу тәсілі сапаға әсер етеді және өңдеу сулылығы жоғары қамтамасыз етілетін өңдеулер талапдармен, басқару құрылғысына қойылатын талаптар. Әмбебап жабдықтың орнына CNC станоктарын пайдаланған кездекен орындары

технологиялық дайындық мерзімдері қысқартылуда өндірісүкімет 50 – 75 процентке; өнімді өндіру циклінің ұзақтығы 50 – 60 процентке қысқарады; технологиялық жабдықты жобалауға және өндіруге кететін шығындар 30 - 85 процентке азаяды; өндірушісаны технологиялық операциялар көмекші және негізгі уақытты қысқарту және т.б. есебінен ұлғаяды. ТЖҚ өнімділігііә, CNC станоктарында өңдеу кезіндеорта есеппен 15 – 20 процентке өседі.

2 CNC машиналарын басқарудың қолданыстағы әдістері

2.1 CNC машинасы үшін басқару бағдарламасын дайындау

CNC станоктарының жұмысына дайындық кезіндегі негізгі іс-шара өлшемдік, технологиялық және қосалқы ақпаратты қамтитын басқарушы бағдарламаларды (ҚБ) жасау.

Басқарушы бағдарламаны дайындау:

- Технологиялық процесті дамыту.
- Кесу режимдерін анықтау.
- Кесу құралдарының қозғалыс траекториясын анықтау.
- Құрал мен жабдықты таңдау.

Кескіш құралдардың қозғалыс сызбасын жобалау үшін беттерді өңдеу кезінде құралдардың жұмыс және көмекші қозғалыстарының траекториясын құру қажет. Схема 10:1 немесе 5: 1 масштабында сызылады. Құралдың немесе кесу режимдерінің қозғалыс бағыты өзгертін дәйекті орналасқан тірек нүктелері (немесе екеуі де) сандық индексі бар араб цифрларымен белгіленеді. Сан тірек нүктесінің нөміріне, ал индекс құралдың нөміріне сәйкес келеді. Қозғалыс бағыты көрсеткі арқылы көрсетіледі. Қозғалыс бағыты өзгертін тірек нүктелері геометриялық деп аталады, ал кесу режимдері өзгертін нүктелер технологиялық деп аталады. Қозғалыс схемасын құру кезінде осы нүктелерді біріктірген жөн. Барлық геометриялық, технологиялық және көмекші деректер арнайы реттеу кестелеріне енгізіледі, олардың негізінде тікелей ҚБ жасалады. Ур 13 машинаның дәлдігі бойынша мүмкіндіктерін арттырған кезде басқару бағдарламасымен берілген өңдеу режимдерін шектеу қажеттілігін білдіреді; шығыстардың қажетті сапасы мен үнемділігін қамтамасыз ете отырып, өңдеудің күрделі түрлерін орындау қажеттілігі; бағдарламалау процесін оңайлату; жобалау және өңдеу процесін олардың орындалуын оңтайландырумен бір тұтастыққа біріктіру қажеттілігі. Өңдеу процесінің математикалық моделін құру үшін оңтайлы кесу режимдерін іздеу аймағының техникалық шектеулер жүйесін аналитикалық түрде орнату және оңтайлылық критерийінің кесу режимдерінің элементтеріне тәуелділігін білдіру қажет. Өңдеу процесін сипаттайтын өлшенетін параметрлер кесу күші, діріл, кесу аймағындағы температура және т. б. кесу процесінің ең Ақпараттық көрсеткіші кесу күшінің өзгеруі болып табылады, бұл өңдеудегі жәрдемақының өзгеруінің бірлескен әсеріне, жәрдемақының қаттылығының ауытқуына, кескіш құралдың күңгірттенуіне және т. б. SPSU қолдану өнімділікті, дәлдікті, дәлдікті арттыру сияқты мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. өңдеу процесінің сапасы, тұрақтылығы, машинаны зақымданудан және апаттардан қорғау. Мұндай жүйелерді қолдану жақсартуға мүмкіндік береді өнімділік 50 процентке, дәлдік 5-6 есе, дәлдік бойынша процестің тұрақтылығы 2 есе, кесу құралының тұрақтылығы 2-3 есе.

Әрбір пәрмен бір сөзден немесе бірнеше сөзден тұруы мүмкін. Өз кезегінде сөз мыналардан тұрады:

– әріптік мекенжайдың (N, G, M, S, F, T, X, Y, Z, P);
– "-" математикалық белгісінің ("+" белгісі әдепкі бойынша қабылданады);

– әріптік мекенжайдың цифрлық мәні.

Қосымша кіреді:

- санақ жүйесінің белгісі;
- модификация белгісі (+45, -45);
- сөздің бұйрыққа қатыстылығының белгісі.

Әріптік мекенжайлардың негізгі мақсаттары:

N – кадр нөмірі,

G – дайындық функциясы, тұрақты цикл,

M – көмекші функция,

S – шпиндельдің айналу жиілігі, кесу жылдамдығы,

F – беру функциясы, жіптің қадамы,

T – құралдың нөмірі.

X, Y, Z – координаталық осьтер бойынша геометриялық мәліметтер, P – басқаруды беру командалары тобындағы ауысу командасы, функцияның G параметрі.

CNC жүйелеріне арналған тілдік стандарттың кейбір негізгі командаларын қарастырайық:

1 G функциясы:

- G01 – сызықтық интерполяция;
- G02, G03 – сағат тілімен және сағат тіліне қарсы айналмалы интерполяция, G23 -ішкі бағдарламаны шақыру;
- G55 – станокты бағдарламаланатын тоқтату;
- G33, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78 – стандартты технологиялық ауысуларға арналған стандартты бағдарламалық модульдер (жіптерді бұрау, бойлық және көлденең бұру, бұрғылау және т.б.);
- G92 – нөлдік нүктенің орнын орнату, нөлдік нүктенің орын ауыстыруы;
- G94, 95 – мм/мин және мм/об-да беру; – G96, 97 – кесу жылдамдығының тұрақтылығы және оның күшін жою.

2 Функция M:

- M02 – УП соңы;
- M03, 04 – шпиндельдің сағат тілімен және сағат тіліне қарсы айналуы;
- M05 – шпиндельді тоқтату;
- M10 – шпиндельдің кері жағы;
- M17 – кіші бағдарламадан қайтару;
- M37, 38, 39 – "айнадай" өңдеу режимі X, Z, Y»;
- M41, 42, 43, 44 – диапазондарды қосу 1.2.3.4.

3 S функциясы. Айналу жиілігі екі жолмен орнатылады. Егер сатылы автоматты беріліс қорабы (бұдан әрі – АБК) қолданылса, онда машинада бар айналу жиілігі кодталады, мысалы, 16F20FZ моделінің 14 машинасы үшін

команда: N05 M42 – диапазонның 8 жылдамдығын 2-ге орнатады; N06 S8 - айналу жиілігі 560 айн / мин. Үздіксіз реттелетін жетекті пайдаланған кезде айналу жиілігінің өзін тікелей орнатуға болады, мысалы: N12 M43 N13 G97 N14 S715 – айналу жиілігі 715 айн/мин орнатылған.

4 F функциясы. Беріліс мм–нің жүзден бір бөлігінде орнатылады, мысалы: N54 G94 N55 F2000 – беріліс 20 мм / мин, N214 G95 N215 F150 - беріліс 1,5 мм / айн.

5 Функция T. Қажетті құрал оның нөмірі бойынша шақырылады, мысалы T01 ,T02 және т.б.

6 Функциялар X,Y,Z. Осьтер бойынша орын ауыстырулар берілген дискреттерде, токарлық станок үшін 1 дискретті X осі бойынша 0,005 мм-ге, ал Z осі бойынша 0,01 мм-ге тең. Орын ауыстырулар абсолютті және салыстырмалы координаттар жүйесінде де жүзеге асырылуы мүмкін, мысалы:

– N06 X 2800 – X осі бойынша координатасы 14 мм-ге тең нүктеге орын ауыстыруды орындаймыз;

– N07 Z -2350 – Z осі бойынша координатасы -23,5 мм-ге тең нүктеге орын ауыстыруды орындаймыз;

– N35 Z 25600 координатасы X=12 мм және Z=128 мм нүктеге дейінгі диагональдар; – N19 X 1400 – X осі бойынша 14 мм-ге жылжуды орындаймыз;

– N20 Z -6400 – біз Z осі бойынша 32 мм-ге теріс бағытта қозғалыс жасаймыз.

Модульдік технология. Компьютерлік технологияның дамуымен, CNC станоктарының пайда болуымен және кеңінен енгізілуімен шағын көлемді және тіпті бір реттік машина жасау өндірісін автоматтандыруға мүмкіндік туды. Бағдарламаларды құрастырудың дәстүрлі әдістері технологиялық процесті едәуір тежеп, оның қымбаттауына алып келді, өндеу өнімділігін төмендетіп, жаңа өнімдерді енгізу процесі баяулады.

Бұл мәселені шешу үшін топтық технология әдістерімен қатар CNC станогында өндеудің технологиялық процесін әзірлеудің модульдік принципі қолданыла бастады. Бұл механикалық өндеудің бүкіл технологиялық процесі қарапайым модульдерге бөлінетіндігінде, олардың саны айтарлықтай шектеулі болатындығында. Әзірлеушілер компьютерлер үшін есептеу бағдарламаларын құрастырудың негізгі принципін қолданды, онда бағдарлама негізгі бағдарламадан нақты параметрлер енгізілетін, ал ішкі бағдарламаның өзінде формальды параметрлер болатын ішкі бағдарламалар жиынтығы болып табылады. Нақты параметрлердің енгізілуін өзгерте отырып, бір ішкі бағдарламаны бағдарламада бірнеше рет қолдануға болады. Мысалы, цилиндрлік дайындаманың бойлық бұрылу модулінде нақты параметрлерді сақтау қажет – өндеу ұзындығы, соңғы диаметр, аралық рұқсат. Осыдан кейін модульдің өзі кескішті бастапқы қалпына келтіреді, берілген рұқсатпен айналдырады, кескішті бастапқы қалпына келтіреді және берілген диаметр алынғанша жұмыс өтуін қайталайды. Кескіш күту нүктесіне шығарылғаннан кейін және басқару бағдарламасының келесі командасы орындала бастайды.

Сонымен қатар, CNC машинасын басқару бағдарламасындағы технологиялық модульдерді әзірлеушінің өзі де жасай алады, сонымен қатар CNC машинасының бағдарламалық жасақтамасынан дайын түрде алуға болады. Бұл модульдік бағдарламалар кітапханасы деп аталады.

Модульдік-топтық технология CNC станоктарын басқару бағдарламаларын құрастыру процесін едәуір жеделдетуге және бұл процестің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді

Бағдарламалық қамтамасыз етумен басқарылатын токарлық, фрезерлік, бұрғылау станоктарының жіктелуі, тағайындалуы, негізгі маркалары, сипаттамалары, жұмыс режимдері, құрылымдық ерекшеліктері.

Бағдарламалық басқарылатын станоктардың тағайындалуы. Бағдарламамен басқарылатын металл кескіш станоктар автоматика және электроника, электрлік, механикалық, гидравликалық, пневматикалық және басқа құрылғыларды кеңінен қолданатын әртүрлі және ең озық машиналар тобы болып табылады.

Жеке топқа цифрлық индикациясы бар станоктар бөлінеді және алдын ала жиынтықпен координаттар бойынша. Бұл станоктарда қажетті нүктелердің координаттарын орнатуға арналған электронды құрылғы бар (алдын ала жиынтықпен координаттар) және позиция датчиктерімен жабдықталған крест үстелі, бұл қажетті позицияға өту командаларын береді. Бұл экранда үстелдің әрбір ағымдағы орнын (сандық көрсеткіш) көрсетеді. Мұндай станоктарда мыналарды қолдануға болады алдын ала жинақ координаттарды немесе цифрлық индикацияны; жұмыстың бастапқы бағдарламасын станокшы белгілейді.

ПУ бар станоктардың модельдерінде автоматтандыру дәрежесін көрсету үшін цифры бар Ф әрпі қосылады: Ф1 – цифрлық индикациясы бар станоктар және 16 алдын ала жиынтықпен координаттары; Ф2 – позициялық және тікбұрышты CNC жүйелері бар станоктар; Ф3 – CNC контурлық жүйелері бар станоктар және Ф4 – позициялық және контурлық өңдеуге арналған әмбебап CNC жүйесі бар станоктар.

Бір және шағын көлемді өндірісте күрделі кеңістіктік профильдері бар бөлшектерді өндіруде CNC станоктарын пайдалану дерлік жалғыз техникалық негізделген шешім болып табылады. Бұл жабдықты жабдықты тез арада жасау мүмкін болмаған жағдайда қолданған жөн. Сериялық өндірісте CNC станоктарын да қолданған жөн.

CNC станоктарының негізгі артықшылықтары:

- станоктың өнімділігі қолмен басқарылатын ұқсас станоктардың өнімділігімен салыстырғанда 1,5–2,5 есе артады;
- әмбебап жабдықтың икемділігі автоматты станоктың дәлдігі мен өнімділігімен үйлеседі;
- білікті жұмысшы станоктарға деген қажеттілік азайып, өндірісті дайындау инженерлік еңбек саласына көшірілуде;
- бір бағдарлама бойынша жасалған бөлшектер бір-бірін алмастырады, бұл құрастыру процесінде орнату жұмыстарының уақытын қысқартады;

- бағдарламаларды алдын ала дайындаудың, қарапайым және әмбебап технологиялық жабдықтардың арқасында жаңа бөлшектерді дайындауға дайындық және көшу мерзімдері қысқарады;
- бөлшектерді дайындау циклінің ұзақтығы қысқарады және аяқталмаған өндірістің қоры азаяды.

2.2 CNC станоктарының классификациясы

Технологиялық сипаттамалары мен мүмкіндіктері бойынша CNC станоктары әмбебап станоктармен бірдей дерлік жіктеледі, олардың негізінде CNC станоктарының көпшілігі жасалады.

CNC станоктары айналмалы денелер сияқты бөлшектер дайындамаларының сыртқы және ішкі беттерін өңдеуге, сондай-ақ сыртқы және ішкі жіптерді кесуге арналған.

Тегіс және кеңістіктік корпус бөлшектерінің дайындамаларын өңдеуге арналған CNC фрезерлік станоктары келесі операцияларды орындайды: бірнеше жағынан және әр түрлі бұрыштардан тегіс, сатылы және контурлы фрезерлеу, бұрғылау, бұрғылау, орналастыру, бұрау және т.б.

CNC бұрғылау және бұрғылау станоктары. Олар саңылауларды өңдеуге арналған және бұрғылауды, бұрғылауды, қарсы бұрғылауды, бұрғылауды, орауды, ұштарын қайрауды, фрезерлеуді, жіптерді және т.б. орындайды.

CNC тегістеу станоктары генератордың түзу және қисық сызықты пішіндері бар бөлшектердің сыртқы, ішкі және шеткі беттерін тегістеуге арналған.

Көп мақсатты CNC станоктары (өңдеу орталықтары) бөлшектердің дайындамаларын бір қондырғыда кешенді өңдеуге арналған және барлық дерлік кесу операцияларын орындайды.

Автоматтандырудың төмен, орташа және жоғары деңгейлі станоктары бар. Автоматтандыру деңгейі төмен станоктарда CNC-тен басқарылатын атқарушы органдардың қозғалысы ғана бағдарламаланады (сандық бағдарламалық басқару құрылғылары). Мұндай станоктар CNC-тен станоктың атқарушы органдарына жеткізілетін технологиялық командалардың аздығымен сипатталады.

Автоматтандырудың орташа деңгейі бар станоктарда көптеген технологиялық командалар қолданылады. Командаларды қайта өңдеу олардың шифрын шешуден тұрады, онда CNC-ге кіретін команданың коды машинаның атқарушы органдарын басқаратын сигналдарға түрлендіріледі.

Автоматтандырудың жоғары деңгейі бар станоктарда технологиялық командаларды өңдеуді CNC жүзеге асырады.

Құралдарды ауыстыру әдісіне сәйкес CNC станоктары келесі түрлерге бөлінеді:

- құралды қолмен ауыстырумен және оны қолмен бекітумен;
- құралды қолмен ауыстыру және оны механикалық бекіту арқылы;
- мұнара басындағы құралды автоматты түрде ауыстыру арқылы;

- аспаптар дүкенінде сақталатын құралды автоматты түрде ауыстыру (манипулятор) арқылы.

CNC станоктары келесі көрсеткіштермен сипатталады:

1 Дәлдік сыныбы;

2 CNC жүйесінің түрі;

3 Орындалатын технологиялық операциялар;

4 Негізгі параметрлер:

- төсектің үстіне орнатылатын бұйымның ең үлкен диаметрі;

- бұйымды төсек үстіне орнату кезінде өңдеудің ең үлкен диаметрі (патрондық станоктар үшін);

- бұйымды суппорттың үстіне орнату кезінде өңдеудің ең үлкен диаметрі (орталық және патрондық станоктар үшін);

- өңделетін штанганың ең үлкен диаметрі (штангалылар үшін станоктар); үстелдің жұмыс бетінің ені немесе оның диаметрі;

- бұрғылаудың ең үлкен шартты диаметрі;

- шпиндельдің диаметрі және т.б.;

5 Станоктың атқарушы органдарының орын ауыстыруларының шамасы:

- екі координат бойынша суппорттар;

- шпиндельді ұзарту;

- кестені екі координат бойынша жылжыту және т.б.;

6 Сандық бағдарламалық басқару жүйесінің дискреттілігі (бұдан әрі - ЖПК);

7 Басқарылатын координаттар бойынша позициялаудың дәлдігі мен қайталануы;

8 Негізгі жетек:

- түрі мен моделі;

- қуат;

- айналу жиілігі және оны реттеу (сатылы немесе қадамсыз);

- жұмыс жылдамдықтарының саны және автоматты түрде ауыстырылатын жылдамдықтар және т.б.;

9 Беру жетегі:

- түрі мен моделі;

- жұмыс берулердің қуаты, шектері және сандары;

- жылдам қозғалу жылдамдығы және т.б.;

10 Құрал ұстағыштағы, мұнарадағы немесе құрал-саймандар дүкеніндегі құралдардың саны (бір аспапты және көп аспапты);

11 Құралды ауыстыру тәсілі:

- құралды қолмен ауыстырумен және оны қолмен бекітумен;

- құралды қолмен ауыстыру және оны механикаландырылған бекіту арқылы;

- мұнара басындағы құралды автоматты түрде ауыстыру арқылы;

- құралдар дүкенінен манипулятормен құралды автоматты түрде ауыстыру арқылы;

12 Басқарылатын координаттар саны және бір уақытта басқарылатын координаттар саны;

13 Координаталық осьтердің белгіленуі және атқарушы органдардың қозғалыс ережелері;

14 CNC типі мен моделі;

15 Интерполяция түрі (сызықтық, сызықтық-шеңберлік және т.б.);

16 Түрі программтасымалдаушының және бағдарламалау коды;

17 Станоктың габариттері мен салмағы.

Қабылданған белгілеу жүйесінде CNC машинасының моделінің негізгі белгісіне келесі индекстердің бірі қосылады: F1, F2, F3, F4, T – жұмыс істейтін CNC машинасы. Сонымен қатар, құралдарды автоматты түрде ауыстырумен байланысты станоктардың құрылымдық ерекшеліктерін көрсететін индекстер енгізілді: P – мұнараны айналдыру арқылы құралдың өзгеруі; M – дүкеннен құралдың өзгеруі. P және M индекстері Ф2, Ф3, Ф4 индекстерінің алдында жазылады.

2.3 CNC станоктары үшін басқару бағдарламаларын жазу тәсілдері

Өйткені бұл материал мыналарға арналған техникалық CNC өңдеумен енді ғана танысқан адам жұмыс істеу принциптері мен негізгі шарттарын түсіндіреміз.

Сол үшін болар еді CNC станогы дайындаманы өңдеді, оған алгоритм қажет, ол бойынша ол мұны жасайды. Мұндай алгоритм Басқару бағдарламасы (ББ) деп аталады.

Басқару бағдарламасы G-кодтар тілінде (ISO 7-бит) жазылған. G-код – бұл CNC станоктарын қолдайтын стандартты командалар жиынтығы. Бұл пәрмендерде бөлікті өңдеу үшін кескіш құралды қайда және қандай жылдамдықпен жылжыту керектігі туралы ақпарат бар.

Кескіш құралдың қозғалысы траектория деп аталады. Басқару бағдарламасындағы құралдың траекториясы сегменттерден тұрады. Бұл кесінділер түзу сызықтар, шеңбер доғалары немесе қисықтар болуы мүмкін.

Мұндай кесінділердің қиылысу нүктелері тірек нүктелері деп аталады. Басқару бағдарламасының мәтінінде тірек нүктелерінің координаттары көрсетіледі.

Бұл материалда біз УП жазудың 3 әдісін қарастырамыз:

- Блокнотпен қолмен жазу;
- Тірекке УП жазу;
- CAD/CAM жүйесінде УП жазу.

1 – кесте – G-кодтарындағы бағдарламаның мысалы

Бағдарлама мәтіні	Сипаттамасы
G17 G54 G90	Параметрлерді орнатамыз: өңдеу жазықтығы, нөлдік нүкте нөмірі, абсолютті мәндер
T1 M6	Нөмірі 1 аспапты шақыру
M3 S8000	Шпиндельді қосу – 8000 айн/мин
G0 X-19 Y-19 X-19 Y-19	нүктесіне үдемелі орын ауыстыру
G0 Z3	Биіктікке жеделдетілген орын ауыстыру бойынша Z 3 мм
G1 X3 Y3 F600	Аспаптың F = 600 мм/мин берілуімен XC Y3 нүктесіне сызықтық орын ауыстыруы
G2 X8 Y3 R8	Құралды радиусы 8 мм доға бойымен X8 Y3 нүктесіне жылжыту
M5	Шпиндельді өшіру
M30	Бағдарламаны аяқтау

2.4 CNC машинасына қолмен басқару бағдарламасын жазу

Қолмен бағдарламалау үшін тірек нүктелерінің координаталары есептеледі және бір нүктеден екінші нүктеге өту реттілігі сипатталады. Осылайша қарапайым геометрияларды өңдеуді сипаттауға болады, негізінен токарлық өңдеуге арналған: төлкелер, сақиналар, тегіс сатылы біліктер. Мұны мәтіндік редакторларда, мысалы, Блокнотта жасаңыз Жел.

Артықшылықтары

- Жылдам;
- Бұл өте қарапайым бағдарламаларды жазу кезінде басқа әдістерге қарағанда әлдеқайда жылдам;

- УП 30 және 40 жыл бұрын осылай жазған.

Кемшіліктері

- Көп уақытты алады;
- Бағдарламада код жолдары неғұрлым көп болса, бөлшекті жасаудың еңбек сыйымдылығы соғұрлым жоғары болса, сол бөлшектің өзіндік құны соғұрлым жоғары болады. Егер бағдарлама кодтың 70-тен астам жолын алса, онда бағдарламалаудың басқа әдісін таңдаған дұрыс;

- Ақаулардың үлкен пайызы;
- Іске қосар алдында тексеруге арналған құралдар болмағандықтан, команданы қосуды ұмытып кету оңай, бұл бөлшектің немесе машинаның істен шығуына әкеледі. Басқару бағдарламасын жөндеу және тексеру үшін іске асыру үшін қосымша бос орын қажет пышақтау немесе астын кесу;

- Жабдықтың немесе құралдың істен шығуы;
- Басқару бағдарламасының мәтініндегі кателер, ақаулардан басқа, машинаның немесе құралдың шпинделінің істен шығуына әкелуі мүмкін;

CNC тіреуіндегі CNC машинасына басқару бағдарламасын жазу CNC бар тіректе бөлікті диалогтық режимде өңдеу бағдарламаланады. Станокты баптаушы кестені өңдеу шарттарымен толтырады. Қандай геометрияны өңдеу керектігін, кесудің ені мен тереңдігін, тәсілдер мен қалдықтарды, қауіпсіз жазықтықты, кесу режимдерін және өңдеудің әрбір түрі үшін жеке болатын басқа параметрлерді көрсетеді. Осы мәліметтер негізінде CNC тірегі траектория үшін G-командаларын жасайды аспаптың қозғалысы. Осылайша қарапайым корпус бөлшектерін бағдарламалауға болады. Бағдарламаны тексеру үшін реттегіш CNC стендінде модельдеу режимін іске қосады.

Артықшылықтары

- Көрнекілік;
- Бағдарлама тікелей жұмыс орнында жазылады және әдетте, маман ретінде бұл оның станокта орындалуын бақылайтын болады;
- УҚ-ны жылдам жаңғырту;
- Бағдарламаны компьютерге тасымалдаудың қажеті жоқ.

Орналасқан жері бойынша өңдеуге және бірден іске қосуға болады.

Кемшіліктері

- Станок пен оператордың қарапайым жұмысы;
- Реттеуші бөлшекті өңдеуге арналған бағдарламаны жазып жатқанда, машина жұмыс істемейді. Қарапайым машина – бұл жоғалған ақша. Егер бағдарламада 130-дан астам код жолдары алынса, онда бағдарламалаудың басқа әдісін таңдаған дұрыс. CNC стендінде, әрине, бағдарламаны қолмен жазғаннан гөрі тезірек жазу керек;
- CNC тірегі өңдеу нәтижесін бөліктің 3D үлгісімен салыстырмайды, сондықтан CNC тірегіндегі модельдеу көрсетпейді пышақтау немесе оң жәрдемақы. Бағдарламаны жөндеу үшін қосымша дайындаманы төсеу керек

CNC стендінде өңдеуді бағдарламалау мүмкін емес күрделі бейінді бөлшектерді. Кейде белгілі бір бөлшектер мен стандартты өлшемдер үшін CNC тіректерін өндірушілер тапсырыс бойынша арнайы операцияларды жасайды.

УП-ті жазу CAD/CAM жүйе бөліктің немесе 2D контурының 3D үлгісін жүктеуден басталады. Содан кейін, бөлшекті дайындау кезектілігі құрылады. Бағдарлама кескіш құралдың траекториясын есептейді және оны станокқа беру үшін G-кодтарында көрсетеді. Траекторияны G-кодқа шығару үшін постпроцессор қолданылады. Постпроцессор ішкі командаларды аударады CAD/CAM CNC станогына арналған G-код командаларына. Бұл шет тілінен аударуға ұқсас.

Артықшылықтары

- Бағдарламаларды жылы жазу CAD/CAM жүйе ең прогрессивті және ыңғайлы әдіс болып табылады;

- Кез келген күрделіліктегі У-ны жылдам жазу;
- CNC станоктарына арналған бағдарламаларды жасау уақытын 70 процентке қысқартады;
- Некені жоққа шығарады;
- Пайдаланушыларымыздың пікірлері бойынша пайдалану SprutCAM некенің пайда болуын 60 процентке азайтады;
- Құрал-саймандар мен дайындамалар үшін қауіпсіз;
- Жетілдірілгендер CAD/CAM жүйелерде ҚБ тексеруге арналған функциялар жиынтығы бар. Мысалға, SprutCAM дайындамамен соқтығысуды бақылау, кесу кезінде беруді бақылау және т.б. функцияларды қамтиды.

Кемшіліктері

- Құны;
- CAD/CAM жүйені сатып алу керек;
- Біздің CAD/CAM жүйесін сатып алмас бұрын қолданып көруге болады. 30 жүктеп алыңыз күндізгі толық функционалды CAD/CAM жүйесінің сынағы SprutCAM;
- Технолог біліктілігі;
- Белгілі бір жағдайда УП жазу үшін CAD/CAM жүйе оқудан өтуі керек.

3 CAD/CAM жүйесінде CNC станоктарына арналған бағдарламаларды құру және кәсіби программалар

3.1 CNC станоктарына арналған бағдарламаларды CAD/CAM жүйесінде қалай құрастыруға болады

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы:

CNC станоктарында біліктерді өңдеуге арналған заманауи басқару бағдарламаларын талдау.



1– сурет – CNC станоктарын бағдарламалау

CNC станоктарында өңдеу әртүрлі масштабтағы өндірісте қолданылады — шағын шеберханалардан бастап өнеркәсіптің ірі өкілдеріне дейін.

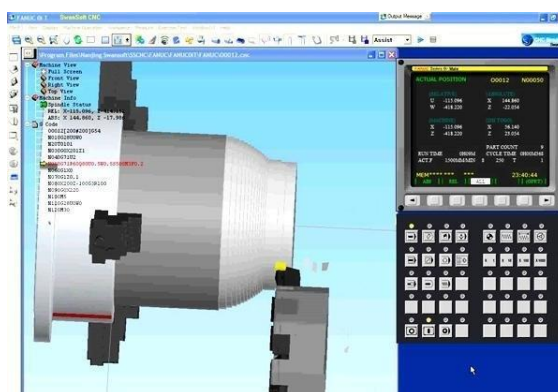
"CNC" "сандық бағдарламалық камтамасыз етуді басқару" дегенді білдіреді, ал CNC станоктарында өңдеудің анықтамасы бұл әдетте қолданылатын өндірістік процесс екендігіне негізделген компьютерлендірілген дайындамадан материалды кетіруге арналған басқару элементтері мен станоктар. Бұл процесс металдар, пластмассалар, ағаш, шыны, көбік және композиттерді қоса алғанда, әртүрлі материалдарға жарамды және автомобиль өнеркәсібі және автомобиль өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда қолданбаларды табады. аэроғарыш.

Егер CNC станогының өзі туралы айтатын болсақ, бұл белгілі бір бағдарламамен басқарылатын және оператордың қатысуынсыз әрекеттерді автономды түрде орындайтын бөлшектерді өңдеуге немесе жасауға арналған кез келген станок; соның ішінде, соның ішінде, бірақ қоспағанда аты аталмаған: CNC фрезерлік станоктар, CNC токарлық станоктар, лазерлік гравюра және кескіштер, көп функциялы өңдеу орталықтары, станоктар электроэрозиялық кескіш станоктар, абразивті кескіш станоктар, кез келген түрдегі 3D принтерлер де CNC станоктары болып табылады, бірақ олар аддитивті пайдаланады. және емес субтрактивті процесс; сонымен қатар материалды жою және қосу процестерін біріктіретін құрылғылар бар (MFP — көп функциялы құрылғылар, әдетте CNC маршрутизаторы мен 3D принтерінің гибриді).



2– сурет – CNC білдегі

Субтрактивті CNC өңдеу сияқты өндірістік процестер 3D басып шығару сияқты қосымша өндірістік процестерден немесе инъекциялық қалыптау және штамптау сияқты қалыптау процестерінен ерекшеленеді. Қажетті пішіндер мен конструкцияларды жасау үшін алу процестері дайындама материалының бір бөлігін алып тастаса, аддитивті процестер материалды қосады, ал қалыптау процестері оның көлемін өзгертпестен пішінін өзгертеді. CNC станоктарында автоматтандырылған өңдеу өндіруге мүмкіндік береді дәлдігі жоғары бөлшектер және өндірістің бір және орташа көлемін орындау кезінде экономикалық тиімділікті қамтамасыз ету. CNC станоктарында өңдеу басқа өндірістік процестермен салыстырғанда белгілі бір артықшылықтарды көрсететініне қарамастан, алынған бөлшектердің күрделілік дәрежесі және оның шеңберіндегі экономикалық тиімділік шектеулі.



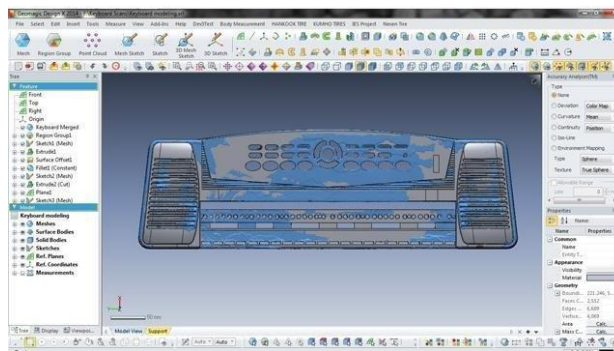
3– сурет– CNC станоктарын бағдарламалау

Бұрын CNC станоктарын бағдарламалау үшін перфтораторлық таспалар, перфокарталар және басқару блогына операцияларды тікелей енгізу қолданылған. Енді басқару бағдарламасы, әдетте, алдын-ала, арнайы бағдарламалық жасақтамада құрастырылады немесе портативті ақпарат тасымалдағышының көмегімен станокқа ауыстырылады (мысалы USB-флешкалар), немесе тікелей кәсіпорынның ішкі желісі арқылы беріледі.

CNC станоктарына арналған бағдарламаны әзірлеу келесі кезеңдерді қамтиды:

- АЖЖ моделін әзірлеу
- АЖЖ файлын CNC бағдарламасына түрлендіру
- СББ бар станокты дайындау
- Өңдеу операциясын орындау

АЖЖ үлгілері

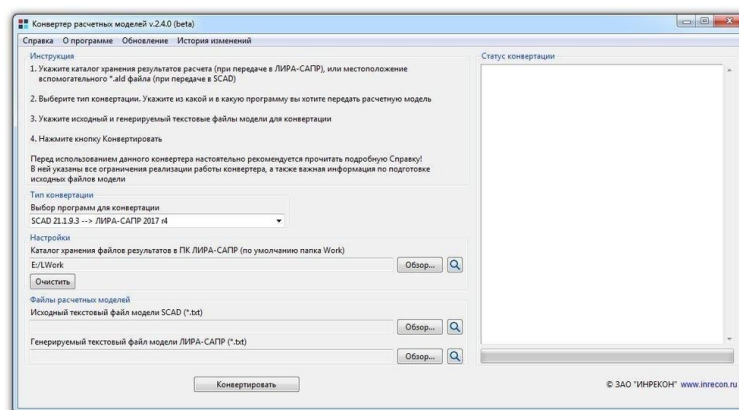


4– сурет – АЖЖ моделін әзірлеу

Өңдеу процесі цифрлық модельге сәйкес бөлікті құрудан басталады. АЖЖ бағдарламалық жасақтамасы әзірлеушілер мен өндірушілерге өз бөлшектері мен бұйымдарының үлгісін әрі қарай өндіру үшін өлшемдер мен геометрия сияқты қажетті техникалық сипаттамалармен бірге жасауға мүмкіндік береді.

Бөлшектің өлшемдері мен геометриясы станок пен құралдың мүмкіндіктерімен шектеледі. Сонымен қатар, өңделетін материалдың қасиеттері, құралдың конструкциясы және оның сипаттамалары сонымен қатар бөлшектің минималды қалыңдығы, бөлшектің максималды өлшемі, сондай-ақ ішкі қуыстар мен элементтердің күрделілігі сияқты қажетті мәндерді енгізу арқылы жобалау мүмкіндіктерін шектейді.

АЖЖ-де жобалауды аяқтағаннан кейін дизайнер модельді машина жүйесімен үйлесімді файл форматына экспорттайды.

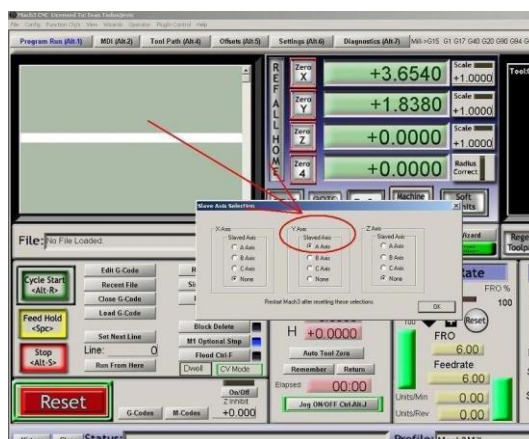


5– сурет – Айырбастау АЖЖ файлдары

Пішімделген файл САМ бағдарламасы арқылы өтеді, онда модель машинаның басқару кодына түрлендіріледі.

CNC станоктары G-код, M-код және т.б. сияқты орындалатын кодтың бірнеше пішімдерін пайдаланады. Олардың ішіндегі ең танымал және қолданылатыны — G-код. M-код машинаның қосалқы функцияларын басқара алады.

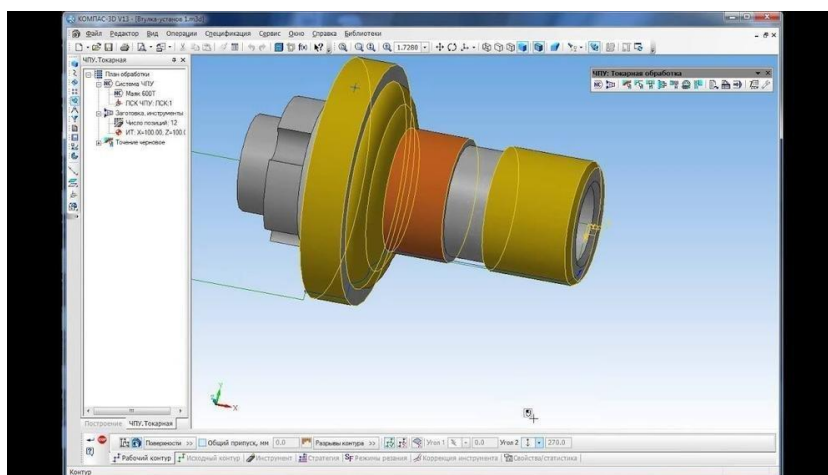
Жұмыс бағдарламасы жасалғаннан кейін оператор оны CNC машинасына жүктейді.



6– сурет – СББ бар станокты дайындау

Оператор бағдарламаны іске қоспас бұрын, ол машинаны жұмысқа дайындауы керек, ең алдымен — бастапқы дайындаманы және құралды орнату, машинаның дұрыс жұмыс істеп тұрғанына және барлық жүйелердің жұмыс істеп тұрғанына көз жеткізу, қажет болған жағдайда калибрлеу.

Станок толығымен орнатылғаннан кейін оператор бағдарламаны іске қоса алады.



7– сурет – Өңдеу операциясын орындау

Бағдарлама CNC машинасының жетектеріне арналған нұсқаулық ретінде әрекет етеді, оның қозғалтқыштарын дайындаманы және құралды жылжытуға, олардың салыстырмалы орналасуын өзгертуге мәжбүр етеді. Контроллер электр импульстарын жетек қозғалтқыштарына бағдарламада белгіленген тәртіпте және белгіленген ұзақтықта жібереді, осылайша шана оператор ұсынған әрекеттерді орындайды.

Операция түрлері

CNC станоктары шығаратын операциялар механикалық, химиялық, электрлік және термиялық процестерді қоса алғанда, кең ассортиментте ұсынылған, олар бөлшекті жасау үшін дайындамадан қажетті материалды алып тастайды.

Әртүрлі типтегі CNC станоктарында ең көп таралған механикалық өңдеу операцияларының кейбірі:

- бұрғылау;
- фрезерлеу;
- материалды пішу;
- ою және ою;
- қайрау (токарлық жұмыстар);
- сыпыру және бұранданы кесу;
- бұрандалы қосылыстарды бұрау.

Бұл бірнеше негізгі, шын мәнінде, жүздеген операциялар, және олардың барлығын тізіп шығу мүмкін емес, өйткені жаңалары мезгіл-мезгіл функционалдығы жоғарылаған жаңа машиналармен бірге пайда болады.

3.2 CNC станоктарында токарлық станокта біліктерді өңдеу үшін CAM жүйелері (Computer Aided Manufacturing)

Біліктерді токарлық өңдеу металды өңдеудегі маңызды және қажетті процесс болып табылады. Заманауи машина жасау өндірісінде токарлық операцияларды технологиялық дайындау үшін, мысалы, CNC станоктарында токарлық станокта біліктерді өңдеу үшін CAM жүйелері (Computer Aided Manufacturing) кеңінен қолданылуда.

Типтік басқару құрылымына сәйкес CNC бар станокпен ондағы CAM жүйесінің көмегімен келесі міндеттер шешіледі:

- құрал-саймандар мен дайындамалар қозғалысының қалыптастырушы траекторияларын жобалаудың геометриялық есептері;
- технологиялық операция элементтерін жобалау;
- геометриялық есептеулерді тексеру және өңдеу процесін визуализациялау;
- таңдалған машинаның постпроцессорлық кодтарына сәйкес басқару бағдарламасын (ББ) қалыптастыру.

Дегенмен, тіпті қазіргі заманғы CAM жүйелерінде де, егер тапсырма CNC машинасында білікті өңдеу болса, кесу режимін автоматты түрде есептеуге мүмкіндік беретін модуль жоқ. Берілістің мақсатын (яғни,

калыптасқан траектория бойынша қозғалыс жылдамдығын) және шпиндельдің айналу жиілігін технолог реттеуші деректерді, өзінің тәжірибесін немесе аспаптық материалдарды өндірушілердің ұсыныстарын пайдалану негізінде орындайды. Сонымен қатар, сызықтық емес бағдарламалау есептерін шешуге негізделген кесу процесін оңтайландыру әдістері теориялық тұрғыдан әзірленді. Токарлық станокта сатылы біліктерді өңдеу токарлық станоктар жұмысының негізгі міндеттерінің бірі болып табылады, ал көп сатылы өндірісте сандық басқарылатын станоктарды қолдана отырып, CNC станоктарында біліктерді өңдеу штангалар түріндегі дайындамалардан жүзеге асырылады. Сондықтан мұндай токарлық операциялар априори көп өтпелі өңдеуді қамтиды. Дегенмен, көп ұңғылы өңдеу үшін кесу режимін оңтайлы таңдау, оның барлық құрамдас бөліктерінің оңтайлы мәндерін анықтау мәселесі шешілмеген күйінде қалып отыр: тереңдік, жылдамдық және беру.

Заманауи станоктардың кесу режимінің барлық компоненттерін басқарудың нақты мүмкіндіктерін ескере отырып, САМ жүйесі толықтай жұмыс істей алатындай болуы керек осындай мүмкіндіктерді пайдалану арқылы. Бұл дегеніміз, ол міндетті түрде модульді қамтуы керек, бұл автоматты түрде, егер білік спс-де өңделсе, кесудің оңтайлы тереңдігі бойынша өрескел операциялардағы құрал-саймандардың қозғалыс траекторияларын жобалауға, сондай-ақ кесу режимінің берілісі мен шпиндель жылдамдығы сияқты компоненттерін басқару бағдарламасын есептеуге мүмкіндік береді. . Сонымен қатар, оңтайлы кесу тереңдігі айналу жиілігімен және беріліспен бірге оңтайландыру мәселесін шешуден анықталуы керек, егер біліктерді CNC станогында бұру бір критерийге дейін азайтылса: оңтайлылық критерийі болатындай етіп кесу режимінің компоненттерінің комбинациясын табыңыз. өнімділік - барлық шектеулер орындалған жағдайда максималды болады. Оңтайлы менеджмент өндірісті технологиялық дайындау сатысында жобаланатын болғандықтан, оңтайландыру мәселесін шешуге арналған бастапқы мәліметтер алдын-ала ақпараттан алынуы керек. Тағы бір маңызды шарт - токарлық станокта сатылы біліктерді өңдеу өзгермелі және кесу процесінде өңдеу диаметрі және нақты кесу тереңдігі сияқты параметрлер өзгереді, бұл өңдеудің оңтайлы режимін тұрақты есептеу қажеттілігін анықтайды.

CNC станоктарында жоспарланған теориялық шешімдерді САМ жүйелерін қолданбай жүзеге асыру мүмкін болмағандықтан, компьютерді қолдануға бағытталған басқару бағдарламасын құру тұжырымдамасы қабылданды. CNC станогында білікті өңдеуді модельдеу керек, САМ жүйесінің құрылымы қолда бар бастапқы деректерге сәйкес және көп өтпелі өңдеу траекторияларын есептеу мәселесін шешуге негізделген кесу процесін қамтамасыз етуі керек. Әрі қарай, токарлық процесті модельдеу жүзеге асырылады, оның барысында оның әр қадамында нақты диаметр мен кесу тереңдігінің мәндері есептеледі, олар оңтайландыру мәселесін шешуге және шпиндельдің айналу жиілігі мен берілісінің оңтайлы мәндерін анықтауға

арналған бастапқы мәндер болып табылады. СПС токарлық станоктарында біліктерді өңдеу оңтайлы түрде орындалады.

Демек, оңтайлы басқарудың жалпы мәселесін шешу үшін алдымен кедір-бұдыр өткелдерде оңтайлы кесу тереңдігін орнату қажет. Мұндай мәселені шешу үшін алгоритм әзірленді, ол оңтайландыру мәселесін шешу алгоритмін және Петраков Ю.В., Амин Афшара Камбиздің "Токарлық өңдеуді оңтайландыру" еңбегінде ұсынылған сәйкес қолданбалы бағдарламаны қолдануға негізделген (жинақ Украина Ұлттық техникалық университетінің хабаршысы "КРІ").

Штамптау немесе құю түріндегі дайындаманы таңдаған кезде де оңтайлы басқаруды жобалау мәселесі дәл осылай шешілетінін атап өткен жөн (4-суретті қараңыз). Бұл жағдайда бастапқы деректерде құю (штамптау) еңістері мен рұқсат мөлшері тағайындалады. Әдепкі рұқсат бірдей қашықтықта қабылданады және оның сандық массивінің қалыптасуы, дискретті геометриялық модельді білдіретін, есептеу процедурасымен орындалады тең қашықтықтағылар, ол өрескел өңдеу кезінде траекторияларды анықтау үшін де қолданылады.

1 Алғаш рет өрескел екенін дәлелдеді біліктерді токарлық станокта өңдеу кесудің тереңдігіне байланысты, тәуелділік экстремалды болып табылады. Кесу тереңдігі бойынша экстремумды автоматты түрде іздеу және өрескел өткелдерде кескіштің қозғалыс траекториясын қалыптастыру алгоритмі ұсынылған.

2 Алғаш рет САМ модулі әзірленді - сатылы біліктерді токарлық өңдеуді басқару жүйесі, ол технологтан кесу режимінің параметрлерін орнатуды және қозғалыс траекторияларын таңдауды талап етпейді.

3 Әзірленген модуль автоматты түрде шпиндельдің айналу жиілігін және бойлық берілісті анықтайды, бұл өңдеудің ең аз уақытын қамтамасыз етеді және CNC өңдеу машинасының басқару бағдарламасын жасайды.

4 Қабылданған тұжырымдамаға сәйкес басқару бағдарламасын есептей отырып, әзірленген модуль машинаның максималды рұқсат етілген режимдерде жұмыс істеуін автоматты түрде қамтамасыз етеді және осылайша біліктерді токарлық өңдеу, өрескел өткелдерде өңдеу жағдайларын тұрақтандырумен қамтамасыз етілген және басқарудың екі маңызды міндеті бір уақытта шешілген: тұрақтандыру және оңтайландыру.

Сізге САМ (computer-aided manufacturing — автоматтандырылған өндіріс жүйесі) — CAD-да дайындалған жобалармен жұмыс істейтін арнайы бағдарламаны таңдау және мұқият конфигурациялау қажет.

CAD (computer — aided design — автоматтандырылған әзірлеу жүйесі) - берілген деректер негізінде үш өлшемді объектілерді жасауға және оларды өңдеуге мүмкіндік беретін жобалауға арналған бағдарламалық қамтамасыз ету. CAD-да жасалған жобалар САМ-да тікелей жабдықпен жұмыс істеу үшін қолданылады.

САМ бағдарламасы Сандық нысандарды G-code форматындағы машинаға түсінікті командаларға түрлендіреді. G-code бұл CNC

машиналарына арналған тікелей басқару бағдарламасы — Жабдыққа арналған командалар жиынтығы.

Көбінесе CAD / CAM бір бағдарламалық пакет түрінде жеткізіледі немесе бағдарламалық-аппараттық кешендерге оңай интеграциялау және бірлесіп жұмыс істеу үшін алдын ала дайындалады.

Ең танымал және функционалды CAD/CAM бағдарламалары күрделі және оператордың байыпты дайындығын қажет етеді. Өзіңізге бірден "ең танымал CAM" орнатуды мақсат етпеңіз, алдымен қарапайым пакетпен бірнеше мәліметтерді жасап көріңіз. Барған сайын үйренетін нәрсе неғұрлым Функционалды және күрделі бағдарламалық жасақтаманы игеруді едәуір жеңілдетеді.

CAM бағдарламасының машинамен үйлесімділігі және алынған кодты дұрыс өңдеу үшін кейде "Post" немесе "Post Processor" түрлендіргіш бағдарламаларын қолдану қажет. Егер сіз тиісті постпроцессорды пайдаланбасаңыз, онда G-кодын алуға болады, ол жақсы көрінеді, бірақ оны машинада іске қосқан кезде таңқаларлық нәтиже береді.

Белгілі бір CAM-ны таңдамас бұрын, негізгі ұғымдарды меңгеру үшін онымен жұмыс істеу туралы оқу бейнелерін міндетті түрде қараңыз. CNC машинасында жұмыс істеу тиімді болуы үшін сіз "CAM сияқты ойлауды" үйренуіңіз керек. Бұл машинаның қандай әрекеттерді жасайтынын, бөлшекті қашан жасайтынын, қандай командаларды және ол үшін қандай ретпен алу керектігін жақсы түсінуге көмектеседі.

Сондай-ақ, CAM бағдарламаларынан басқа, мысалы, тінтуірдің немесе қаламның қозғалысын тікелей машина контроллеріне жіберетін CNC машинасын тікелей басқару бағдарламалары (machine controller) бар екенін атап өткен жөн. Олардың ішіндегі ең танымалдары:

- LinuxCNC;
- Grbl;
- Jedicut;
- PyCNC;
- Inkcute;
- Universal Gcode Sender (UGS).

Сіз фрезерлік станокты немесе CNC токарлық станокты қолдансаңыз да, бөлікті жасаудың әдеттегі процесі келесі қадамдардан тұрады:

- CAD бөлшектерді жобалау үшін қолданылады;
- Қосымша бағдарламалар машинада жасау үшін CAD нәтижесін оңтайландыруы мүмкін;
- COM CAD сызбасын талдайды, машина операторынан деректерді алады (мысалы, материал немесе құрал түрі) және машина контроллері үшін G-Code басқару командаларын шығарады;
- G-code командаларынан алынған станок контроллері тиісті электр тізбектерін қажетті ретпен және берілген ұзақтықпен іске қосады, бұл станокты бағдарламада көзделген операцияларды орындауға мәжбүр етеді;

– G-Code-CNC машинасы түсінетін ең көп таралған тіл. G-кодтан басқа opensp, HPGL (Hewlett-Packard Graphics Language), Cutter Location (cl) Data, APT сияқты тілдер қолданылады.

3.3 Кәсіби САМ программалары

FUSION 360

Бес оське дейін немесе 3D принтерлерді қолдайтын CNC станоктары үшін басқару бағдарламаларын құрудың бағдарламалық кешені. Бағдарламаның өзінде өнімнің сызбаларын жасауға, сондай-ақ AutoCAD файлдарын импорттауға немесе экспорттауға мүмкіндік береді. Негізінде, Fusion 360-толық CAD, CAM және CAE кешені. Генеративті дизайн функциясы, бағдарламалық жасақтама өздігінен көптеген модельдер жасағанда, оларды салыстырады және ең сәйкес тапсырмаларды таңдайды, дизайнның алғашқы кезеңдерінде өз жобаларын тексеруге мүмкіндік береді. Дизайн шешімдерінің үлкен кітапханасы жобаны әзірлеу процесін едәуір жылдамдатуға мүмкіндік береді.

Vectric / Aspire

Aspire CNC фрезерлік станогында бөлшектерді жасау және кесу үшін қуатты, бірақ интуитивті бағдарламалық шешімді ұсынады. Профильдеу, ойықтарды фрезерлеу және бұрғылау сияқты 2D траекторияларын, сондай-ақ 2.5 D траекторияларын 2D жобалау және есептеу құралдары бар, соның ішінде; V-Carving, Prism carving, Molding Toolpaths, Fluting және тіпті сәндік текстуралау стратегиясы.

Бағдарламаға енгізілген 3D дизайн құралдары өздерінің 3D рельефтік модельдерін жасауға және оларды әртүрлі 3D өңдеу стратегиялары арқылы өңдеуге мүмкіндік береді. 2D жобалау және редакциялау құралдарының толық жиынтығымен үйлескенде, олар 2D және 3D бөлшектерін нөлден бастап құруды, сондай - ақ сыртқы 2D және 3D деректерін импорттауды және өңдеуді жеңілдетеді.

Mastercam

CNC станоктарында өндіруге арналған 2D және 3D модельдерін дайындауға арналған өнімдердің әмбебап кешені.

– Dynamic Motion фирмалық алгоритмі өнімділікті оңтайландырады және бағдарламалау жылдамдығын арттырады.

– Accelerated Finishing кейбір нысандарда жылдам өңдеуге және тегіс бетке мүмкіндік береді.

– Equal Scallop көлбеу, қисық және тегіс беттерде өңдеудің тазалығын қамтамасыз етеді.

– Surface Finish Blend траекториясын оңтайландырғыш бөлшектерді өңдеуді жылдамдатады.

– Deburr көп осьті өңдеу 3-5 өстің жиектерін тегістеу және бөртпелерді кетіру үшін шар кескіштерді немесе басқа құралдарды пайдалана алады.

– Port Expert-цилиндр блоктарында, күрделі пішінді тесіктерде немесе ойықтарда көп осьті траекторияларды жасауға арналған жылдам және қолдануға оңай қосымша бағдарламалық құрал.

Solidworks

SolidWorks-Dassult Systems компаниясының объектілер өндірісін конструкторлық және технологиялық дайындау кезеңдеріндегі жұмыстарды автоматтандыруға арналған бағдарламалық кешені.

Бұл ұзақ уақыт бойы салада стандартқа айналды және онымен жұмыс істеу үшін басқа баспагерлердің көптеген өнімдері жазылды.

SolidWorks CAM-да объектілерді құрудың екі әдісі бар: автоматты және интерактивті. Автоматты режимде бағдарлама берілген мәліметтер бойынша объектілерді дербес жасайды, бұл дайындық процесінде уақытты үнемдейді.

Интерактивті режимде кез-келген элементтерді негіз ретінде жиектерді, беттерді немесе эскиздерді қолдана отырып икемді түрде анықтауға болады. Бұл икемділік модельге өзгертулер енгізген кезде жаңартылатын параметрлік элементтерді тез және оңай жасауға мүмкіндік береді.

DeskProto

DeskProto-ның ақысыз нұсқасы CAM-дің негізгі функционалдығын ұсынады. Мүмкіндіктер қол жетімді:

- DXF, EPS немесе AI векторлық өңдеу;
- STL геометриясын өңдеу;
- BMP, JPG, GIF, PNG, TIFF растрлық кескінін өңдеу;
- Өңдеу тереңдігі мен еркін қозғалыс биіктігі бар векторлық деректерге негізделген траекторияларды профильдеу;
- Траекториялар арасындағы қашықтықты және траектория бойындағы кадам мәндерін орнату;
- Растрлық деректер негізінде үш өлшемді рельефті құру;
- CAD моделін масштабтау, шағылыстыру және айналдыру;
- Кескіштерді анықтау және таңдау;
- Жеткізу жылдамдығы мен шпиндель жылдамдығын реттеу;
- Постпроцессор.

DeskProto-ның ақысыз нұсқасында шектеулі опцияларды қолдана отырып, бір бөліктен тұратын және бір операциядан тұратын жобалар жасауға болады. Файл өлшеміне немесе күрделілігіне ешқандай шектеулер жоқ. Бұл бөлшектердің әртүрлі түрлерін жасауға мүмкіндік береді және көптеген пайдаланушылар үшін бұл жеткілікті.

Тегін Autodesk HSMXpress-бұл 2,5 осьті CAM SOLIDWORKS-пен жұмыс істеуге арналған.

- Бағдарламалық жасақтама мыналарды қамтиды:
- Стандартты фрезерлеу операцияларына арналған траекториялар, соның ішінде 2D өрескел өңдеу, шегініс жасау, бұрғылау, морф спиралы, кесу және контурлау;
- Материалды тікелей және кері жоюға арналған модельдеу мүмкіндіктері;

- JavaScript-ке негізделген икемді кейінгі процесс жүйесі, соның ішінде толық интерфейс, болуы постпроцессор HAAS UMC 750 үшін, HAAS фрезерлік және токарлық білдектерге арналған негізгі постпроцессорлар, Datron;
- Файлдарды салыстыру, блоктарды нөмірлеу, мәтінді өңдеу және пікірлерді жою мүмкіндігі бар CNC машиналарына арналған қуатты бағдарлама редакторы;
- Бейнесін жасау функциялары (сыртқы контурдың эскизі);
- Albrecht және Maritool картридж кітапханалары.

4 Төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдер

4.1 Төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқару үшін нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдерді қолдану

Осы жұмыста жасанды интеллект әдістерін пайдалана отырып, қаттылығы төмен біліктерді өңдеу процесін басқаруға арналған машиналық оқытуға негізделген түпнұсқа автоматтандырылған тәсіл ұсынылған. Нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдердің әртүрлі типтеріне негізделген гибридті контроллерлердің үш моделі әзірленді. Бұл зерттеуде генетикалық алгоритм арқылы оңтайландырылған мақсаттық функция нақты деректермен оқытылған нейрондық желіге ауыстырылды. Генетикалық алгоритмнің міндеті — ең аз ауытқуды қамтамасыз ететін нейрондық желінің кіріс параметрлерінің оңтайлы мәндерін таңдау. Кіріс векторының мәндері де, нейрондық желінің шығыс мәндері де нақты сандар болып табылады, яғни қарастырылып отырған тапсырма регрессивті болып табылады. Нейрондық желілердің үш түрінің өнімділігі талданды: классикалық көпқабатты перцептрондық желілік, сызықты емес авторегрестік экзогендік кіріс желілері (NARX) және терең қайталанатын ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жады (LSTM) желілері. Басқару процесін автоматтандырудың жоғары деңгейіне жету үшін машиналық оқытудың алгоритмдік әдістері қолданылды. Желіні нақты өлшем деректері бойынша оқыту арқылы біз математикалық модельдеуде әдетте назардан тыс қалатын көптеген факторларды ескере отырып, токарлық өңдеу процесінің сенімділігін бақылай алдық. Тәжірибелердің оң нәтижелері қаттылығы төмен біліктердің бұралуын басқарудың ұсынылған әдісінің тиімділігін растайды.

Машиналар мен механикалық құрылғылардың әртүрлі түрлерінде қолданылатын барлық бөлшектердің жартысына жуығы айналмалы болып табылады. Оларға тісті доңғалақтар, цилиндрлер, төлкелер, дискілер және концентраторлар жатады. Бұл айналмалы бөліктердің көпшілігі (шамамен 40 процентке) әртүрлі типтегі біліктерден тұрады, олардың шамамен 12 процентке қаттылығы төмен біліктер. Қаттылығы төмен біліктердің жалпыға бірдей қабылданған анықтамасы жоқ; дегенмен, бұл санатқа әдетте ұзындығы мен диаметрінің қатынасы кемінде 10 болатын біліктер жатады. Бұл бұл бөліктердің дұрыс емес, жоғары ұзартылған пішінге ие екенін білдіреді. Қаттылығы төмен біліктер электромеханикалық, аспаптық, автомобильдік және аэроғарыштық салаларда, сондай-ақ дәлме-дәл механикада және басқа да көптеген қолданбаларда қолданылады.

Айналмалы бөлшектер, соның ішінде біліктер, көбінесе токарлық өңдеу арқылы өңделеді. Өңдеудің бұл түрі кезінде дайындама белгілі бір бұрыштық жылдамдықпен айналады, бұл дірілдің пайда болуына ықпал етеді. Бөлшектің жанасу қаттылығы неғұрлым төмен болса, оның дірілге бейімділігі соғұрлым жоғары болады, яғни қаттылығы төмен біліктер дірілге әсіресе сезімтал

болады. Біліктерді өңдеу кезінде пайда болатын тербелістер токарлық өңдеу процесінің сенімділігін төмендетеді, токарлық беттердің өлшемдік дәлдігіне, толқындылығына және кедір-бұдырлығына теріс әсер етеді. Бұрылыстың дәлдігі әдетте ауытқу ретінде өлшенеді y , миллиметрмен көрсетілген. Егер ауытқу функция болып табылады деп есептесек n -аргументтер $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, содан кейін қаттылығы төмен біліктерді бұру процесін басқару түсіндірмелі айнymалыларды сәйкесінше таңдау арқылы ауытқуды азайту болып табылады..

4.2 Қаттылығы төмен біліктерді өңдеу мәселесі

Қатты біліктерді өңдеуде қолданылатын дәстүрлі әдістер қаттылығы төмен біліктерді өңдеуде тиімді емес. Біліктердің төмен қаттылығының әсерлерін әртүрлі шешімдер арқылы азайтуға болады, мысалы, көп ұңғылы өңдеу, төмендетілген айналу жылдамдығымен өңдеу, қосымша тірек элементтерін пайдалану және тіпті қолмен тегістеу [1]. Дегенмен, бұл әдістер өндіріс тиімділігін төмендетеді және біліктерді өндіруге арналған техникалық шығындарды арттырады. Сонымен қатар, олардың ешқайсысы технологиялық параметрлердің қайталанатындығына кепілдік бермейді және көптеген жағдайларда осы әдістермен жасалған бұйымдар дәлдік талаптарына сәйкес келмейді.

Әдебиеттерде сипатталған төмен қаттылықтағы біліктерді бұру процесін басқарудың тәсілдері кескіш құрал дайындамаға қатысты бұрылу кинематикасына сәйкес қозғалады және кесу күші элементінің қысымы бағытында дірілдейді деген болжамға негізделген. ал кесу жиегі дайындамаға құралдың ұшының профилін береді. Жоғарыда келтірілген болжамдар бойынша өңделетін беттердің деформациясын математикалық функциялармен сипаттауға болады; алайда, бұл тәсіл қарастырылып отырған мәселені жеңілдетеді тапсырманы. Утилитарлық математикалық модельдер өңдеу процесіне әсер ететін басқа факторларды (бұзушылықтарды) толығымен елемейді.

Қаттылығы төмен біліктердің бұрылу параметрлерін дәл болжауға мүмкіндік бермейтін факторларды технологиялық, технологиялық және өңделетін, технологиялық емес (пайдалану) факторларға бөлуге болады [2] . Технологиялық факторлар қоршаған ортаның өзгергіштігімен, кесу күшінің өзгеруімен байланысты, күңгірттенумен құралдың кескіші, тірек реакцияларының орналасуының өзгеруі, дайындаманы ұстау үшін қолданылатын әдіс, жанасу деформациялары, өңдеу шарттары мен параметрлері (мысалы, температура, станокқа берілетін кернеудің өзгеруі, қолданылатын салқындату сұйықтығының түрі).

Өнімділік факторлары көптеген қасиеттерді анықтау қиын болатындығына байланысты белгісіздікпен байланысты, мысалы, жанасу қаттылығы, бұл тек бөлшектің беткі қабатының пішіні мен бастапқы күйіне, оның өлшемдері мен материал түріне байланысты емес. Пайдаланылады,

сонымен қатар көптеген басқа факторлар үшін [3 , 4]. Айнымалылардың саны өте көп болғандықтан, жанасу қаттылығының мәнін анықтау да өте қиын. Бұрылған кезде қаттылығы төмен біліктердің бетінің деформациясын тудыруы мүмкін басқа технологиялық емес факторларға мыналар жатады: біркелкі емес дайындама материалы, құрғақ және дымқыл үйкеліс, шаршауға төзімділік, діріл мен коррозияға төзімділік және өңдеу түрі. Бұл бөліктің бұрын ұшырағандығы (мысалы, термиялық өңдеуден өткен).

Қаттылығы төмен біліктердің айналуын сипаттау үшін қолданылатын математикалық модельдер өлшеу кезінде пайда болатын ақауларды және токарлық құралдың қашауының тек кесу күшінің векторы бағытында дірілдемейтінін елемейді. Математикалық модельдер түсіре алмайтын басқа құбылыстарға мыналар жатады: дайындама мен кескіш температурасының бұрылу кезінде алынған беттің сапасына әсері, кескіштің үстіңгі бөлігінің тозуының токарлық өңдеудің сенімділігіне әсері, токарлық өңдеудің бұзылуы. құрал кескіштің дайындамаға қатысты қозғалысының ауытқулары мен ауытқуларында көрінетін кинематика.

4.3 Қаттылығы төмен біліктерді токарлық өңдеу процесін автоматтандыру

Процестерді автоматтандыру — кілттердің бірі мегатрендтер, Индустрияны қозғаушы 4.0 [5]. Бұл тұжырымдама ақпараттық технологиялар (бұлттық есептеулер, бұлттық өндіріс, заттар интернеті), кибернетика саласындағы соңғы жетістіктерді пайдаланумен байланысты, мехатроника және өндіріс технологиялары [6]. Атап айтқанда, бұл интеграцияға және өндірістік процестерді басқаруды толық автоматтандыруға қатысты, шешімдер машиналармен қабылданады, ал басқарушы рөлді адам атқарады. Индустрия 4.0 әлемнің жетекші экономикаларының алдында тұрған сынақ және мақсат болғандықтан, процестерді автоматтандырудың қолданыстағы әдістерін жетілдіруге және жаңаларын әзірлеуге бағытталған зерттеулерге сұраныс жоғары.

Қаттылығы жоғары бөлшектерді өңдеуге арналған шешімдерді автоматтандыру, әдетте, аса күрделі емес. Нақты мәселе - қаттылығы төмен біліктер сияқты типтік емес өлшемді пропорциялары бар бөлшектерді өңдеуді автоматтандыру [7]. Осы бөлшектерден тұратын машина бөлшектері мен құрылғыларын жобалау кезінде өндіріс процесінде де, пайдалану мен қызмет көрсетуде де сенімділікті ескеру қажет. Бұл екі сала ғылыми тұрғыдан әртүрлі болғанымен, нақты тәжірибеде бірін-бірі толықтырады. Машинаның жоғары өнімділігін қамтамасыз ету үшін жоғары сапалы бөлшектерді пайдалану қажет. Бөлшектердің сапасын анықтайтын көптеген факторлар бар. Оларға, басқалармен қатар, өлшемдердің жоғары дәлдігі және беттің төмен кедір-бұдырлығы жатады. Өнеркәсіптік ауқымда жоғары сапалы бөлшектерді шығару үшін компаниялар өндіріс процесінің жоғары сенімділік стандарттарына сәйкестігін қамтамасыз етуі керек, бұл жоғары

автоматтандырылған өндіріс жағдайында қол жеткізуге болады. Төмен қаттылықтағы біліктерді өндіруді автоматтандырудың жоғары деңгейін қамтамасыз ету әлі де маңызды міндет болып қала береді, осыған байланысты осы типтегі машина бөлшектерін өңдеудің тиімді және өнімді әдістерін әзірлеуге бағытталған зерттеулер қажет болады.

4.3 Бөлшектерді өңдеу кезінде жасанды интеллектті қолдану

Әдебиеттерде өндірістік процестерді басқаруда жасанды интеллект әдістерін қолданудың көптеген мысалдары келтірілген. Олардың көпшілігі сандық басқарылатын станоктарда жүзеге асырылатын шешімдер болып табылады. Ю, Қабалдин ал Шатагин, мысалы, дайындаманың 3D үлгісіндегі нүктелік бұлтты жіктеу үшін жасанды нейрондық желілерді пайдалануды сипаттайды, бұл CNC жұмыс кеңістігінде дайындаманың пішінін автоматты түрде талдауға мүмкіндік береді. станок [8]. Өз кезегінде, Морейра және т.б. реттеу үшін контроллерді әзірлеу үшін анық емес логика мен нейрондық желілерді қолданды нақты уақыттағы фрезерлеу параметрлерін [9]. Миронова нүктелік құралдармен өңдеудің дәлдігін қамтамасыз етуге арналған функционалды-семантикалық желілік технологияларға негізделген интеллектуалды жүйені сипаттайды [10]. Ол жоғары жылдамдықты болаттан жасалған бұрғылармен өңделген саңылаулардың осьтік ығысуы құралдың берілуіне және оның айналу жиілігіне байланысты немесе соған байланысты екенін анықтады. Сүйкімділік, Чавла және Ram машиналық оқыту алгоритмдерін сипаттайды, атап айтқанда сандық басқарылатын машинаны автоматты түрде бағдарламалау үшін тірек векторлық машина (SVM), шектеулі Больцман машинасы (RBM) және терең сенімді желі (DBN). [11]. Жүсіп және т.б. жасанды аралар колониясын пайдалана отырып, абразивті су ағынымен өңдеуді басқарудың оңтайлы параметрлері бағаланды [12]. Фанг, Пай және Эдвардс өңделген беттердің кедір-бұдырлығын болжау үшін модель әзірледі. Олар көпқабатты жүйенің нейрондық желілерін пайдаланды перцептрон (MLP) металды өңдеу операциялары кезінде пайда болатын көп өлшемді сигналдарды, соның ішінде үш өлшемді кесу күші сигналдарын және үш өлшемді кесу діріл сигналдарын өңдеуге арналған [13]. Нареш, Бозе және Рақ жасанды нейрондық желі (ANN) және адаптивті жүйе үлгілерін салыстырмалы зерттеу нәтижелері туралы есеп береді нейро-реакцияларды болжауды жақсарту үшін анық емес қорытындыда электр разрядты материалдың алыну жылдамдығы және бөліктің бетінің кедір-бұдырлығы сияқты сымдарды өңдеу. Нитинолды қорытпа [14].

Бұл мысалдар машиналық оқыту әдістерін өңдеу процестерін басқаруда тиімді болжау құралдары ретінде пайдалануға болатынын көрсетеді. Оңтайландыру әдістерін өндірістік процесті басқарудың құрамдас бөліктері

ретінде де сәтті пайдалануға болады, бұған әртүрлі басылымдар дәлел болады [6, 15, 16, 17, 18, 19].

Ұсынылып отырған тәсілдің инновациялық аспектілері

Механикалық өңдеуді басқарудың динамикалық әдістерін қолдану арқылы CNC станоктарын автоматтандыру деңгейін арттыруға болады. Юсуф Алтынтас өз кітабында [20] тұрақты, сызықты емес, ашық және тұйық контурлы басқару жүйелерінің көптеген мысалдарын ұсынады. Мұндай жүйелерді заманауи басқару адаптивті әдістерге негізделген, мысалы, қоректендіру жетегін басқару жүйесі, бұзылуды бағалайтын сырғымалы режим контроллері немесе интеллектуалды өңдеу модулі. Интеллектуалды өңдеу арқылы адаптивті басқару, құралдың денсаулығын бақылау және процесті басқару сияқты тапсырмаларды орындауға болады. Заманауи автоматтандырылған CNC өңдеу процесінде бір уақытта орындалатын тапсырмалардың әртүрлілігін ескере отырып, өңдеу динамикасын талдау әдістерін қаттылығы төмен біліктердің токарлық өңдеу процесін қосымша ретінде басқару үшін пайдалануға болатынын атап өткен жөн. Басқарудың әртүрлі әдістерінің үйлесімі синергетикалық әсерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Дегенмен, мұндай гибридті шешімдер CNC өңдеудің белгілі бір салаларында қосымша зерттеулерді қажет етеді.

Дірілдеуді дыбыс спектрінің амплитудасын үздіксіз бақылау арқылы анықтауға болады. Оны микрофонмен өлшеуге болады. Дірілді кесу жылдамдығын реттеу арқылы азайтуға болады. Дегенмен, бұл өңдеу процесінің тиімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Ван және т.б. [21] тұрақты кесу күші мен интеллектуалды өңдеу құралына негізделген адаптивті интеллектуалды басқару жүйесін сипаттады. Авторлар әзірлеген смарт кескіш құрал сенсорлық құралдың қарапайым және ықшам, арзан конфигурациясын қамтамасыз ететін "қосу және ойнату" мүмкіндігі бар кесу күшін өлшеу деректерін қамтамасыз етеді. Авторлар интеллектуалды кескіш құралдарды және соған байланысты интеллектуалды алгоритмдерді қолдануға негізделген адаптивті интеллектуалды өңдеуді әзірлеу өңдеу уақытын барынша азайтады және беттің кедір-бұдырлығын жақсартады деп мәлімдейді. Осыда келтірілген нәтижелер бұл тезисті толығымен растайды.

Бұл жұмыстың мақсаты жасанды интеллект және машиналық оқыту әдістеріне негізделген қаттылығы төмен біліктерді токарлық өңдеуді адаптивті басқарудың түпнұсқа әдісін ұсыну болып табылады. Нейрондық желілер мен генетикалық алгоритмдер (ГА) жүзеге асырылатын болжамды контроллер алгоритмі әзірленді. Нейрондық желі ауытқу мәнін тудырады у екі кіріс негізінде айнымалылар: Fx 1 Бекітілген1 — жылжымалы созылу күші және e — созылу кезіндегі созылу күшінің эксцентриситеті. Математикалық тұрғыдан алғанда, қара жәшік ретінде қарастырылатын нейрондық желі жалпы

формуламен (1) берілген оңтайландырылған фитнес функциясының рөлін атқарады.

$$y = \min_{F_{x1,e}} f(F_{x1,e}) \quad (1)$$

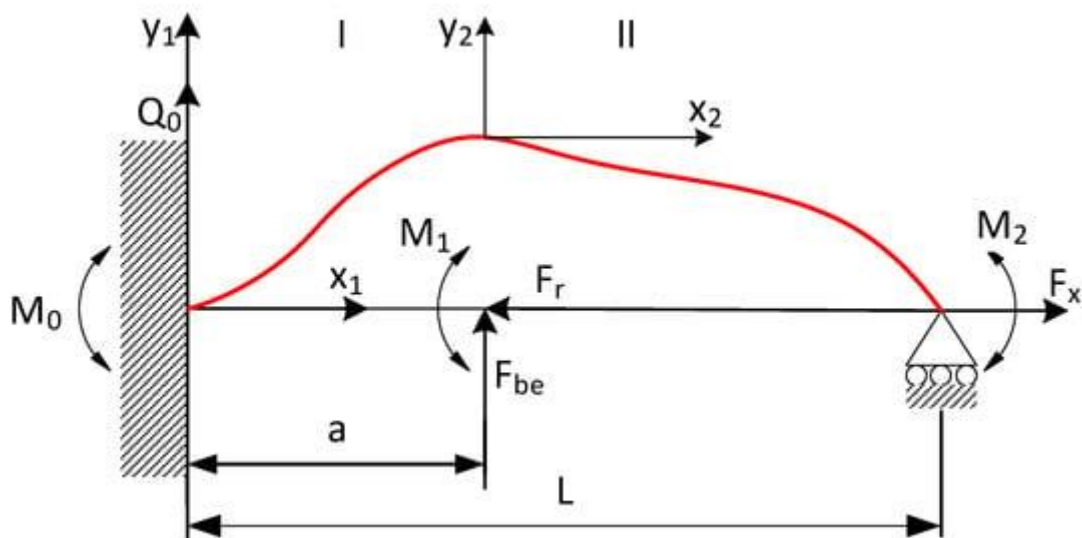
Келесі қадамда мақсаттық функция (1) көмегімен оңтайландырылады ГА. ГА ауытқуды барынша азайтады y , күшті дұрыс тандау. F_{x1} Бекітілген және эксцентриситет e . Ұсынылғанның жаңалығы тұжырымдама нейрондық желіні дұрыс оқытудан тұрады, ол жалпылау қабілетіне ие бола отырып, кіріс деректерін ауытқуға тиімді түрлендіре алады. Нейрондық желі нақты деректермен оқытылғандықтан, өлшеулер математикалық әдістерден айырмашылығы машиналық оқыту жағдайында белгісіз болатын көптеген кедергі келтіретін факторлардың әсерін ескереді. Шын мәнінде, барлық қажетті ақпарат оқу деректер жинағында қамтылған. Нейрондық желіні АА үшін мақсатты функция ретінде пайдалану да жаңа идея болып табылады. Егжей-тегжейлі математикалық формуламен берілген классикалық объективті функцияны нейрондық желіге ауыстыру арқылы біз ақаулар мәселесін шештік және анықтау қиын токарлық өңдеу процесіне әсер ететін факторлар. Сондай-ақ процестерді автоматтандыру деңгейі жоғарылады.

Зерттеу жұмысы төрт бөлімнен тұрады. 1 бөлімде қаттылығы төмен біліктерді токарлық өңдеудің теориялық аспектілері және тиісті әдебиеттерге шолу берілген. 2 бөлімде механикалық өңдеу процесін модельдеудің және алгоритмдік әдістерді қолданудың негізгі аспектілері сипатталған. 3 бөлімде осы зерттеуде әзірленген алгоритмдік әдістерді қолдану арқылы алынған нәтижелер ұсынылып, пайдаланылған желілік әдістердің тиімділігін тексеру үшін салыстырулар жүргізіледі. Зерттеу жұмысын аяқтайды бөлім 4 , эксперименттер, талдаулар және модельдеу арқылы жүргізілген бақылаулар мен рефлексияларды қамтиды.

Материалдар мен әдістер

1-суретте төмен қатты біліктің токарлық станокта қалай бекітілгені көрсетілген. Дайындаманың серпімділік шегін анықтайтын сызық қызыл түспен белгіленген. Өңдеу дәлдігін бақылаудың көптеген теориялық әдістері бар серпімді деформацияланатын біліктер [22]. Төмен қатты біліктерді өңдеу дәлдігін серпімді деформацияланатын күйдің бағытты өзгеруіне байланысты олардың қаттылығын арттыру арқылы тиімді арттыруға болады [23]. Процесті басқарудың бұл түрі дайындамаға созылу күшін қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін, ол кесу күшімен бірге бойлық-көлденең жүктемелерді тудырады. Сонымен қатар, дайындаманың қимасының бұрылу бұрышын бекіту нүктесінде токарлық станоктардың центрлерінің осіне қатысты ығысқан созылу күшін қолдану арқылы басқаруға болады [24]. Дайындаманы бекітуге арналған бұл шешімді жылжымалы айналмалы тірек ретінде

бейнелеуге болады (сурет 8). Бұл эксперименттер қаттылығы төмен біліктерді өңдеуді басқарудың осы әдісін қолдану арқылы жүргізілді.



8– сурет – Қаттылығы төмен білік үлгісін токарлық станокқа бекіту әдісі.

Белгілер:

F_{be} — кескіш құрал жағынан әсер ететін иілу күші;

F_x — x осі бойымен созылу күші;

x_2, y_1, y_2 — дайындаманың әрбір қимасындағы ағымдағы координаттар;

a — шпиндельден кескіш құралдың қашауының жоғарғы жағына дейінгі қашықтық;

L — біліктің ұзындығы;

M_0, Q_0 — бастапқы параметрлер: сәйкесінше ұстау нүктесіндегі момент және ығысу күші;

M_1 — кесу күшінің осьтік құрамдас бөлігі тудыратын момент;

M_2 — бөлшекті токарлық станоктың артқы жағына бекітетін ұстау нүктесінде жасалған момент.

Формулалар (2)–(4) шарттарды анықтайды жүктемелерді көрсетілген біліктер 8 суретте .

$$M_1 = F_{x2} \frac{d}{2},$$

$$M_2 = F_{x1} \cdot e \quad (2)$$

мұндағы d — біліктің диаметрі;

e — эксцентриситет.

$$y_1(x_1) = \left(\frac{Q_0}{F_{x1} - F_f} \alpha \right) (\sinh \alpha_1 x_1) + \left(\frac{M_0}{F_{x1} - F_f} \right) (\cosh \alpha_1 x_1 - 1) \quad (3)$$

F_f — кесу күшінің осьтік құрамдас бөлігі.

$$y_2(x_2) = \left(\frac{Q_0 \cosh \alpha_1 + M_0 \alpha_1 \sinh \alpha_1 + F_b e}{\alpha_2 F_{x1}} \alpha \right) (\sinh \alpha_2 x_2 - \alpha_2 x_2) + \left(\frac{\sin \alpha \left(\frac{Q_0}{\alpha_1} \right) + M_0 \sinh \alpha_1 + M_1}{F_{x1}} \alpha \right) (\cosh \alpha_2 x_2 - 1) \quad (4)$$

Біліктің айналуын сипаттайтын кинематикалық функциялар процеске қатысатын барлық факторларды ескермейтіндіктен, олар басқарудың оңтайлы деңгейін қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз. Ұсынылған модельде токарлық өңдеу процесі өңделетін біліктердің бетінің сапасына тікелей әсер еткен ауытқу функциясын (мұндағы ауытқу токарлық өңдеу сапасының өлшемі болып табылады) азайту арқылы оңтайландырылды.

9-суретте тәжірибелерде пайдаланылған сынақ стендінің фотосуреттері берілген. Суреттерде көрсетілген токарлық станоктың шпиндельінде бекітілген білікті тартуға мүмкіндік беретін бұралмалы ілгек бар. Сонымен қатар, айналмалы құйрықтың орналасуын токарлық станок орталықтарының осіне қатысты ығысу күшін қолдану арқылы бекіту нүктесіндегі білік қимасының бұрылу бұрышын өзгерту арқылы реттеуге болады. Бұл қондырғыда бір бақыланатын күш коэффициентін (эксцентрлік созылу) қолдану үлгінің кез келген алдын ала анықталған қимасында (әсіресе өңдеу аймағында) екі күш факторын жасауға мүмкіндік береді: бойлық күш F_{x1} және иілу сәт. $M_2 = F_{x1} \cdot e$, Бекітілген ол кесу күштеріне қарсы тұрады.

Деректерді дайындау

Нейрондық желіні оқытуға арналған деректер сынақ үстеліндегі эксперименттер арқылы жиналды. Механикалық жүйе әзірленді, онда қаттылығы төмен білікті өңдеу процесі реттеуші әсерлердің екі түрін – созуды қолдану арқылы басқарылды күш-жігер. Объективті функциямен сипатталған оңтайландыру мәселесі тұжырымдалған (5).

$$y = \min_{F_{x1}, e} (d, L, F_f, \vartheta, a_p, f, a, x, F_{x1}, e) \quad (5)$$

мұндағы d — біліктің диаметрі, мм;

L — біліктің ұзындығы, мм;

F_f — кесу күшінің осьтік құрамдас бөлігі, Н;

v — кесу (беру) жылдамдығы, мм/мин;

a — кесу жиегінен дайындаманы шпиндельге бекіту нүктесіне дейінгі арақашықтық, мм;

a_p — кесу тереңдігі, мм;

f — беру, мм/айналым.



а



б



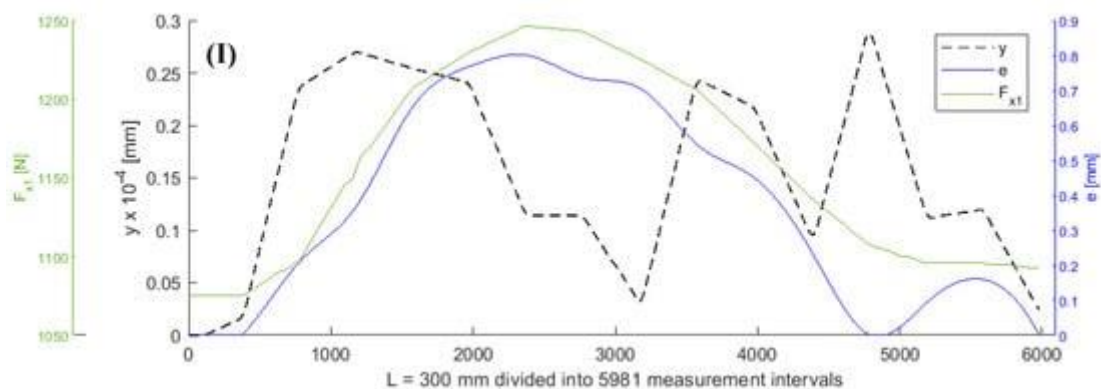
с



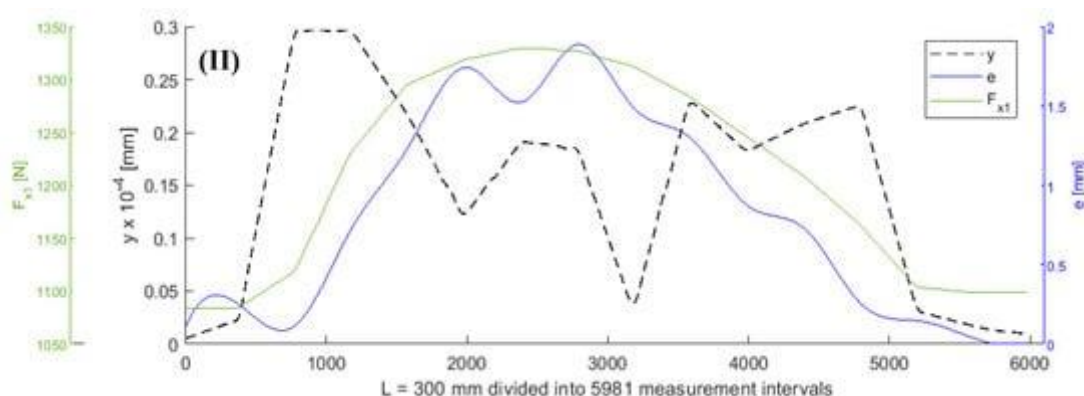
д

а–кедір-бұдырлықты өлшеуге арналған аспап; б — бос жүріс, созылу күші 2 кН; с – токарлық станокта бекітілген білігі бар сынақ стендінің түрі (диаметрі 6 мм, $L = 300$ мм); д–үлгілер
9– сурет–Сынақ стендінің фотосуреттері берілген

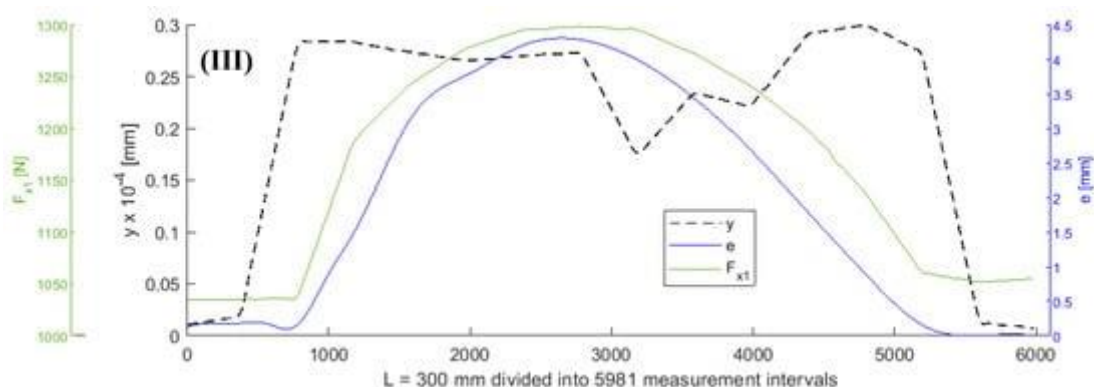
Мақсаттық функция параметрлерінің барлық мәндері (5), қоспағанда деп есептелді F_{x1} және e , токарлық өңдеу кезінде тұрақты болып қалады. Ұзындығы $L = 300$ мм білік токарлық өңдеуден өтті. 10 суреттерде, 4, 5 және 6 мақсаттық функцияның қисықтары көрсетілген y , созылу күшінің F_{x1} және эксцентриситет e біліктің берілген диаметрлері мен кесу күштері үшін. Сынақтар арқылы жиналған деректер градиенттің түсуін табудың екі өлшемді алгоритмі арқылы модельденді. Біліктің 1-ден 300 мм-ге дейінгі қимасы ұзындығы 0,05 мм болатын 5981 өлшеу аралықтарына бөлінді (сәйкес бөліктер). F_{x10} күштің бастапқы мәні F_{x1} .



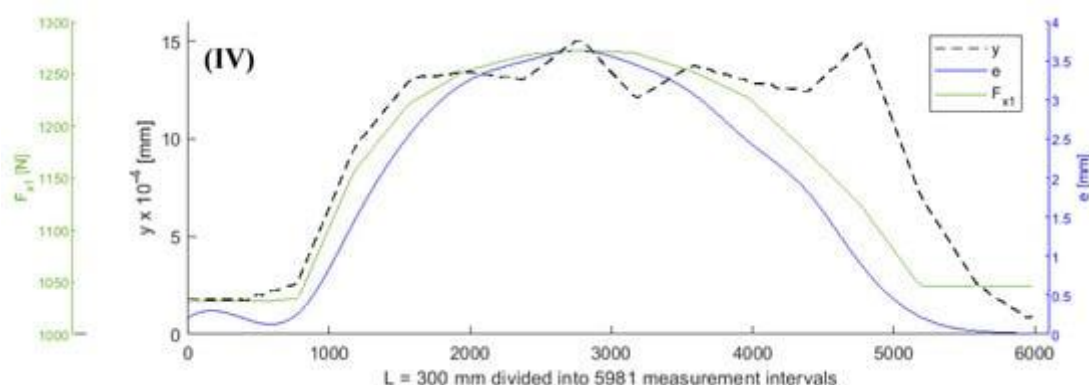
10–сурет– Созылу күшінің y мақсаттық функциясының қисықтары F_{x1} және эксцентриситет e үшін $d = 6$ мм, $F_{be} = 49$ Н, $F_{x1} = 980$ Н, $L = 300$ мм, $F_f = 30$ Н



11-сурет– Созылу күшінің у мақсаттық функциясының қисықтары F_{x1} және эксцентриситет e үшін $d = 6$ мм, $F_{be} = 70$ Н, $F_{x10} = 980$ Н, $L = 300$ мм, $F_f = 40$ Н



12-сурет–Созылу күшінің у мақсаттық функциясының қисықтары F_{x1} және эксцентрика e үшін $d = 8$ мм, $F_{be} = 147$ Н, $F_{x10} = 980$ Н, $L = 300$ мм, $F_f = 196$ Н



13-сурет– Созылу күшінің у мақсаттық функциясының қисықтары F_{x1} және эксцентрика e үшін $d = 8$ мм, $F_{be} = 147$ Н, $F_{x10} = 980$ Н, $L = 300$ мм, $F_f = 196$ Н

Жоғарыда келтірілген мәліметтер нейрондық желілердің үш түрін оқыту үшін пайдаланылды: таяз MLP ANN, жазық сызықты емес авторегрестік

экзогендік кіріс желісі (NARX) көп айнымалы уақыт қатарлары мен сигналдарды және ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жадты (LSTM) болжауға арналған) қайталанатын терең оқыту желісі болып табылатын нейрондық желі. Алгоритм 1 нейрогенетикалық контроллердің жұмысын көрсетеді.

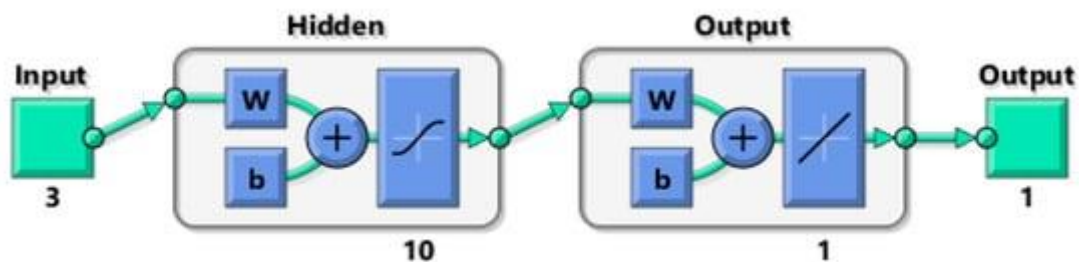
Алгоритм 1 Екі өлшемді градиенттік түсуді табу алгоритмі

1. қаттылығы төмен бір білікті жасау үшін токарлық операцияны орындау арқылы бастапқы шарттарды анықтау:
 - a. біліктің диаметрін анықтау d
 - b. иілу күшін анықтаңыз $F_{\text{болуы}}$
 - c. кесу күшінің құрамдас бөлігін анықтаңыз F_f
 - d. кескіш жиектен дайындаманы шпиндельге бекіту нүктесіне дейінгі бастапқы қашықтықты анықтаңыз a_0
 - e. бастапқы осьтік күшті анықтаңыз F_{x10}
 - f. бастапқы эксцентриситетті анықтау e_0
2. өлшемдерді жазып алыңыз F_{x1} , e және ауытқулар u параметрлердің мәндерін өзгерте отырып, әрбір 0,05 мм сайын F_{x1} және e алдын ала белгіленген диапазонда
3. ИНС болжауды үйрету үшін өлшеу деректерін пайдалану $y = f(F_{x1}, e)$ (бекітілген 1, e)
4. ауытқуды барынша азайту u , бұл мақсатты функция ретінде қызмет ететін нейрондық желінің шығыс мәні болып табылады $u = \min_{F_{x1}, e} \phi(d, L, F_f, v, a_p, f, a, x, F_{x1}, e)$ "й"="мин тиянақталған

$$u = \min_{F_{x1}, e} \phi(d, L, F_f, \vartheta, a_p, f, a, x, F_{x1}, e)$$

4.4 Шағын нейрондық желі

Эксперименттің бірінші нұсқасында MLP ИНС әзірленді (14-сурет). Бұл желінің үш кірісі бар: a , F_{x1} және e , 10 нейроннан тұратын бір жасырын қабат және бір шығысы бар бір шығыс қабаты u , өңделген білік бетінің кедір-бұдырлығының өлшемі болып табылатын ауытқуды білдіреді. Жасырын қабатта гиперболалық тангенциалды сигмоидты тасымалдау функциясы, ал шығыс қабатта сызықтық тасымалдау функциясы пайдаланылды.



14-сурет– Ұсақ нейрондық желінің құрылымы

Оқытылған желі сапасының екі өлшемі пайдаланылды — орташа квадраттық қате (MSE) және регрессия R . Формула (6) MSE есептеу әдісін береді:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y'_i - y_i^*)^2 \quad (6)$$

мұндағы n — берілген жағдайдағы жағдайлардың саны жиынтықта;
 y_i — үшін анықтамалық мән болып табылады i -мо біліктің қималары;
 y_i^* — үшін болжамды мән болып табылады i -мо білік учаскесінің.
 Регрессия коэффициентін есептеу әдісі R (2) формуласымен анықталады:

$$R(y, y^*) = \frac{\text{cov}(y, y^*)}{\sigma_y \sigma_{y^*}} \quad R \in (0, 1) \quad (7)$$

мұндағы σ_y — эталондық көрсеткіштердің стандартты ауытқуы мәндерінің;

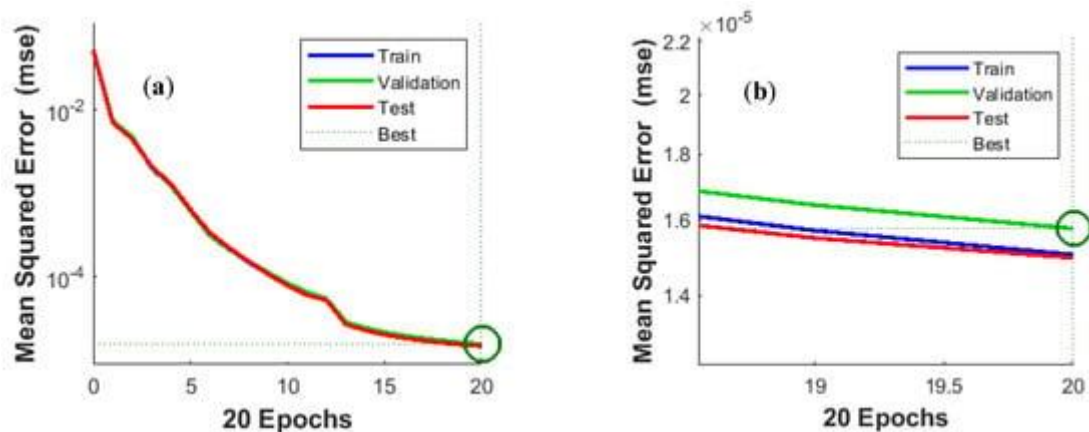
σ_{y^*} — болжамды мәндердің стандартты ауытқуы.

Жылы 2 кестеге 5981 данадан тұратын деректер жинағы үш ішкі жиынға бөлінген: оқыту ішкі жиыны, валидация ішкі жиыны және 70:15:15 қатынасындағы сынақ ішкі жиыны. 2 кестеде сондай-ақ, (I) нұсқа деректері үшін анықталған MSE және R мәндері көрсетілген.

2-кесте—Деректердің ішкі жиыны бойынша көпқабатты перцептронның (MLP) жасанды нейрондық желісін (ANN) оқыту нәтижелері

Деректер жиыны	Жиындағы бақылаулар саны	Қатесі (MSE)	Регрессия (R)
Жаттығу жиынтығы (70 процентке)	4187	$1,5059 \times 10^{-5}$	0,99886
Тексеру жинағы (15 процентке)	897	$1,5775 \times 10^{-5}$	0,99880
Тестілеу жинағы (15 процентке)	897	$1,4976 \times 10^{-5}$	0,99878

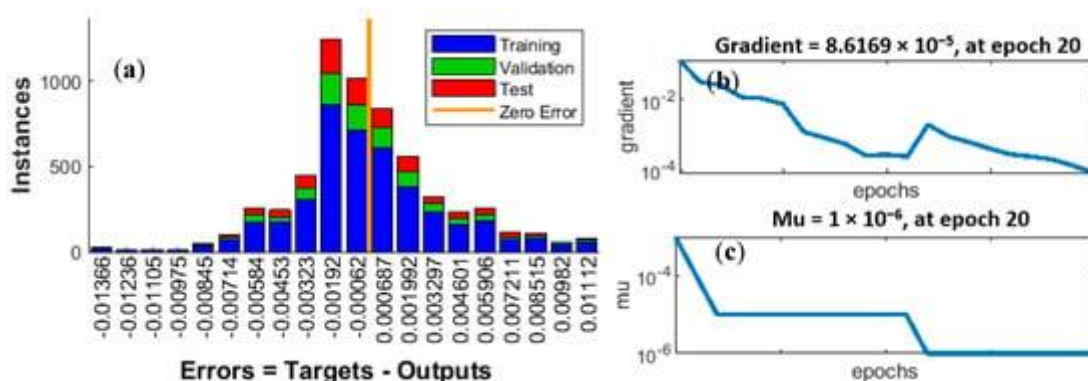
Оқытылған нейрондық желінің жалпылау қабілеті неғұрлым жақсы болса, MSE мәні соғұрлым төмен және R мәні соғұрлым жоғары болады. Арналған 15-суретте оқу кезеңдеріне байланысты MSE кестесі көрсетілген. Оқыту қисығы (15,а -сурет) тұрақты гиперболалық пішінге ие, бұл оқытылған желінің жоғары сапасын көрсетеді. Оқытудың, валидацияның және тестілеудің ішкі жиындары үшін қисық сызықтардың қабаттасуының жоғары дәрежесі сонымен қатар желінің болжамдарды жалпылау қабілетінің жоғары екенін және артық оқытудың жоқтығын растайды.



а–жалпы түрі; б–қисықтың соңғы бөлігінің үлкейтілген көрінісі

15–сурет–Ең жақсы тексеру өнімділігі $1,5775 \times 10^{-5}$ құрайды 20 ғасырда

ANN-ді қайта даярлаудың алдын алу үшін ерте тоқтату әдісі қолданылды. Әдіс қатені бақылаудан тұрады валидациялар жекелеген дәуірлерде. Егер қателік қатарынан алты дәуір бойы азаймаса, оқыту тоқтатылады. Желіні оқыту сонымен қатар дәуірлердің максималды санына шектеу қою арқылы шектелді. Қарастырылып отырған жағдайда бұл шектеу 20 дәуірді құрады. ИНС оқыту оңтайландыру алгоритмін қолдану арқылы жүргізілді Левенберг-Марквардт (LMA), ол Ньютон функциясының нөлдерін табуды қамтиды. Қателерді кері тарату алгоритмі ретінде де белгілі алгоритмнің бұл түрі жоғары жылдамдықпен және жоғары жад талаптарымен сипатталады. LMA екі маңызды параметрі градиент және импульс болып табылады (μ). 9Б суретте ИНС-ті оқыту кезінде градиент мәндерінің графигі көрсетілген. Айқын ауытқулардың болмауы және төмендеу тенденциясы оқыту процедурасының жақсы нәтиже бергенін көрсетеді.



а–20 аралықтағы қателердің гистограммасы; б–градиенттік қисық, (жылы) μ қисық болып табылады

16–сурет– мәндердің графигі көрсетілген

16с-суретте мәндердің графигі көрсетілген μ . Импульс азаяды және объективті функцияның минималды нүктесін табудың инерциясына ұқсас; сондықтан, қажетті минимумға неғұрлым жақын болса, соғұрлым төмен болады μ . 16а суретте кателердің гистограммасы көрсетілген. Гистограмма пішінінің қалыпты таралу қисығына ұқсайтындығы және ең көп кателердің ең аз мәндерге ие болуы оқытылған желінің жақсы сапасын және артық оқыту белгілерінің жоқтығын көрсетеді.

4.5 NARX нейрондық және LSTM терең желісі

Эксперименттің екінші нұсқасында біз кері байланысы бар NARX қолдандық. NARX — бір немесе бірнеше уақыт қатарларын болжауға арналған қайталанатын динамикалық нейрондық желілер. Болжауды кері байланыс деп аталатын модельде жасауға болады, яғни шығыс мәндері кіріске қайта жіберіледі, осылайша болжамды қолдайды. Қарастырылып отырған жағдайда NARX желісінің кірістеріне құрамдас бөліктер кірді F_{x1} және e , жабық NARX нұсқасында ауытқудың бұрын алынған нақты мәні y_{t-1} . NARX желісінің жұмысын анықтайтын теңдеу (8) арқылы берілген [25]:

$$y(t+1) = F(y(t), y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), x(t+1), x(t), x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n_x)) \quad (8)$$

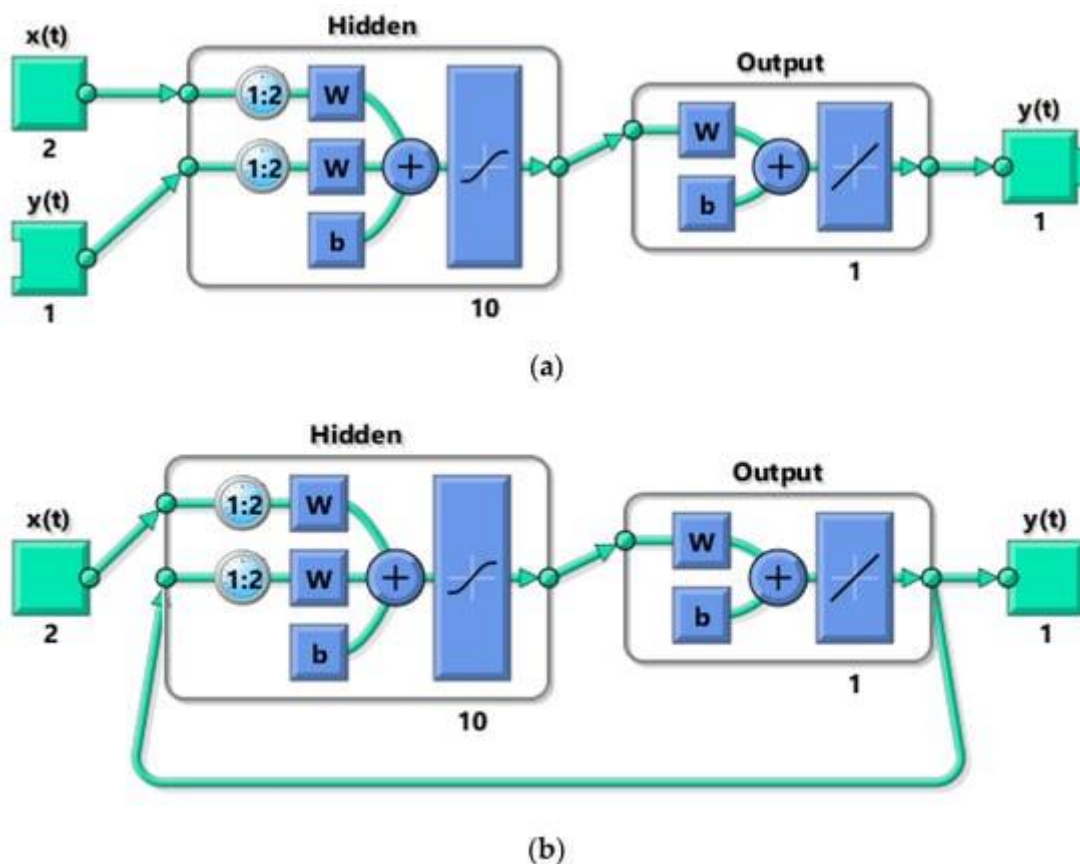
мұндағы $F(\cdot)$ — бейнелеу функциясы;

$y(t-1)$ — нақтының сәтте шығуы t осы сәт үшін $t+1$;

$y(t), y(t-1), \dots, y(t-n_y)$ — сигналдың нақты өткен мәндері;

$(t+1)x(t), x(t-1), \dots, x(t-n_x)$ — NARX кіріс сигналының реттік мәндері; n_y — шығулар саны; n_x — енгізулер саны. (8) формула бойынша $y(t)$ шығыс сигналының келесі мәні регрессияланады кіріс сигналының алдыңғы мәндеріне және шығыс сигналының алдыңғы мәндеріне сәйкес.

17-суретте NARX желісінің құрылымы көрсетілген. Желінің екі кірісі бар, олар мәндері бар сигналдар болып табылады F_{x1} және e . Жасырын қабатта 10 нейрон бар, ал шығыс қабаты бір ауытқу сигналынан тұрады y . Желі суретте көрсетілгендей ашық түрде құрылды және оқытылды. 17-суретте ашық контурлы (бір сатылы) оқыту жабық контурлы (көп сатылы) оқытуға қарағанда тиімдірек. Ашық контур дұрыс ток шығысын алу үшін желіге дұрыс алдыңғы шығыс мәндерін қолдануға мүмкіндік береді. Тренингтен кейін желі қосымшаға қажет кері байланыс формасына ауыстырылады.



(а) ашық архитектура; (b) кері байланыс архитектурасы

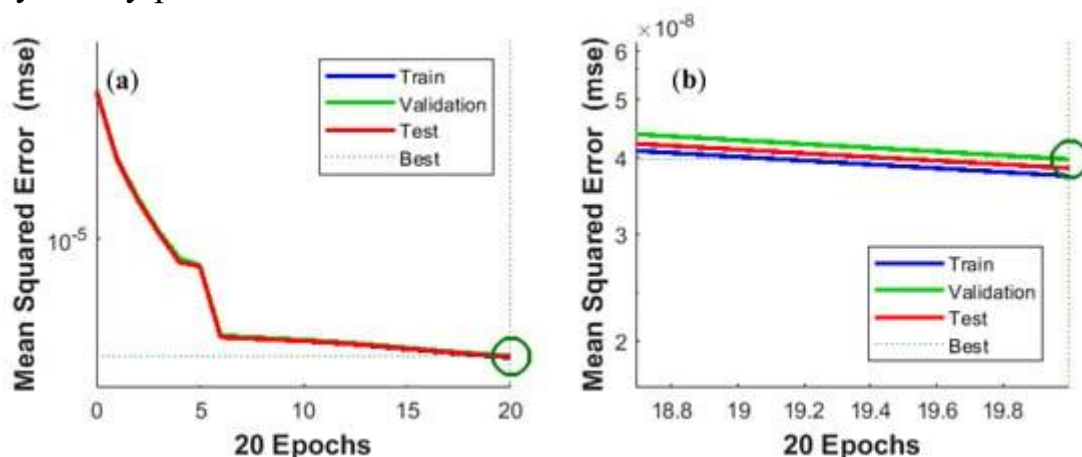
17–сурет– Сызықты емес нейрондық желінің құрылымы авторегрестік экзогендік кірісі бар желілер (NARX)

3-кестеде оқыту, тексеру және тестілік кіші топтарға бөлінген деректер, сондай-ақ NARX ашық желісін оқыту нәтижелері көрсетілген. Айта кету керек, не оқу нәтижелері шағын ANN-ге қарағанда жақсырақ болғанымен, бұл әлі түпкілікті нәтижелер емес. NARX желісінің нақты сапасы кері байланыс желісіне түрлендірілгеннен кейін MSE және R параметрлерін есептеу арқылы өлшенеді.

3 – кесте – Деректердің ішкі жиыны бойынша ашық контуры бар NARX үшін оқыту нәтижелері

Деректер жиыны	Жиындағы бақылаулар саны	Қатесі (MSE)	Регрессия (R)
Жаттығу жиынтығы (70 процентке)	4187	$3,7450 \times 10^{-8}$	0,999
Тексеру жинағы (15 процентке)	897	$3,9897 \times 10^{-8}$	0,999
Тестілеу жинағы (15 процентке)	897	$3,8548 \times 10^{-8}$	0,999

18 суретте а, б NARX оқытудың жоғары сапасын растайды. Оқыту, валидация және сынақ ішкі топтары үшін MSE қисықтары іс жүзінде бірдей. Оқыту 20 дәуірден кейін тоқтатылды.

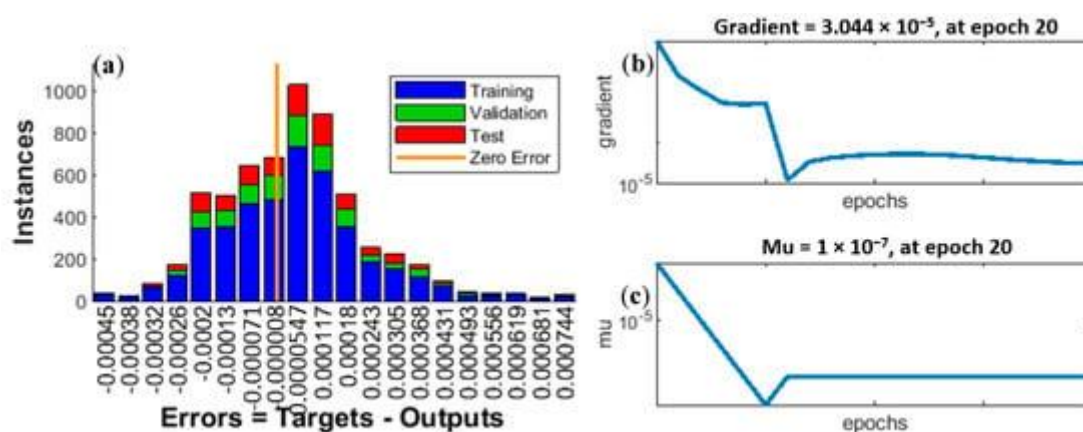


(а) жалпы түрі, (б) қисықтың соңғы бөлігінің үлкейтілген көрінісі.

18–сурет– Ең жақсы тексеру өнімділігі $3,9897 \times 10^{-8}$ құрайды 20 ғасырда

ANN сияқты, ерте тоқтату NARX желісін шамадан тыс оқытудан қорғау үшін пайдаланылды. LMA алгоритмі NARX желісін оқыту үшін пайдаланылды.

19-суретте а–в сонымен қатар оқу процесінің жоғары сапасын растайды. Осы суреттерде келтірілген деректерді талдау нәтижесінде жасалуы мүмкін түсініктемелер мен қорытындылар осыған ұқсас 19,а,б-суреттерінде.



а–20 аралықтағы қателердің гистограммасы;

б–градиенттік қисық, (жылы)

19–сурет– Mu қисық болып табылады

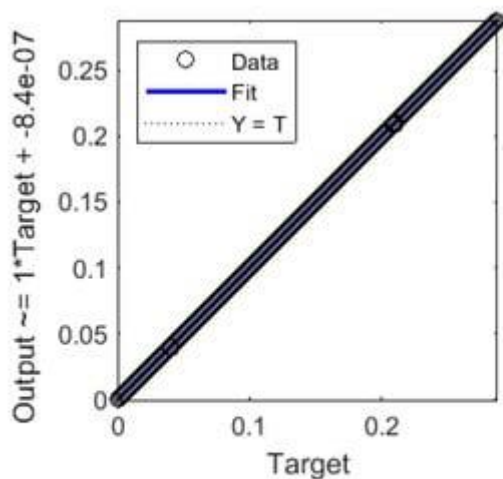
4-кестеде ашық контурлы NARX желісін тұйық контурлы желіге түрлендіргеннен кейін алынған нәтижелер көрсетілген. Нәтижелерді бір қадам алға болжайтын NARX желісі тамаша өнімділікті көрсететіні көрініп тұр.

Болжамның сапасы бүкіл дәйектілік бойынша әлдеқайда нашар; дегенмен, бұл қазіргі зерттеу контекстінде маңызды емес еді, өйткені мұнда ұзындығы бір қадамнан асатын көкжиектер үшін болжамдар жасалмаған. Осы себепті көрсеткіштер сапаның бүкіл реттілікті болжауға арналған жабық NARX төмен қатты біліктердің айналу процесін басқарудың нейрондық желілерінің өнімділігін бағалау кезінде ескерілмеді.

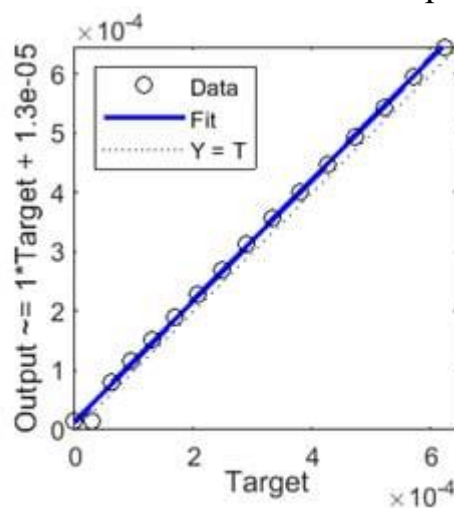
4–кесте–Кері байланыспен NARX оқыту нәтижелері

Жабық тізбекті NARX	Қатесі (MSE)	Регрессия (R)
бір қадам алға болжам	$3,7982 \times 10^{-8}$	0,9999
барлық тізбекті болжау	$9,7246 \times 10^{-3}$	0,5506

20 суретте оқыту, тексеру және тестілеу ішкі жиындарындағы барлық жағдайлар үшін кері байланыспен қадамдық басқарылатын NARX үшін регрессия статистикасы көрсетілген. 20а суретте 1-ге жақын барлық жиынтық үшін регрессия ұсынылған. 20б суретте болжамдардың эталондық мәннен (нысаналы мәннен) ауытқуын байқауға мүмкіндік беретін кездейсоқ таңдалған 16 жағдайға арналған деректер көрсетілген. 16 жағдайдың берілген жиынтығы үшін $R = 0,99946$, бұл өлшеу нүктелерінің қабаттасуының жоғары дәрежесімен және $Y = T$ идеалды болжау сызығының сызықтың сәйкестігімен расталады.



(a)



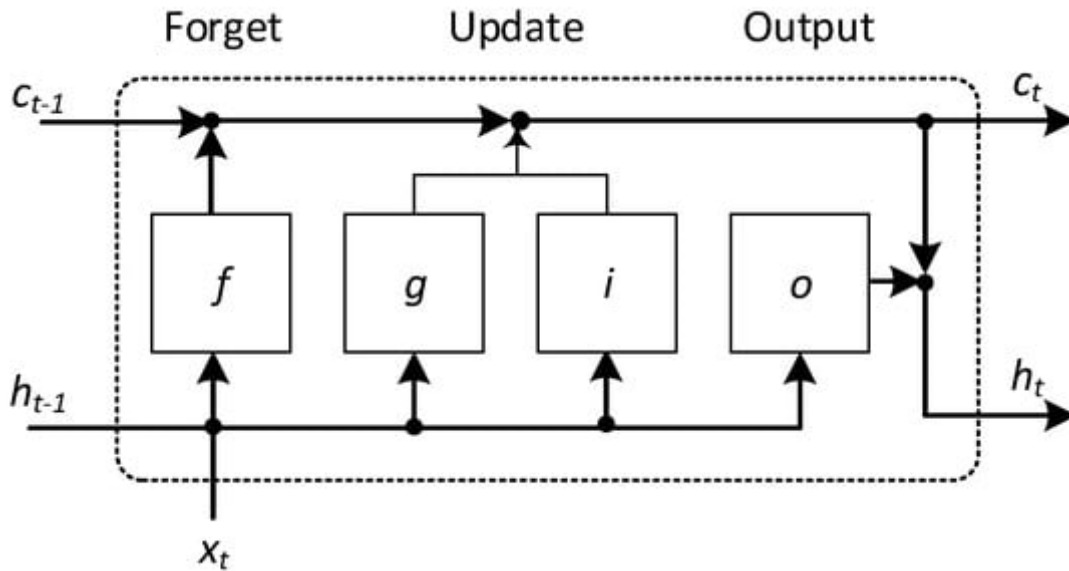
(b)

a– $R \approx 1$ 5980 жағдайдың барлық жиынтығы үшін; b–16 жағдайдың ішкі жиыны үшін $R = 0,99946$.

20–сурет–NARX үшін регрессия статистикасы алға қадамның тұйық контурымен

LSTM терең желісі

Төмен қаттылықтағы біліктерді бұру процесін басқарудың болжамды моделінің үшінші нұсқасында біз терең LSTM-нейрондық желіні қолдандық. LSTM — қайталанатын желі. Ол MLP-ге қарағанда күрделірек құрылымға ие, бұл оған жеке дәйекті жағдайлар арасындағы ұзақ мерзімді байланыстарды зерттеуге арналған арнайы қасиеттерді береді. 21-суретте LSTM желісінің жұмыс процесі көрсетілген [26].



21-сурет–Ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жад (LSTM) қабатының құрылымы [26]

LSTM қабаттарының әрқайсысында екі күй бар, мұнда h_t — бұл сәттегі жасырын (бастапқы) күй t , және c_t — ұяшықтың бір сәттегі күйі t . Ұяшықтың күйі алдыңғы уақыт қадамдарында алынған ақпаратты қамтиды. Әрбір қадамда әрбір LSTM деңгейі ұяшық күйінен ақпаратты қосады немесе жояды. Ақпарат шлюздер арқылы жаңартылады. Қақпалардың міндеті ұяшық күйінің деңгейін бақылау болып табылады: f — қалпына келтіру (ұмыту), (i) — кіріс клапаны (жаңарту) ұяшық күйінің жаңару деңгейін бақылайды, g — үміткер ұяшық (жаңарту), (o) - шығу қақпасы.

Теңдеу (9) уақыт қадамында LSTM қабатының құрамдастарын сипаттайды t :

$$\begin{aligned} f_t &= \sigma_g(W_f x_t + R_f h_{t-1} + b_f) \\ g_t &= \sigma_c(W_g x_t + R_g h_{t-1} + b_g) \\ i_t &= \sigma_g(W_i x_t + R_i h_{t-1} + b_i) \\ o_t &= \sigma_g(W_o x_t + R_o h_{t-1} + b_o) \end{aligned} \quad (9)$$

мұндағы W — салмақ;

R — қайталанатын салмақтар;

b — ығысу;

σ — сигмоидты қақпаның активтендіру функциялары, арқылы өрнектеледі $\sigma(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$,

ht — уақытша қадамдағы жасырын күй t , сипатталатыны мұндағы $ht = ot \circ \sigma c(ct)$;

σ_c — күйді белсендіру функциясы. Берілген уақыт қадамындағы ұяшықтың күйі t өрнек арқылы сипатталады $ct = ft \circ ct - 1 + it \circ gt$ векторлардың элементтік көбейтіндісін білдіреді.

Осы зерттеуде пайдаланылған LSTM желісінің архитектурасы көрсетілген 4-кестеде. NARX желісіндегі сияқты, LSTM желісінің кіріс деңгейі айнымалылардан тұрады F_{x1} , e және мағыналары y , кірістен импортталған. Тиісінше, кіріс қабатында үш активация бар. Екінші деңгей — екі бағытты LSTM деңгейі (BiLSTM) 200 белсендірумен. Ол реттілік қадамдары арасындағы екі бағытты ұзақ мерзімді тәуелділіктерді зерттейді. Мұндай тәуелділіктер желінің әр кезеңінде толық уақыттық қатарлар бойынша үйрену қажет болғанда пайдалы болуы мүмкін. Келесі қабат — толық қосылған бір активтендіру қабаты. Соңғы қабат — регрессияның шығыс айнымалысы y .

5-кесте—Мүмкіндіктерді шығарғаннан кейін LSTM қабаттары

Қабат сипаттамасы	Белсендіру	Зерттелетін параметрлер (салмақ және орын ауыстыру)
3 өлшем-мен серия-лық енгізу	3	-
BiLSTM 200 жасырын блок	200	Кіріс салмағы: 800×2 ; Қайталанатын салмақ: $800 = 200$; Bis: $800 = 1$.
бір толық қосылған қабат	1	Салмағы: 6×200 ; Ауыстыру: 1×1 .
регрессия нәтижесі	-	-

LSTM желісі бейімделу моментін бағалауды оңтайландыру (ADAM) әдісін қолдану арқылы оқытылды, ол үшін: реттеу коэффициенті $L2 = 1 \times 10^{-4}$, оқытудың бастапқы деңгейі 0,05, оқу жылдамдығының төмендеу коэффициенті 0,1, оқу мерзімі 10, импульс 0,9. Оқыту шарттарына ең көбі 5 дәуір және пакеттің ең аз мөлшері 64 кірді. Оқыту сапасының екі өлшемі пайдаланылды — RMSE және жоғалту. RMSE — бұл түбірлік MSE (10).

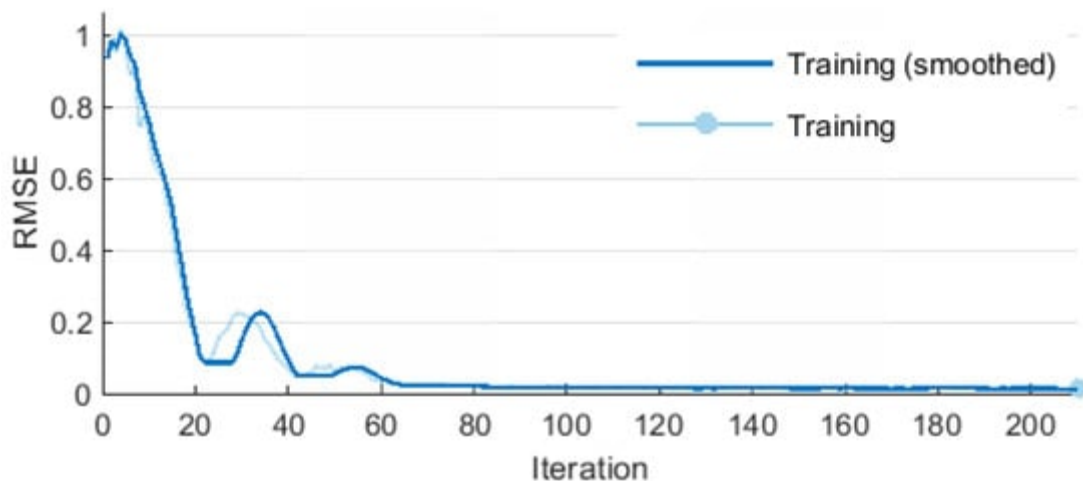
$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y'_i - y_i^*)^2} \quad (10)$$

Шығын функциясы (11) теңдеуімен анықталады:

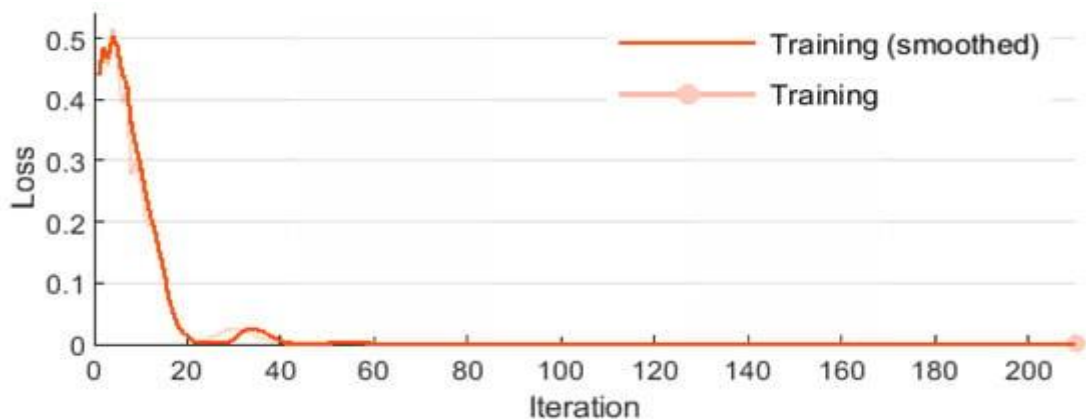
$$\text{Loss} = -\sum_{i=1}^n y'_i \log y_i^* / m \quad (11)$$

қайда m — бақылаулар саны;
 n — саны жауаптардың;
 y'_i — эталондық мәндер;
 y_i^* — жауаптың мәндері

LSTM оқытудың тиімділігі суретте көрсетілген суреттерде 15 және 16 . RMSE және жоғалту қисықтары ұқсас және екеуі де оқу процесінің дұрыс өткенін көрсетеді. Бастапқыда қателіктер мен шығындардың жоғары мәндері тез төмендеді және ақыр соңында тұрақты деңгейде тұрақталды. Содан кейін желіні оқыту тоқтатылды.



22-сурет– LSTM үшін оқу өнімділігі



23-сурет–LSTM үшін оқу шығындары

6-кестеде оқу үдерісін көрсету үшін қосымша параметрлер ұсынылған. Шағын партияның RMSE бірінші дәуірден кейін тұрақтанды, ал шағын партияның шығындары екінші дәуірден кейін тұрақталды. Оқытудың базалық деңгейі бүкіл оқу үдерісі барысында 0,05 құрады.

6–кесте–Мүмкіндіктерді шығарғаннан кейін LSTM қабаттары

Дәуір	Өзара әрекеттесу	ERMS шағын партиясы	Шағын партияның жоғалуы	Шағын партияның жоғалуы
1	1	1.06	0.6	0.5
1	50	0.07	2.1×10^{-3}	0.5
2	100	0.01	1.0×10^{-4}	0.5
2	150	0.01	8.9×10^{-5}	0.5
3	200	0.01	7.9×10^{-5}	0.5
3	250	0.01	1.1×10^{-4}	0.5
4	300	0.01	8.7×10^{-5}	0.5
4	350	0.01	8.7×10^{-5}	0.5
5	400	0.02	1.1×10^{-4}	0.5
5	450	0.01	7.0×10^{-5}	0.5

7 кестеде LSTM желісін оқыту нәтижелері ұсынылды. Бір қадам алға болжау өте тиімді болып шықты, дегенмен MSE параметрі NARX жағдайына қарағанда біршама төмен болды. Бүкіл тізбекті болжау әлдеқайда тиімді болмады. Дегенмен, бұл нақты эксперименттер үшін ешқандай айырмашылықты тудырмады, өйткені болжаудың бұл түрі біліктерді өңдеу дәлдігін бақылау үшін пайдаланылмаған.

7–кесте–Кері байланысы бар LSTM үшін оқу нәтижелері

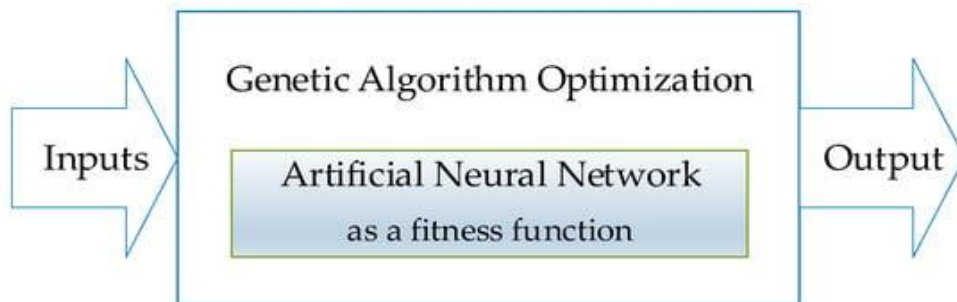
LSTM жабық цикл	Қатесі (MSE)	Регрессия (R)
бір қадам алға болжам	$1,4067 \times 10^{-4}$	0,9999
барлық тізбекті болжау	$2,6045 \times 10^{-2}$	0,5506

4.6 GA негізіндегі контроллер

ГА табиғи эволюциялық процестерге негізделген. Табиғатта белгілі бір жағдайларға жақсы бейімделген даралардың өмір сүру және көбею мүмкіндігі жоғары. Нәтижесінде, кейінгі ұрпақтар бұрынғыдан да жақсырақ бейімделеді, өйткені олар ата-анасынан ең жақсы қасиеттерді (олардың өмір сүру жағдайларына ең жақсы сәйкес келетін) мұра етті. Дәл осындай идея эволюциялық есептеу алгоритмдерінде қолданылады. ГА шектеулердің нақты және бүтін түрлерімен оңтайландыру есептерін шешуге қабілетті. Олар популяцияның элементтерін мутациялау және айқастыру арқылы кездейсоқ іздеуді жүзеге асыратын стохастикалық популяциялық алгоритмге негізделген. Әрбір популяция хромосомалар жиынтығынан, ал әрбір хромосома гендерден тұратын вектордан тұрады. Гендердің екілік мәндері 0 немесе 1. Классикалық АА есептеу процесі алты кезеңнен тұрады: кодтау, бағалау, іріктеу, қиылысу (көбею), мутация және декодтау.

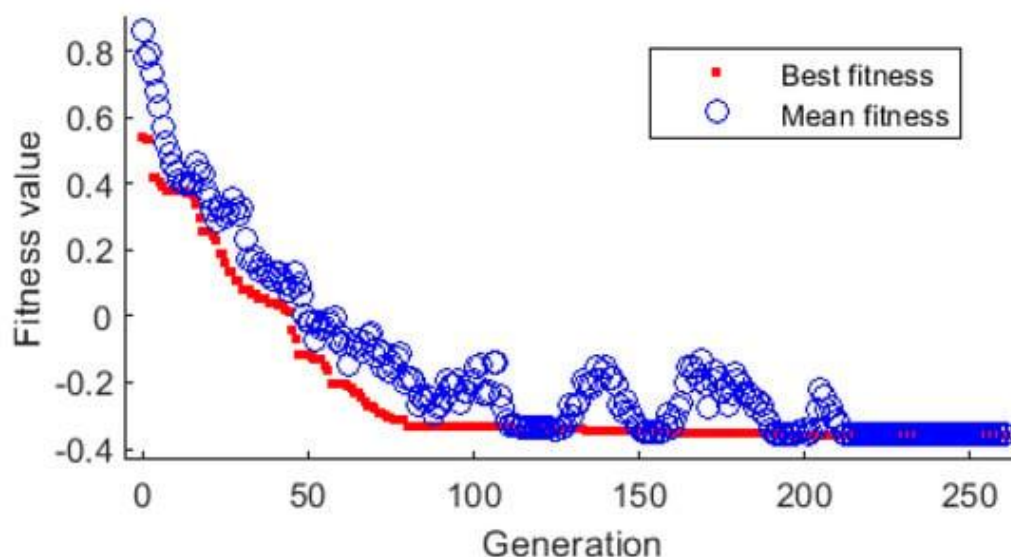
Кодтау бастапқы популяцияның стохастикалық генерациясынан тұрады. Келесі қадамда әрбір хромосома үшін фитнес функциясының мәнін есептеу арқылы әрбір хромосоманың сәйкестік дәрежесі бағаланады. Бұл жағдайда фитнес функциясының рөлін нейрондық желі атқарады. Берілген хромосома үшін мақсаттық функцияның мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым ол мақсаттық функциямен сипатталған мәселені шешуге қолайлы болады. Хромосомаларға берілген бағалау параметрлері берілген хромосоманың келесі сатыға (мутацияға) өту ықтималдығын анықтайды. Мутация – бұл трансформация $Om: D(P) \rightarrow D(P)$ ол кездейсоқ түрде өзгереді l ерітіндінің l -ші компоненті (хромосома) X_i^t Иксытбастап алдын ала анықталған ықтималдықпен:

$Om(X_i^t) = X_i^{t+1}$ $X_i^t = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$, $X_i^{t+1} = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$. Кроссовер $Ok: D(P) \times D(P) \rightarrow D(P) \times D(P)$, қайда $X_i^t = (x_1, \dots, x_n)$, $X_i^{t+1} = (x_1, \dots, x_i, v_i + 1, \dots, v_n)$ және $X_i^t = (v_1, \dots, v_n)$, $X_i^{t+1} = (v_1, \dots, v_i, x_i + 1, \dots, x_n)$). 24-суретте нейрогенетикалық контроллердің жалпы схемасы ұсынылған.



24-сурет–Нейрогенетикалық бақылаушы

Генетикалық минимайзер қаттылығы төмен біліктердің өңделуін бақылау үшін пайдаланылды. Оңтайландыру мәселесін тұжырымдауға болады қалай $\min_x f(x)$, қайда X кіріс айнымалыларының векторы болып табылады. 18 суретте GA-ның ең жақсы жарамдылық кестесі көрсетілген. Ол итерация нөмірімен салыстырғанда әрбір ұрпақтағы функцияның ең жақсы мәнін көрсетеді. Нағыз оңтайландыруда фитнес функциясының ең жақсы мәні 0,35655, ал орташа мәні 0,356526 болды.



25—сурет—Генетикалық алгоритм — ең жақсы жарамдылық графигі

4.7 Нәтижелер және оларды талқылау

Жоғарыда айтылғандай, болжамды контроллер алгоритмінің негізгі мақсаты ауытқу функциясын азайту болып табылады (1). Ауытқу u өңделген біліктің бетінің кедір-бұдырлығына тікелей байланысты және токарлық өңдеу сапасының өлшемі болып табылады. Нейрондық желіні болжау сапасы MSE және R көрсеткіштерін қолдану арқылы көрінеді (7-кесте). Нейрондық желінің болжамы неғұрлым дәл болса және генетикалық алгоритм орындайтын фитнес функциясын оңтайландыру деңгейі неғұрлым жоғары болса, ауытқу соғұрлым аз болады u , айналымның экспрессивті сапасы.

8—кесте—Нейрондық желіні сынау нәтижелері

Нейрондық желі түрі	Қатесі (MSE)	Регрессия (R)
Терең LSTM (бір қадам алға болжам)	1.5456×10^{-5}	0.9999
Шағын MLP ANN	2.3984×10^{-4}	0.9997
NARX (бір қадам алға болжам)	1.8819×10^{-5}	0.9999

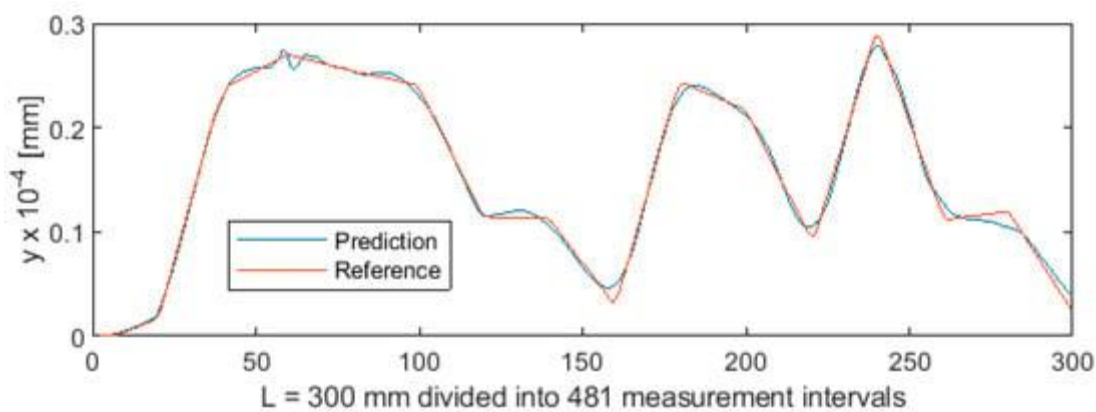
Қолданылатын нейрондық желілердің сапасын жақсырақ бағалау үшін оқыту ішкі жиынынан оқыту алдында бірқатар жағдайлар анықталды, олар кейінірек желінің жеке нұсқаларын сынау үшін пайдаланылды. 8 кестеде төмен қаттылықтағы біліктерді өңдеуді басқарудағы нейрондық желілердің жекелеген түрлерінің өнімділігін анықтайтын сынақтардың нәтижелері келтірілген.

Келтірілген деректерді талдау 8-кестеге, тексерілетін деректер жинағы үшін ең жақсы нәтижелер LSTM желісі арқылы алынғанын көрсетеді. Айта кету керек, желілердің үш түрі арасындағы MSE және R айырмашылықтары шамалы. MSE және R регрессиясын есепке алғанда, тіпті ең аз тиімді желінің (MLP ANN) нәтижелері де қаттылығы төмен біліктердің айналу процесін басқару үшін жеткілікті. LSTM және NARX осы мақсат үшін неғұрлым қолайлы.

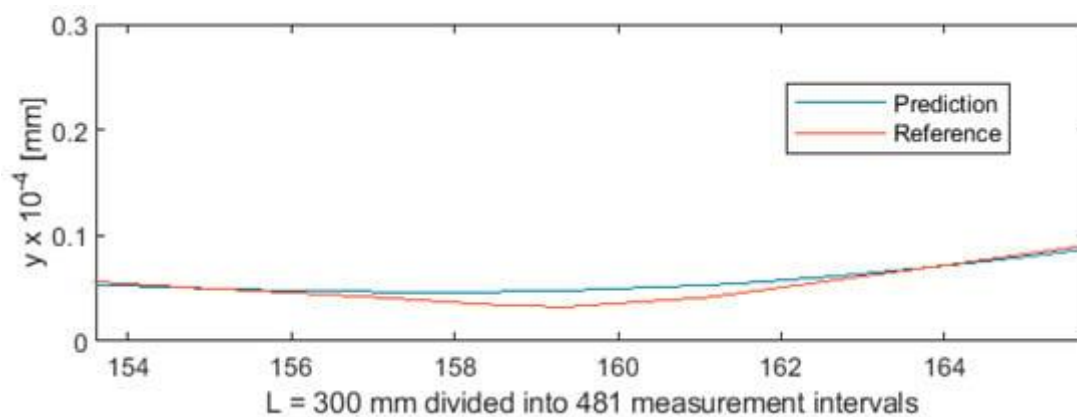
Шағын MLP желісі

MLP ANN NARX және LSTM-ден түбегейлі ерекшеленеді. Ол нақты құрылымға ие болып қана қоймайды, кері байланыссыз және қайталанатын шешімдерсіз, сонымен қатар, ең алдымен, уақыт осінде жеке өлшемдердің пайда болу ретін ескермейді. Осы себепті ANN уақытша немесе оқиғалар тізбегін болжау үшін сирек қолданылады. Дегенмен, бұл оларды осы мақсаттарда пайдалануға болмайды дегенді білдірмейді.

Біліктерді бұру арқылы жиналатын параметрлік мәліметтер белгілі бір реттілік болып табылады. Реттілік туралы ақпаратты қамтамасыз ету үшін параметрдің мәні a (кесу жиегінен дайындама шпиндельге бекітілген нүктеге дейінгі қашықтық) MLP ANN кіріс деректер векторына енгізілді. Нәтижесінде айнымалылардан тұратын үш компонентті ANN MLP әрбір кіріс векторы a , F_{x1} және e , енді белгілі бір индекске ие болды (айнымалы a). Бұл алдымен бақылауларды кездейсоқ араластыру, содан кейін жаттығу жинағы үшін 1-ден 5500-ге дейінгі жағдайларды және сынақ жинағы үшін 5501-ден 5981-ге дейінгі жағдайларды шектеу арқылы 5981 элементтен тұратын деректер жиынынан сынақ жиынын шығаруға мүмкіндік берді. Осылайша алынған тестілік кіші топта 481 жағдай болды. Бұл ANN ретсіз, бірақ индекстелген жиынтықта оқытылғанын білдіреді *мәнімен*. Осының арқасында оқыту өте жақсы нәтижелерге қол жеткізді. 26-суретте болжамды мәндер мен анықтамалық ауытқу мәндерінің арасындағы айырмашылықтар көрсетілген у. 27 суретте деталь көрсетілген 26-суреттің, болжау сызығы мен анықтамалық сызық арасындағы ауытқуларды жақсырақ визуализациялау үшін. 481 өлшеу көлденең оське қойылды, осылайша бұл ось өңделген біліктің жалпы ұзындығына $L = 300$ мм сәйкес келеді.

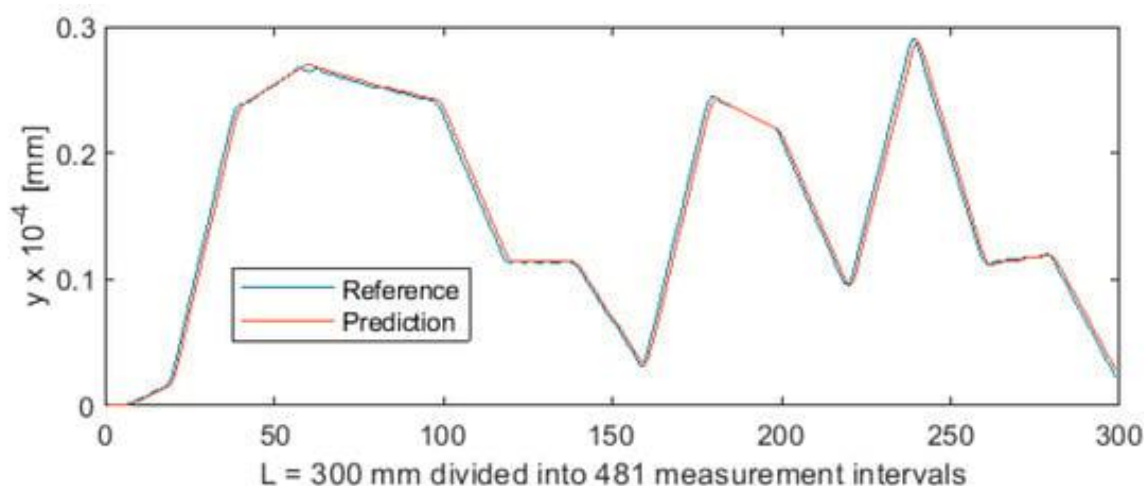


26-сурет—MLP ANN көмегімен өңдеу сапасын болжау

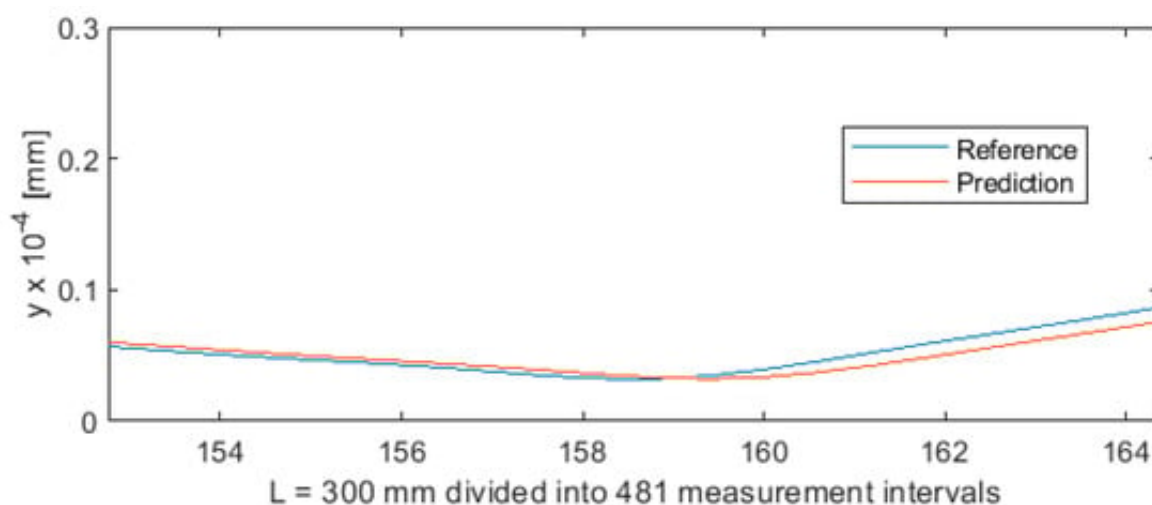


27-сурет—MLP ANN көмегімен өңдеу сапасын болжау — процесс мәліметтері $L = 154 \div 165$ мм үшін

NARX жағдайында ANN үшін қолданылатын сынақ жинағын алу әдісін қолдану мүмкін болмады. Бұл NARX кіріс векторында индексі болмағандықтан орын алды. Реттілік ретін сақтау үшін NARX кері байланыс қосылымдарын қосуға арналған, мұнда алдыңғы кіріс ауытқу мәні y_{-t-1} басқа кіріс векторының үшінші құрамдас бөлігі ретінде қамтамасыз етілді F_{x1} және e . 21 суретте болжамды мәндердің NARX желісі үшін эталондық мәндерден ауытқуы көрсетілген. ANN сияқты, көлденең осьте 481 өлшеу кейінге қалдырылды, осылайша бұл ось өңделген біліктің жалпы ұзындығына $L = 300$ мм сәйкес келеді. 22 суретте өңдеу сапасын болжау көрсетілген (егжей-тегжейлі 21-суреттің) болжау сызығы мен анықтамалық сызық арасындағы ауытқуларды жақсырақ визуализациялау үшін.



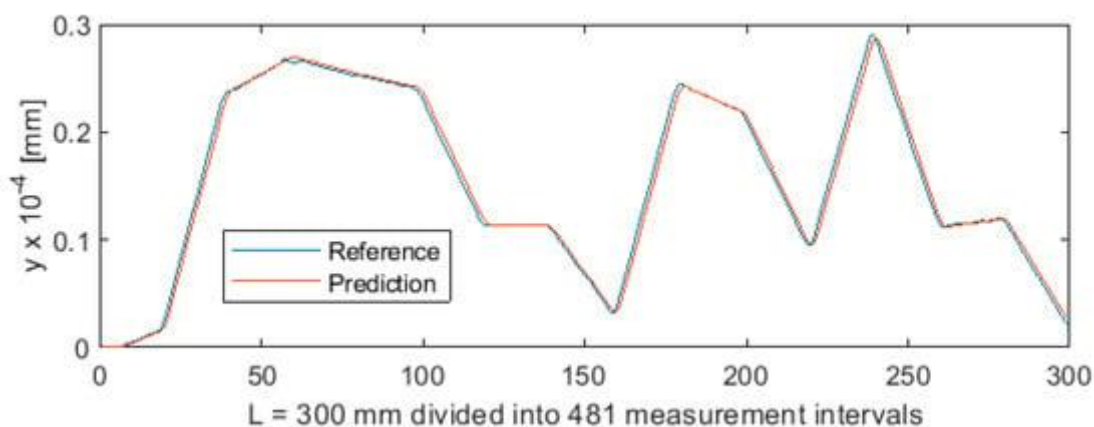
28-сурет–NARX пайдалана отырып, өңдеу сапасын болжау



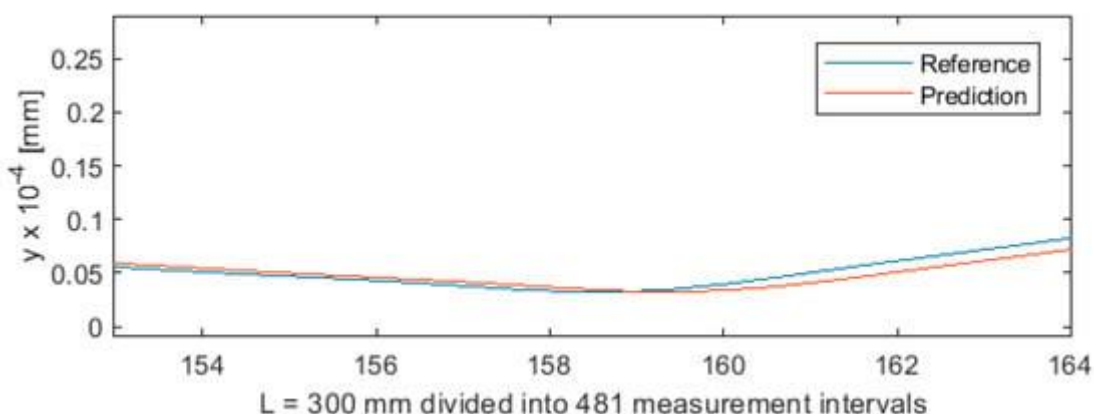
29-сурет– $L = 154 \div 165$ мм үшін NARX — процесс бөлшектерін пайдалана отырып, өңдеу сапасын болжау суретте 28

LSTM терең желісі

LSTM тренингіне арналған деректер NARX сияқты дайындалды. Кіріс векторы екі желі үшін де бірдей болды. Көрсетілген LSTM желісінің ауытқуларын салыстыру суреттерінде 28 және 29₂ желінің ауытқуларымен NARX болжауда өте үлкен ұқсастықты көрсетеді. Бұл екі желінің ұқсас сипатына байланысты, олар кері байланысты пайдалану арқылы y_{t-1} уақыттық қатарлар мен реттіліктерді болжау үшін өте қолайлы, сондықтан процестердің әртүрлі түрлерін болжау үшін пайдаланылуы мүмкін.



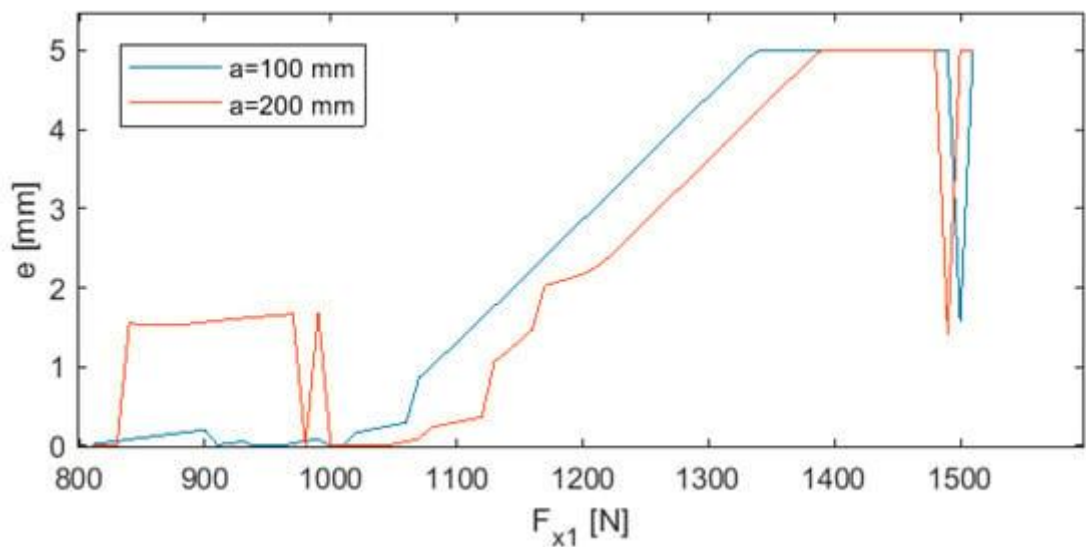
30-сурет– LSTM көмегімен өңдеу сапасын болжау



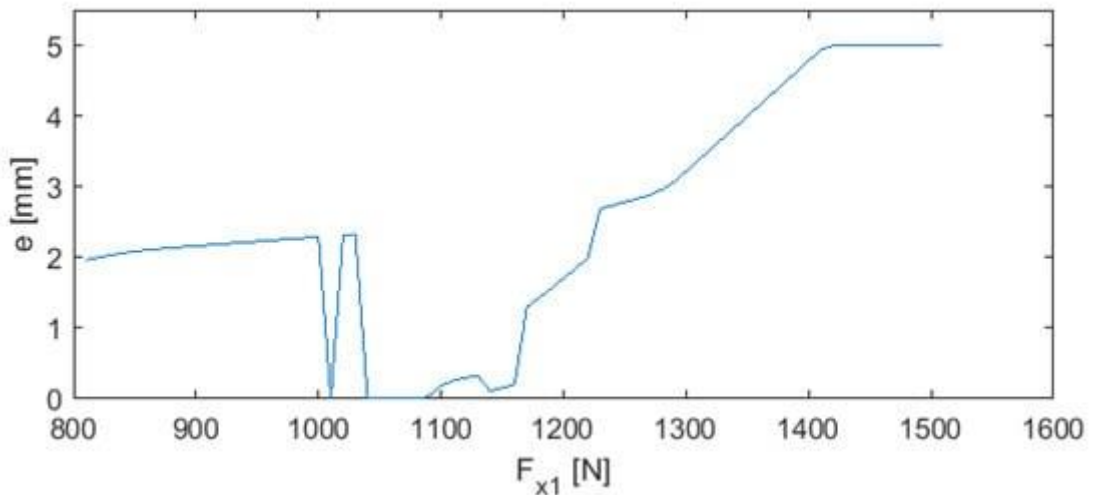
31-сурет– LSTM көмегімен өңдеу сапасын болжау — процесс мәліметтері $L = 154 \div 165$ мм үшін

Нейро-генетикалық бақылаушы

31-суреттерде және 32 нейрондық желі мақсаттық функцияның рөлін алған GA негізіндегі оңтайландырғышты қолдану нәтижелерінің мысалдары көрсетілген. 31 суретте $l = 300$ мм үшін екі жағдай көрсетілген, онда контроллер e және параметрлерін реттейді F_{x1} , ауытқуды азайту үшін y . Бірінші жағдайда оңтайландыру токарлық станоктың ұзындығына жүргізілді. өңдеу $a = 100$ мм, екіншісінде — $a = 200$ мм үшін. Көріп отырғанымыздай, екі қисық арасында e және параметрлерін таңдауға мүмкіндік беретін бос орын бар F_{x1} белгілі бір диапазонда. Қисықтардың күрделі пішіні екі параметр арасындағы байланыс күрделіліктің жоғары деңгейімен сипатталатынын көрсетеді. Сондай-ақ екі қисықтың барысында, әсіресе F_{x1} диапазонында үлкен айырмашылықтар бар бастап 800 Н-ден 1050 Н-ге дейін.



32–сурет– Нейрогенетикалық бақылаушы үшін
 $a = 100$ мм және $a = 200$ мм



33–сурет– Нейрогенетикалық бақылаушы үшін $a = 250$ мм

33 суретте көрсетілгенге ұқсас график көрсетілген суретте 32, бірақ бұл жолы $a = 250$ мм үшін.

Арналған суреттерінде 32 және 33 параметрлердің көптеген оңтайлы жұптары ұсынылған e және F_{x1} айналу ұзындығының нақты мәндері үшін a . Нәтижесінде, осы параметрлердің бірін өңдеу кезінде өзгермейтін белгілі бір тұрақты мәнге бекітуге болады. Бұл ретте екінші мәнді реттеуге болады. Контроллер параметрдің мәнін бекітуге пәрмен беруі мүмкін e немесе F_{x1} рұқсат етілген ауқымнан тыс. Мұндай жағдайларда екі параметр де бір уақытта өзгертілуі керек.

9-кесте-Анықтама

Таңба немесе аббревиатура	Түсініктеме
a	шпиндельден кескіш құралдың ұшына дейінгі қашықтық
e	созылу кезіндегі созылу күшінің эксцентриситеті
F_{be}	кескіш құралдың саптамасының иілу күші
F_r	x осі бойындағы реакция
F_x	x осі бойымен созылу күші
F_{x1}	қозғалыстағы созылу күші
L	біліктің ұзындығы
M_0, Q_0	бастапқы параметрлер: сәйкесінше ұстау нүктесіндегі момент және ығысу күші
M_1	кесу күшінің осьтік құрамдас бөлігі тудыратын момент
M_2	бөлшекті токарлық станоктың артқы жағына бекіту нүктесінде жасалған момент
R	регрессия коэффициенті
x_1, x_2, y_1, y_2	бөлшектің әрбір учаскесіндегі ағымдағы координаттар
y'_i	үшін анықтамалық мән i -мо білік учаскесінің;
y^*_i	үшін болжамды мән i -мо біліктің қималары
σ'_i	эталондық мәндердің стандартты ауытқуы
σ^*_i	болжанатын мәндердің стандартты ауытқуы
ADAM	адаптивті моментті бағалауды оңтайландыру әдісі
ANN	жасанды нейрондық желі
BiLSTM	екі бағытты LSTM деңгейі
DBN	терең сенімдер желісі
GA	генетикалық алгоритмдер
LMA	Оңтайландыру алгоритмі Левенберг-Марквардт
LSTM	қайталанатын терең оқыту желісі болып табылатын ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жады бар нейрондық желі
MLP	көпқабатты перцептрон
MSE	орташа квадраттық қате
NARX	жазық сызықты емес авторегрестік көп айнымалы уақыт қатарлары мен сигналдарды болжауға арналған экзогендік кіріс деректері бар желі
RBM	Больцманның шектеулі машинасы
RMSE	енгізілген MSE
SVM	Тірек векторлар машинасы

Сынақтар көрсеткендей, АА негізіндегі токарлық процесті басқару сапасы көбінесе мақсаттық функцияның тиімділігіне байланысты. Сондықтан, осы зерттеуде зерттелгендердің ішіндегі ең тиімдісі LSTM-ді GA-мен біріктіретін нұсқа деп болжауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Сандық бағдарламамен басқарылатын станоктар, әсіресе көп функциялы станоктар, қолмен басқарылатын кәдімгі станоктарға қарағанда әлдеқайда қымбат, сондықтан оларды үнемді пайдалану үшін пайдалану керек. CNC станоктарын сәтті қолдану үшін сізге қажет:

- басқару бағдарламаларын дайындаудың күрделілігін төмендету, атап айтқанда жеңілдетілген бағдарламалауды қолдану; - станоктарды компьютерден басқару;
- CNC станоктарының пайдалану сенімділігін арттыру;
- белгілі бір CNC станогында өңдеуге арналған бөлшектерді негізді таңдау, олардың жарамдылығын талдау;
- станоктың атқарушы органдарының жұмыс және бос жүрістеріне кететін уақытты барынша азайту;
- кесу режимдерін оңтайландыру;
- жұмыс уақытының қысқаруы және мүмкіндігінше ысыраптарын толығымен алып тастау, соның салдарынан кадраралық басқару ақпаратын енгізу кезінде кідірістермен;
- дайындамалардың дәлдігін арттыру, өңдеуге рұқсаттарды азайту;
- бөлшектерді өңдеудің оңтайлы маршруттық және операциялық технологиясын әзірлеу;
- технологиялық ауысулардың мүмкін болатын ең жоғары концентрациясы;
- заманауи тозуға төзімді кескіш құралды қолдану;
- бірнеше рет қолданылатын станок құрылғыларын баптау уақытын қысқарту;
- жабдықтың нақты жүктеме коэффициентін арттыру;
- құрал-саймандар мен шпиндельді тораптарды автоматты түрде ауыстыру;
- аяқталмаған өндіріс, орналастыру және кадрларды даярлау шығындарының төмендеуі.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы өңдеу өнімділігін арттыруға және біреуінің құнын төмендетуге мүмкіндік береді станко-CNC жабдығының жұмыс минуттары, бұл технологиялық шығындарды тікелей төмендетеді. Басқару бағдарламаларын дайындау циклінің ұзақтығын және олардың құнын төмендетуге бағдарламалық қамтамасыз етуді бағдарламалауды, дайындауды және басқаруды қоса алғанда, технологиялық дайындық процесін автоматтандыру арқылы қол жеткізіледі. Мұнда инженердің қызметі маңызды орын алады технолог-бағдарламашы. Компьютерлермен басқарылатын CNC станоктарында бөлшектерді технологиялық дайындау және өңдеу мәселелерін сауатты шешу қажеттілігі жоғары білікті технолог-бағдарламашыларды, жұмысшы-операторларды және баптаушыларды даярлауды қажет етті. Техникалық қызмет көрсететін персоналдың жоғары біліктілігі CNC

жабдықтарын пайдалану тиімділігін арттырудың маңызды әдістерінің бірі болып табылады

Бұл зерттеуде гибридті нейрогенетикалық контроллерді қолдана отырып, төмен қаттылықтағы біліктерді бұру процесін басқарудың өзіндік әдісі ұсынылған. АА мақсаттық функциясының орнына ANN пайдалану басқа белгілі әдістермен салыстырғанда басқару тиімділігін арттырады деп болжанған. Осы типтегі біліктерді өндеуді басқарудың басқа әдістерімен тікелей салыстыру дәл сол материалды, станокты және өлшеу шарттарын, сондай-ақ параметрлерді сақтамай мүмкін емес. Осы себепті біз осы зерттеу үшін арнайы әзірленген машиналық оқыту алгоритмдерінің үш нұсқасы салыстырылды: MLP ANN, NARX және LSTM.

Сынақтар дұрыс дайындалған өлшеу деректері контроллердің сапасының кілті екенін растады. Жоғары сапалы болжаудың, демек, тиімді оңтайландырудың және сайып келгенде, бақылаудың алғышарты айналу ұзындығының барлық диапазоны үшін өлшемдерді қамтитын оқу жинағын пайдалану болып табылады. Сондықтан, өнімнің жаңа партиясын шығаруды бастамас бұрын, бір тірек білігін тәжірибелік-өнеркәсіптік өндеуден өткізу керек. Бұл қадам оқу деректерін алу үшін қажет. Бұл зерттеу өлшеу деректерін оқыту және сынақ ішкі топтарына қате бөлу болжау сапасын және соның салдарынан басқару тиімділігін айтарлықтай төмендетуі мүмкін екенін көрсетеді.

Ең тиімді контроллерлер кері байланысты пайдаланғандықтан, олардың өнімділігі ең маңызды утилитарлық мәселе болуы мүмкін. Егер контроллер тым баяу жұмыс істеп тұрса, не іріктеуді азырақ жасау керек, не токарлық өндеу процесін баяулату керек. Айта кету керек, токарлық өндеу процесін басқарудың бұл жағдайында деректер көлемі тиімділікке қатысты ешқандай қиындық тудырмады. Нейрондық желілер бірнеше секундта оқытылды, ал нәтижелер одан да қысқа мерзімде қалыптасты. Ұсынылған шешімнің шектеулерінің бірі - GA итеративті бола отырып, оңтайландыруды баяулатады, бірақ оны басқа, жылдамырақ оңтайландырғыштармен ауыстыруға болады. Мұның бәрі оңтайландырудың жылдамдығы мен тиімділігі арасындағы айырбас мәселесі.

Ұсынылған шешімнің айқын артықшылығы - ол бақылаудың тиімділігіне әсер ететін көптеген көрінбейтін, бірақ маңызды факторларды анықтауға және есепке алуға мүмкіндік береді. Нақты деректер кеңістіктің жетіспеушілігінің айқын себептері бойынша математикалық модельдерге енгізілмейтін ақпаратты қамтиды. Математикалық және нейрондық модельдерді қоса алғанда, барлық модельдер нақты объектілердің жеңілдетілген көрінісі болғанымен, нейрондық желілер нақты процестерді дәлірек жаңғырта алады, өйткені олар өлшеу деректеріндегі ақпараттың үлкен көлемін жалпылау және есепке алу мүмкіндігіне ие.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ : справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с. – ISBN 5-217-00909-8.
- 2 Ловыгин, А. А. Современные станки с ЧПУ и CAD/CAM системы / А. А. Ловыгин, А. В. Васильев, С. Ю. Кривцов. – М. : Эльф ИПР, 2006. – 286 с. – ISBN 5-900891-60-7.
- 3 Андреев Г. И. Работа на станках с ЧПУ. Система ЧПУ FANUC / Г. И. Андреев, Д. Ю. Кряжев. Санкт-Петербург: Взлет, 2007. 84 с.
- 4 Босинзон М. А. Современные системы ЧПУ: их эксплуатация: учебное пособие / М. А. Босинзон. Москва: Академия, 2009. 192 с.
- 5 Васин А. Н. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ: учебное пособие / А. Н. Васин. Саратов: Изд-во СГТУ, 1997. 90 с.
- 6 Swi'c, A.; Gola, A.; Wołos, D.; Opielak, M. Micro-geometry surface modelling in the process of low-rigidity ' elastic-deformable shafts turning. Iran. J. Sci. Technol.-Trans. Mech. Eng. 2017, 41, 159–167. [CrossRef]
- 7 Swi'c, A.; Draczew, A.; Gola, A. Method of achieving accuracy of thermo-mechanical treatment of low-rigidity ' shafts. Adv. Sci. Technol. 2016, 10, 62–70. [CrossRef]
- 8 Walczak, M.; Drozd, K.; Caban, J. Effect of addition of recast materials on characteristics of Ni-Cr-Mo alloys. Curr. Issue Pharm. Med. Sci. 2019, 32, 71–76. [CrossRef]
- 9 Rudawska, A.; Jacniacka, E. Evaluating uncertainty of surface free energy measurement by the van Oss-Chaudhury-Good method. Int. J. Adhes. Adhes. 2018, 82, 139–145. [CrossRef]
- 10 Cie'sla, B.; Gunia, G. Development of integrated management information systems in the context of Industry 4.0. Appl. Comput. Sci. 2019, 15, 37–48.
- 11 Gola, A.; Kłosowski, G. Development of computer-controlled material handling model by means of fuzzy logic and genetic algorithms. Neurocomputing 2019, 338, 381–392. [CrossRef]
- 12 Swi'c, A. Adaptive control of machining accuracy of axial-symmetrical low-rigidity parts in elastic-deformable ' state. Eksploat. Niezawodn. 2012, 14, 215–221.
- 13 Kabaldin, Y.G.; Shatagin, D.A. Artificial Intelligence and Cyberphysical Machining Systems in Digital Production. Russ. Eng. Res. 2020, 40, 292–296. [CrossRef]
- 14 Moreira, L.C.; Li, W.D.; Lu, X.; Fitzpatrick, M.E. Supervision controller for real-time surface quality assurance in CNC machining using artificial intelligence. Comput. Ind. Eng. 2019, 127, 158–168. [CrossRef]

- 15 Mironova, M.N. Experimental approbation of intellectual system for machining accuracy control. *Sci. Tech.* 2017, 16, 242–248. [CrossRef]
- 16 Sharma, N.; Chawla, V.K.; Ram, N. Comparison of machine learning algorithms for the automatic programming of computer numerical control machine. *Int. J. Data Netw. Sci.* 2020, 4, 1–14. [CrossRef]
- 17 Yusup, N.; Sarkheyli, A.; Zain, A.M.; Hashim, S.Z.M.; Ithnin, N. Estimation of optimal machining control parameters using artificial bee colony. *J. Intell. Manuf.* 2014, 25, 1463–1472. [CrossRef]
- 18 Fang, N.; Pai, P.S.; Edwards, N. Multidimensional signal processing and modeling with neural networks in metal machining: Cutting forces, vibrations, and surface roughness. In *Proceedings of the 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2016, Beijing, China, 4–6 June 2016*; pp. 77–80.
- 19 Naresh, C.; Bose, P.S.C.; Rao, C.S.P. Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy models for predicting WEDM machining responses of Nitinol alloy: Comparative study. *SN Appl. Sci.* 2020, 2, 1–23. [CrossRef]
- 20 Kaushik, V.S.; Subramanian, M.; Sakthivel, M. Optimization of Processes Parameters on Temperature Rise in CNC End Milling of Al 7068 using Hybrid Techniques. In *Materials Today: Proceedings*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018; Volume 5, pp. 7037–7046.
- 21 Cubońová, N.; Dodok, T.; Ságová, Z. Optimisation of the machining process using genetic algorithm. *Sci. J. Silesian Univ. Technol. Ser. Transp.* 2019, 104, 15–25. [CrossRef]
- 22 Zhang, W.; Zhang, L.; Wang, S.; Ren, B.; Meng, S. Optimization of machining parameters of 2.25Cr1Mo0.25V steel based on response surface method and genetic algorithm. *Int. J. Interact. Des. Manuf.* 2019, 13, 809–819. [CrossRef]
- 23 Tamang, S.K.; Chandrasekaran, M. Integrated optimization methodology for intelligent machining of inconel 825 and its shop-floor application. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 2017, 39, 865–877. [CrossRef]
- 24 Kowalski, A.; Rosienkiewicz, M. ANN-Based Hybrid Algorithm Supporting Composition Control of Casting Slip in Manufacture of Ceramic Insulators. In *International Conference on European Transnational Education*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; pp. 357–365.
- 25 Altintas, Y. *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vib. Cnc Design*, 2nd ed.; Cambridge University Press: New York, NY, USA, 2012.
- 26 Wang, C.; Ghani, S.B.C.; Cheng, K.; Rakowski, R. Adaptive smart machining based on using constant cutting force and a smart cutting tool. *Proc. Inst. Mech. Eng. B J. Eng. Manuf.* 2013, 227, 249–253. [CrossRef]

- 27 Swi'c, A.; Wołos, D.; Zubrzycki, J.; Opielak, M.; Gola, A.; Taranenko, V. Accuracy control in the machining of ' low rigidity shafts. *Appl. Mech. Mater.* 2014, 613, 357–367. [CrossRef]
- 28 Swi'c, A.; Gola, A.; Hajduk, M. Modelling of Characteristics of Turning of Shafts with Low Rigidity. ' *Appl. Comput. Sci.* 2016, 12, 61–73. *Sensors* 2020, 20, 4683 23 of 23
- 29 Swi'c, A.; Wołos, D.; Litak, G. Method of control of machining accuracy of low-rigidity elastic-deformable ' shafts. *Lat. Am. J. Solids Struct.* 2014, 11, 260–278. [CrossRef]
- 30 Boussaada, Z.; Curea, O.; Remaci, A.; Camblong, H.; Mrabet Bellaaj, N. A Nonlinear Autoregressive Exogenous (NARX) Neural Network Model for the Prediction of the Daily Direct Solar Radiation. *Energies* 2018, 11, 620. [CrossRef]
- 31 Beale, M.H.; Hagan, M.T.; Demuth, H.B. *Deep Learning Toolbox User's Guide*; The Mathworks Inc.: Herborn, Germany, 2018.