

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

«Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасы

Анарбек Тәуіржан Жолшыбекұлы

Жұмыстық пішінбіліктер жетегінің орналасуының илемдеудің энергोकүштік
параметрлеріне әсерін зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07111–Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

ӘОЖ 665.622.43.04.6-52(043)

Қолжазба құқығында

Анарбек Тәуіржан Жолшыбекұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы

Жұмыстық пішінбіліктер жетегінің орналасуының илемдеудің энергокүштік параметрлеріне әсерін зерттеу

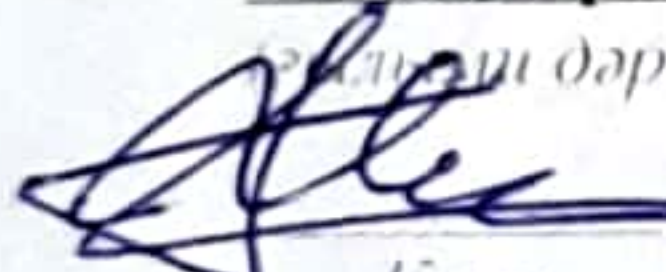
Дайындау бағыты

7M07111–Машиналар мен жабдыктардың сандық инженериясы

Ғылыми жетекші,

т.ғ.д., профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Жәутіков Б.А.

Қолы Аты жөні
« 18 » 06 2023ж.

Пікір беруші

«Бурман» ЖШС бас директоры

Техн. ғыл. докторы,

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Кудайкулова Г.А.

Қолы Аты жөні
« 16 » 06 2023ж.

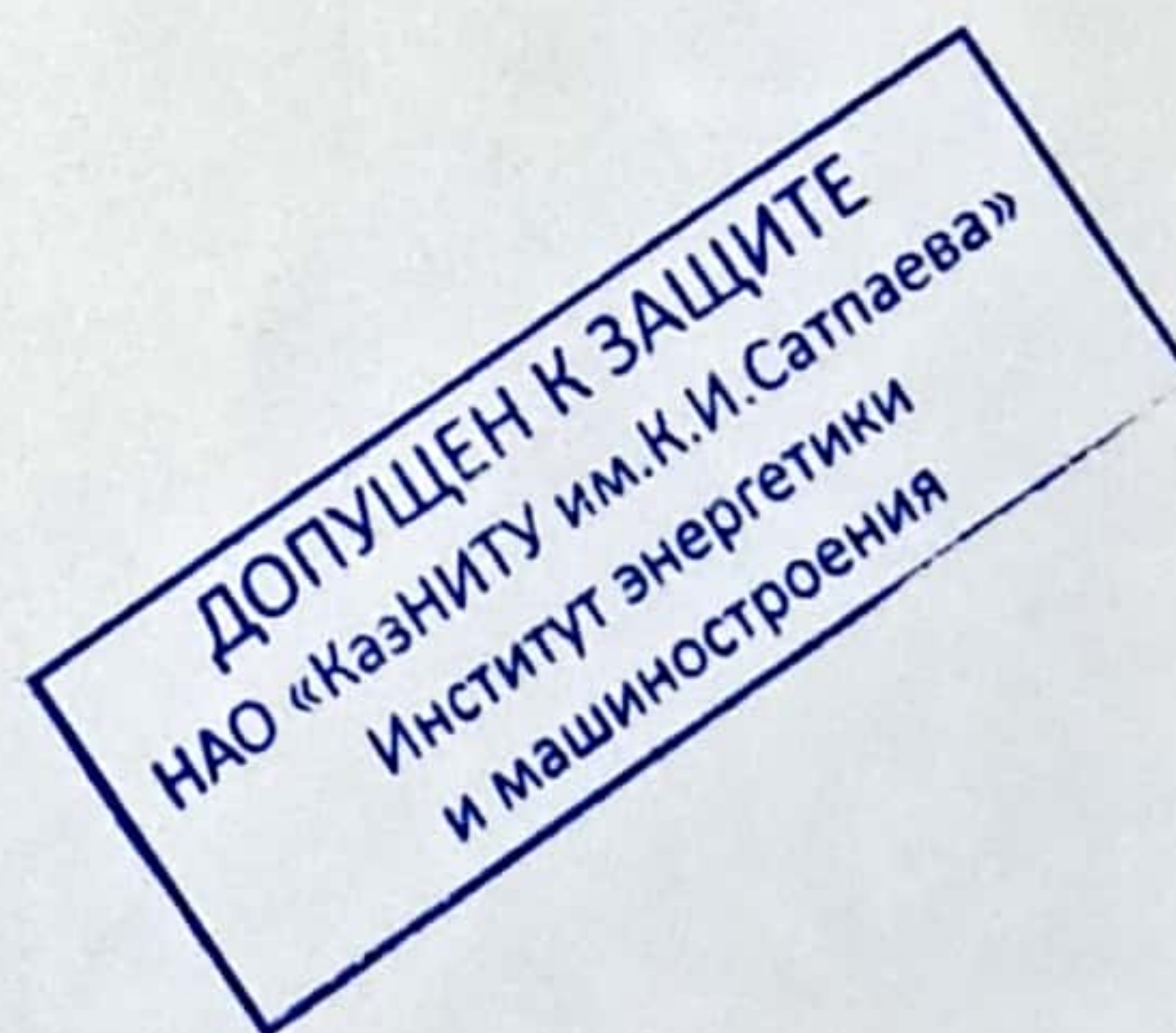
Норма бақылаушы,

Техн. ғыл. магистрі, аға оқытушы

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Сарыбаев Е.Е.

Қолы Аты жөні
« 15 » 06 2023ж.



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., ассис. проф.

(ғылыми дәрежесі, атауы)

 Бортөбаев С.А.

Қолы Аты жөні
« 16 » 06 2023ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

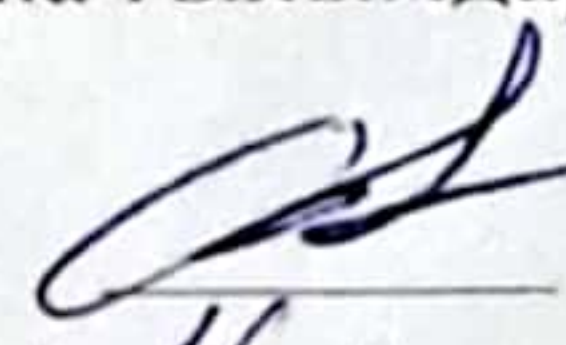
Энергетика және машина жасау институты

Технологиялық машиналар және транспорт кафедрасы

7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы мамандығы

БЕКІТЕМІН

ТМжТ кафедрасының меңгерушісі,
Техника ғылымдарының кандидаты,

асс. профессоры
 С.А. Бортебаев
« 16 » 11 2021 ж.

Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА

Магистрант: Анарбек Тәуіржан Жолшыбекұлы

Тақырыбы: Жұмыстық пішінбіліктер жетегінің орналасуының илемдеудің энергокүштік параметрлеріне әсерін зерттеу

Университет ректорының 2021 жылғы "09" қараша №1818-м бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2023 жылғы "19" маусым

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау;

б) Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу;

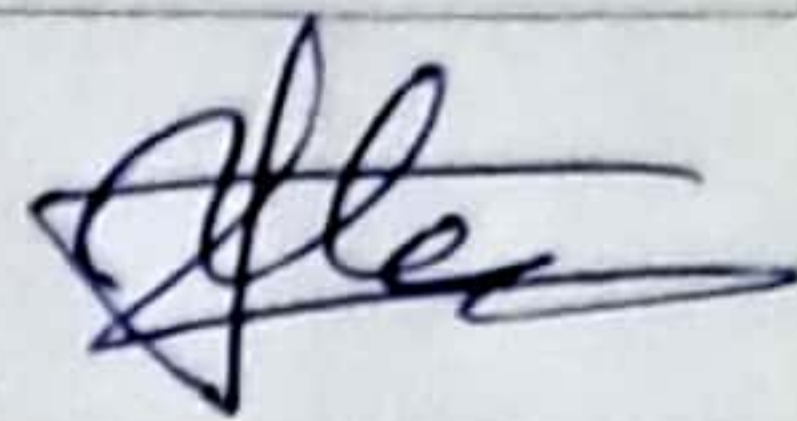
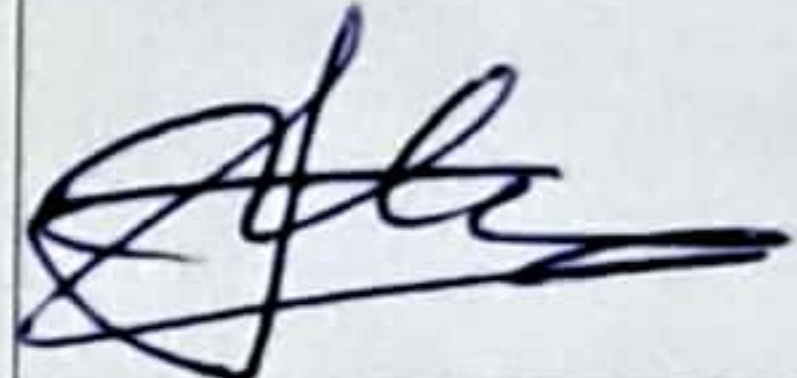
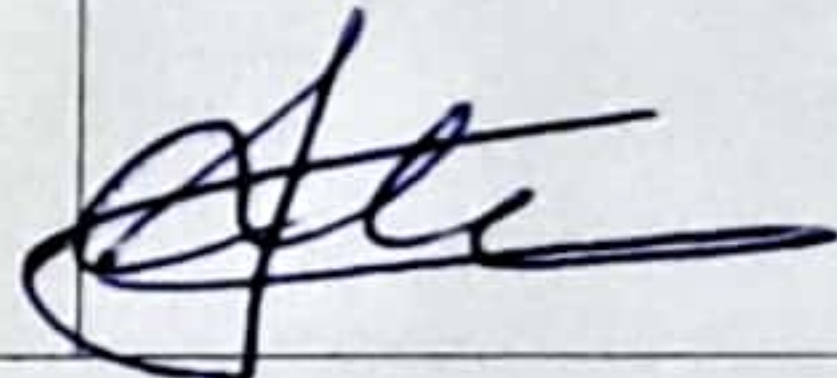
в) Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделі;

г) Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу;

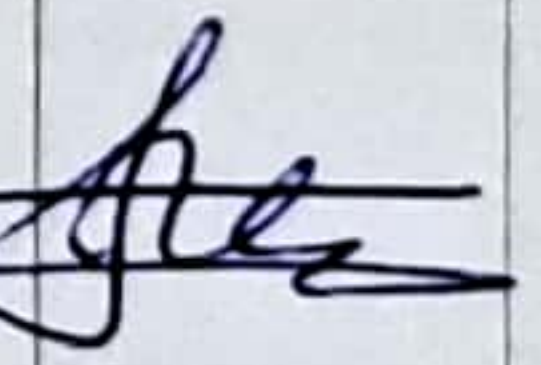
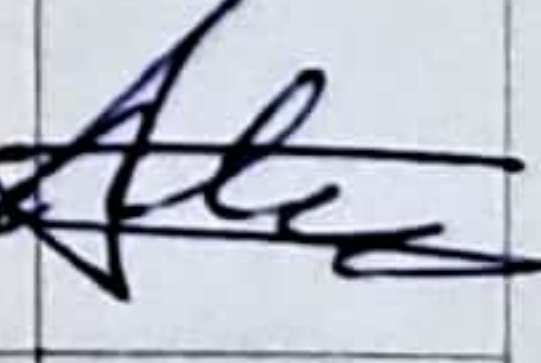
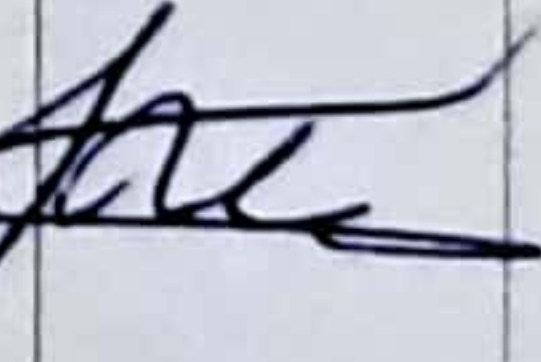
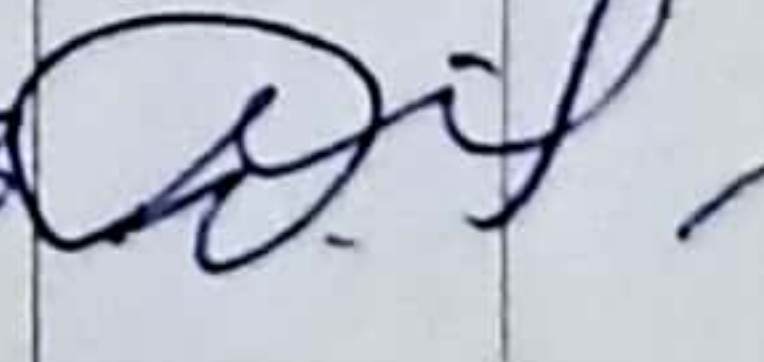
Ұсынылатын негізгі әдебиет: 25 атау

Магистрлік диссертация дайындау

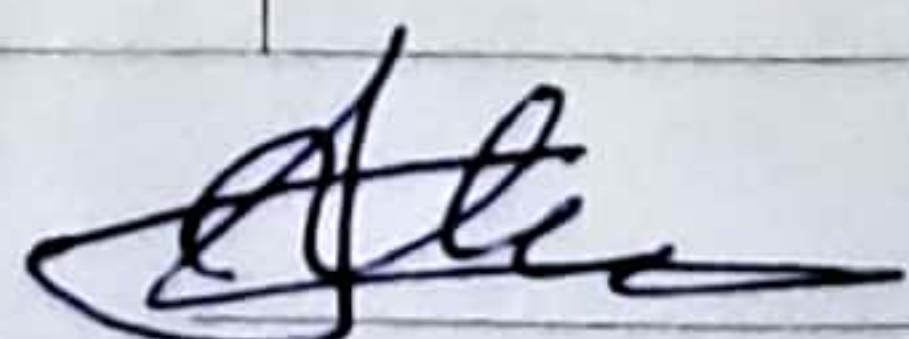
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
1 Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау	26.09.2022 ж.	
2 Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу	14.12.2022 ж.	
3 Жоғарғы валокка тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделі	13.03.2023 ж.	
4 Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу	13.05.2023 ж.	

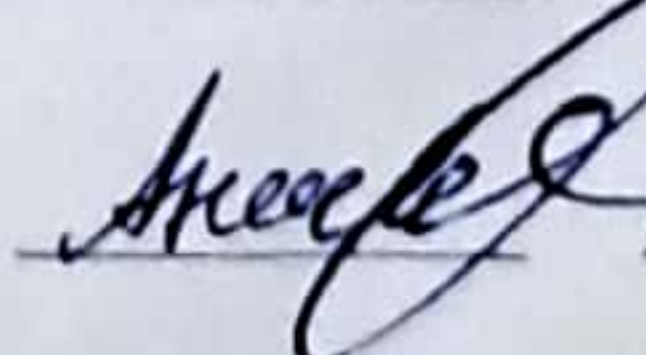
Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі(ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау	техн. ғыл. док., профессор Жәутіков Б.А.	26.09.22	
Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу	техн. ғыл. док., профессор Жәутіков Б.А.	14.12.22	
Жоғарғы валокка тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделі	техн. ғыл. док., профессор Жәутіков Б.А.	13.03.23	
Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу	техн. ғыл. док., профессор Жәутіков Б.А.	13.05.23	
Норма бақылаушы	тех. ғыл. магистрі, лектор Сарыбаев Е.Е.	15.06.23	

Ғылыми жетекші

 Жәутіков Б.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Анарбек Т.Ж.

Күні

« 17 » 11 2024 ж.

АНДАТПА

Аталған жұмыста илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жүргізілді және илемдеу орнағының энергокүштік параметрлеріне зерттеулер мен модельдеу бойынша жұмыс нәтижелері жасалынды. Илемдеу орнағының жұмыс клетнің шпиндельсіз жетекті компоновкасының 3D моделі жасалды. Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу жұмыстары ұсынылды. Алынған нәтижелер илемдеу процесінің энергокүштік параметрлерін жақсартуда практикалық және ғылыми қызығушылық тудыруы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

В данной работе проведено теоретическое исследование привода рабочих валков прокатного стана и сделаны результаты работы по исследованиям и моделированию энергосиловых параметров прокатного стана. Разработана 3D модель компоновки рабочего клета прокатного стана с бесшпиндельным приводом. Предложены исследования влияния на энергосильные параметры компоновки положения привода в системе расчета Deform 3D. Полученные результаты могут представлять практический и научный интерес в улучшении энергосильных параметров процесса прокатки.

ANNOTATION

In this paper, a theoretical study of the drive of the working rolls of the rolling mill is carried out and the results of the research and modeling of the power parameters of the rolling mill are made. A 3D model of the layout of the working stand of a rolling mill with a spindle drive has been developed. Studies of the influence of the drive position on the energy-intensive parameters of the layout in the Deform 3D calculation system are proposed. The results obtained may be of practical and scientific interest in improving the power parameters of the rolling process.

Терминдер мен анықтамалар

ҚЖЖ – қалың жапырақты жүздіктер

ТТҚ – тұрақты ток қозғалтқыштары

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау	9
1.1	Илемдеу орнағының жұмыс клетінің жабдықтары	9
1.2	Қазіргі заманғы илемдеу орнағының негізгі жетектері	10
1.3	Илемдеу орнағының жетектерінің энергокүштік көрсеткіштері	15
2	Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу	18
2.1	Илемдеудің энергокүштік параметрлерін зерттеу үшін илемдеудің жұмыс клетінің модельдерін талдау	18
2.2	Илемдеу орнақтарында қолданылатын электрқозғалтқыштардың ерекшелігі	20
2.3	Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу үшін жұмыс клетінің жетегінің зертханалық моделі	24
3	Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделі	34
3.1	Көлденең жазықтықта қозғалатын аралық шестерниялар арқылы айналу моментін беру әдісі	34
3.2	Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделін жасау	35
4	Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу	40
4.1	Deform 3D процесстерді модельдеу жүйесі	40
4.2	Deform 3D сандық есептеу жүйесінде жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлерін зерттеу	42
	Қорытынды	48
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	49

КІРІСПЕ

Болат табак өндірісі Қазақстанның қара металлургиясының негізі болып табылады. Өз кезегінде, табак болатының өнімділігі мен сапа көрсеткіштері табак илемдеу диірмендерінің сызықтарының тиімді жұмысына айтарлықтай байланысты.

Сенімділікті арттыру, жөндеу аралық кезеңдерді ұзарту, илемдеу жабдықтарының тоқтап қалуын азайту өндіріс тиімділігін арттырудың негізгі шарттарының бірі болып табылады. Қазіргі уақытта илемдеу өндірісі механикалық жабдықтың жұмыс қарқындылығының едәуір артуымен сипатталады, бұл илемдеу жылдамдығының уақытына, сығымдауға, құймалардың массасына, үздіксіз илемдеуді кеңінен енгізуге байланысты, бұл, әрине, бөлшектердің тозу қарқындылығының жоғарылауына, сондай-ақ жабдықты пайдалану шығындарының артуына әкеледі. Илемдеу өндірісіне енгізілген технологиялық процесті кешенді механикаландыру және автоматтандыру жабдықтың сенімділігін арттыруды талап етеді.

Жалпы илемдеу орнағының конструкциясын сипаттай отырып, ең алдымен, илемдеудің тоқтап қалуы металлдың едәуір мөлшерін жоғалтуға әкелетінін атап өткен жөн. Көбінесе бұл тоқтап қалу илемдеу түйіндерінің бұзылуымен байланысты. Статистикалық талдау көрсеткендей, прокат торларының авариялық тоқтап қалуының негізгі себептері жетек тораптарының (шпиндельдер, редукторлар, тісті доңғалақтар және т.б.) сынуы болып табылады. Жетектің сенімділігін арттырудың бір жолы - бұл түйіндердің санын азайту, яғни, жетектің орналасуын өзгерту.

Сондықтан да илемдеу орнақтарының жетектерінің сенімділігін арттыру мақсатында бірнеше жетек түрінің компоновкасын тәжірибе жүзінде зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Әзірлеудің жоспарланған ғылыми-техникалық деңгейі, патенттік зерттеулер туралы мәліметтер. Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде негізгі жетектердің қолданыстағы конструкциялары мен оларды пайдалану тәсілдеріне патенттік зерттеулер жүргізілді. Патенттік зерттеулер мен диссертация тақырыбы бойынша әдеби дереккөздерді талдау нәтижелеріне сүйене отырып, прокат диірмендерінің қолданыстағы конструкциялары қазіргі сенімділік талаптарына сәйкес келмейді деп қорытынды жасауға болады. Сонымен қатар, илемдеу диірмендерінің жетектерін модельдеу туралы ақпарат өте аздау және негізінен илемдеудің технологиялық параметрлерін жетілдіруге бағытталған.

Илемдеу клетінің жетектерінің перспективалық нұсқаларын модельдеу нәтижелері прокат диірмендері жабдықтарының сенімділігін едәуір арттырудың алғышарттарын жасайды. Сонымен қатар, конструктивті орындауды айтарлықтай жеңілдету мүмкіндігі бар және шпиндельсіз илемдеу орнақтарын дамыту көзделіп отыр.

Жұмыстың мақсаты: жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделін жасау, илемдеу орнағының

жұмыс клетінің жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу.

Негізгі міндеттері:

- Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау;
- Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу үшін жұмыс клетінің жетегін модельдеу;
- Deform 3D сандық есептеу жүйесінде энергокүштік параметрлеріне талдау жасау.

Зерттеу жасау үшін болған негіздер:

- Илемдеу орнақтарының жұмыс клеттеріндегі қолданыстағы жетектерінің төмен сенімділігі, көлемділігі және жоғары энергия сыйымдылығы негіз болды.
- Жетектердің конструктивті орындалуын модельдеу саласында илемдеудің энергетикалық параметрлерімен байланысты олқылықтар бар.
- Өндірістік жағдайларда жаңа конструктивті шешімдерді іске асыру технологиялық циклдің үздіксіздігі, жоғары металл сыйымдылығы, қателік жасауға жол бермейтін өте ауыр жұмыс жағдайлары сияқты факторларды жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді.
- Сондықтан зертханалық жағдайда модельденген жаңа конструктивті шешімдерді әзірлеу илемдеу орнағының сенімділігін арттырудың маңызды факторы болып табылады.

1 Илемдеу орнағының жұмыстық пішінбіліктер жетегіне теориялық зерттеу жасау

1.1 Илемдеу орнағының жұмыс клетінің жабдықтары

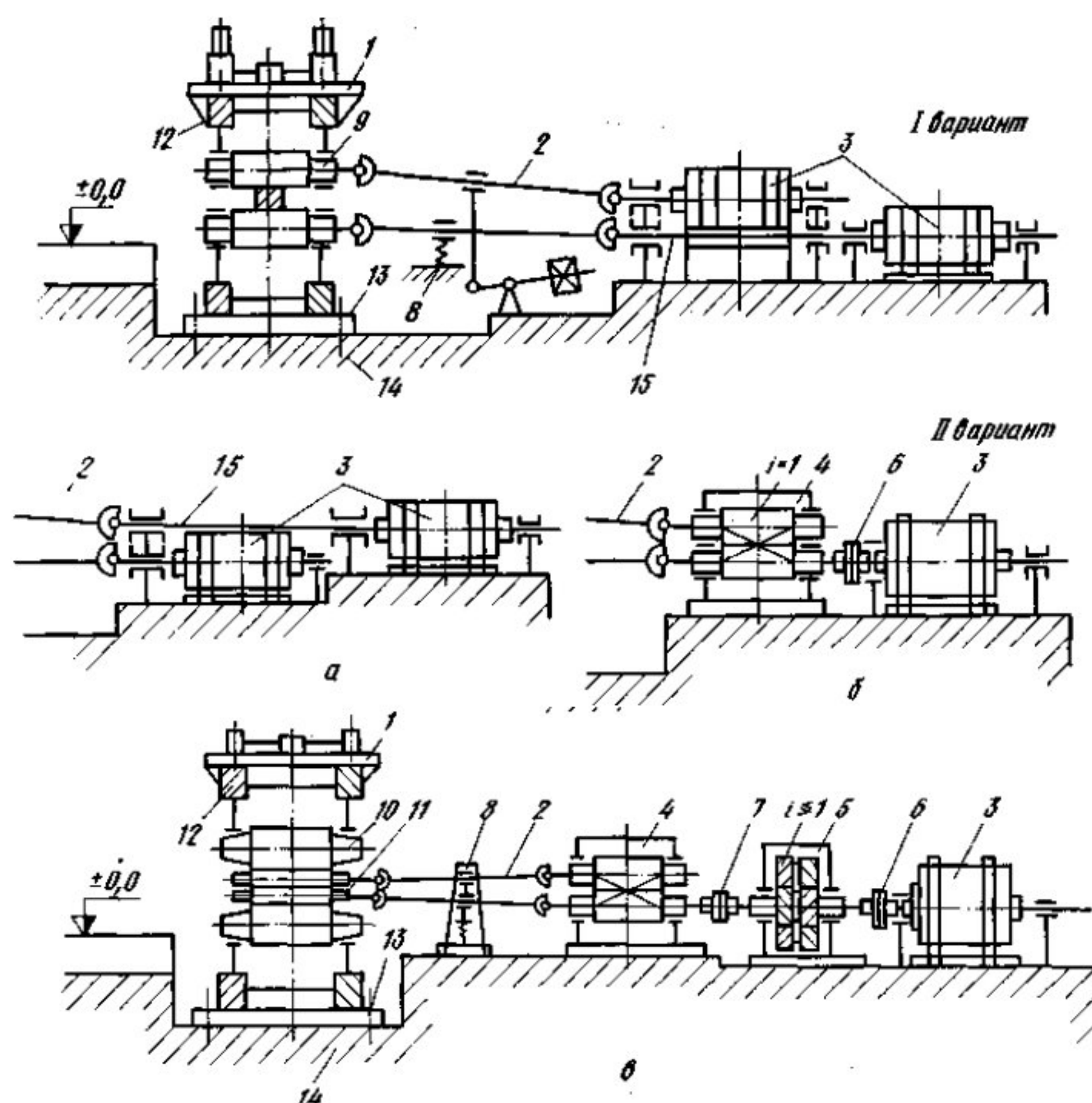
Әрбір илемдеу орнағының негізгі жұмыс органы - жұмыс клетіне орнатылған мойынтіректерде айналатын валоктар болып табылады. Валокты жетекті электр қозғалтқышы аралық беріліс механизмдері мен құрылғылары арқылы жүзеге асырады. Валоктерді айналдыруға, сондай-ақ металдың пластикалық деформациясы (қысылуы) кезінде пайда болатын күштер мен моменттерді қабылдауға арналған жабдық клет жұмыс сызығын құрайды [1-2]. 1.1 суретте роликті жетегі бар жұмыс торының негізгі сызықтарының әртүрлі схемалары келтірілген.

Жұмыс желісіне кіретін жабдықты үш негізгі топқа бөлуге болады [1-3]: жұмыс клеті 1, беріліс механизмдері 2, 4, 5, 6 және 7 және негізгі электр қозғалтқышы 3.

Жұмыс клеті - бұл 14 якорь болттарымен іргетасқа бекітілген 13 тақтайшаларға орнатылған екі массивті болат құйма 12. Төсемдерде 9, 10 және 11 мойынтіректері мен орамдары бар жастықтар, сондай-ақ жоғарғы ораманы биіктікте жылжытуға және оны осьтік бекітуге арналған құрылғылар, металға арналған бағыттаушы сымдар және т. б.

Илемдеу орнағының мақсаты мен конструкциясы байланысты беріліс механизмдері мен құрылғылары әртүрлі болуы мүмкін. Ірі жүздіктерде (қысқыш, қалың жапырақты), сондай-ақ металды жоғары жылдамдықпен илейтін оранактарда жеке электр қозғалтқыштарынан жұмыс орамдарының жеке жетегі қолданылады: бұл жағдайда беріліс құрылғысы әмбебап шпиндельдер 2, аралық біліктер 15 және муфталар болып табылады (1.1 а сурет); I нұсқаның II-ден артықшылығы бар, өйткені қозғалтқыш якорьін бөлшектеу кезінде жөндеу үшін 15 білігін алу қажет емес). Қалған оранактарда $i=1$ беріліс коэффициенті бар 4 шестернялы клеттің жұмыс орамдарының жалпы жетегі қарастырылған; бұл жағдайда электр қозғалтқышы мен жұмыс клеті арасында 6 моторлы муфта, 4 тісті доңғалақ клеті және 2 әмбебап шпиндельдер бір сызықта орналасқан (1.1 б сурет). Егер электр қозғалтқышының бұрыштық айналу жылдамдығы орамдардың айналу жылдамдығына сәйкес келмесе, онда редуктор 5 және негізгі беріліс муфтасы 7 орамдардың жетек желісіне орнатылады (1.1 в сурет).

Илемдеу орнағының негізгі электр қозғалтқышы ауамен үрленетін салқындатқышы бар арнайы (металлургиялық) типті қозғалтқыш болып табылады; тұрақты прокат жылдамдығы бар илемдер үшін (бірінші емес диірмендердің өрескел жасушалары) неғұрлым үнемді синхронды (сирек-асинхронды) электр қозғалтқыштары қолданылады. Реттелетін илемдеу жылдамдығы бар оранактар үшін арнайы түрлендіргіштерден немесе түзеткіштерден қуат алатын тұрақты ток қозғалтқыштары қолданылады.



а - негізгі электр қозғалтқыштарынан; б-электр қозғалтқышынан тісті доңғалақ клеті арқылы; в-электр қозғалтқышынан редуктор мен тісті доңғалақ клеті арқылы

1.1 Сурет – Роликті жетегі бар жұмыс клетінің негізгі сызықтарының схемалары

1.2 Қазіргі заманғы илемдеу орнағының негізгі жетектері

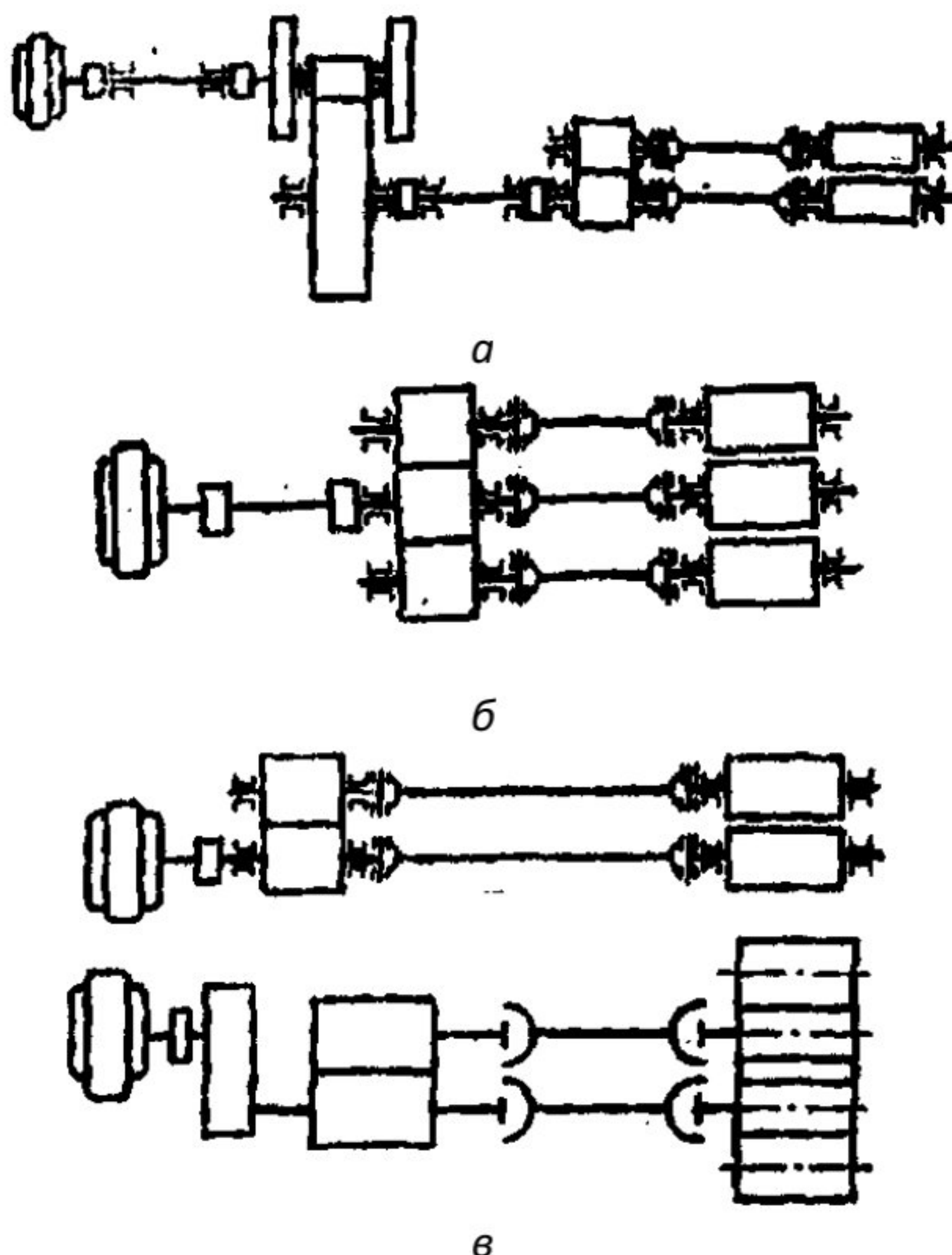
Илемдеу орнақатрын жетілдіру, бір жағынан, дайын өнімді алу технологиясының мәселелерін шешуге, екінші жағынан, илемдеу желісінің барлық агрегаттарының сенімділігін арттыруға бағытталған. Илемдеу жабдықтарының бөлігі ретінде прокат желілерінің жетектерін дамытудағы басты мәселе-сенімділіктің уақыт талаптарына сәйкес келетін оңтайлы конструкцияны іздеу болып табылады.

Жетектің дамуы су дөңгелегінен буға және одан әрі электрге өтті. Бастапқы қолданылған электр қозғалтқыштарының күрделілігі, төмен қуаты және үлкен құны үлкен массалы маховиктерді және бірнеше прокат жасушаларының бір қозғалтқышынан жетекті (сызықтық және ілмекті прокат диірмендері) пайдалану қажеттілігін тудырды. 1.2 суретте маховикпен илемдеу орнағының кинематикалық схемасы көрсетілген [4-6].

Илемдеу орнағының жұмыс клетінің конструкциясы өзінің бүкіл өмірінде бірқатар өзгерістерге ұшырады. Екі валокты орнақтармен қатар, кері

илемдеу қажеттілігіне байланысты үш валокты ("Трио", "Лаута триосы") пайда болды (1.2 б сурет), содан кейін 2-ден 20-ға дейінгі орамдары бар қаттырақ көп роликті торлар [4-6]. 1.2 в суретте екі және төрт валокты илемдердің кинематикалық схемасын көрсетілген.

Электр қозғалтқыштарын жетілдіру "Трио" клеттері мен маховиктерден біртіндеп бас тартуға мүмкіндік берді. Тиристормен басқарылатын тұрақты немесе асинхронды электр қозғалтқыштарының қозғалтқыштарын қолдану әр клетті кері илемдердің орамдарының айналу жылдамдығын біркелкі реттей отырып, үздіксіз илемдеу диірмендерінің пайда болуына әкелді.



а-маховикпен илемдеу орнағы; б-үш валокты илемдеу орнағы;
в-екі және төрт валокты илемдеу орнағы;

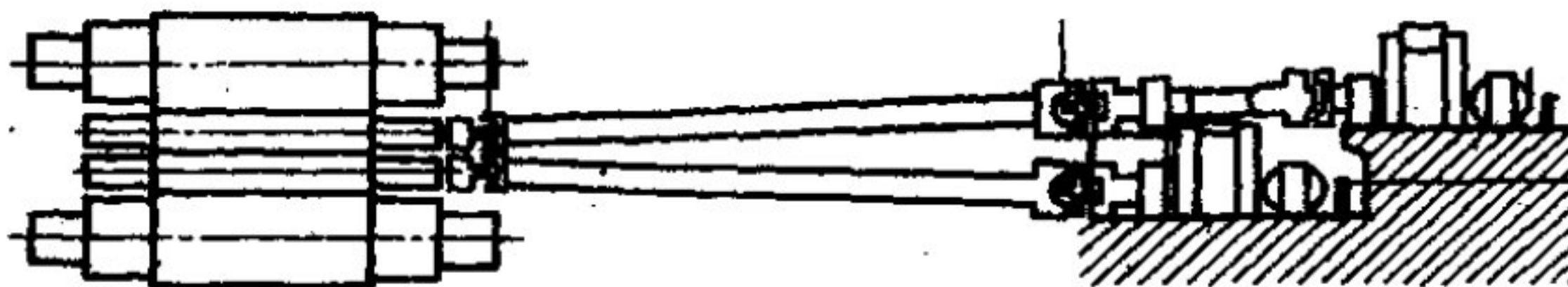
1.2 Сурет – Жұмыс клеттерінің кинематикалық схемалары

Илемдеу орнағының барлық негізгі жетектері электр қозғалтқыштарының валоктарымен байланысына байланысты екі топқа бөлінуі мүмкін: топтық, оларды байланыстыратын тісті доңғалақ арқылы екі валок бір қозғалтқышқа қосылған кезде және жеке – тісті доңғалақ арқылы әр валокты өз қозғалтқышы басқарады. Топтық жетектер екі кіші топқа бөлінеді:

редукторлы және редукторсыз. Кедергісіз жетектерде орамдар бір-бірімен тісті доңғалақтың көмегімен байланысады және аралық элементтерсіз қозғалтқышпен қозғалады. Редукторлық топтық жетектерде беріліс ұяшығы мен қозғалтқыштар арасында белгілі бір беріліс қатынасы бар редуктор орнатылған.

Топтық жетектердің негізгі кемшілігі жұмыс валоктары арасында жүктемелердің таралуын реттеу мүмкіндігінің болмауы болып табылады, бұл жетек элементтерінің біркелкі емес тозуына және клетте илемделгеннен кейін жолақтың алдыңғы ұшының бақыланбайтын иілуіне байланысты технологиялық процесті реттеудің қиындауына әкеледі [7].

Жеке роликті жетектер үш кіші топқа бөлінеді: редукторсыз, редукторлы және жартылай редукторлы. Жеке валокты жетектің басты артықшылығы – илемдеудің кең технологиялық мүмкіндіктерін қамтамасыз ету: валоктар арасындағы жүктемелерді реттелетін бөлу және жолақтың алдыңғы ұшын реттелетін иілу. Редукторсыз жеке валокты жетек жетектің негізгі түрі болып табылады, ол ірі илемдеу орнағының заманауи қысқыш реверсивті торларымен жабдықталған, ең алдымен – қалың жапырақты жүздіктер (ҚЖЖ). Осы типтегі жетекте ең көп таралған twin-drive қосарланған орналасуы төменгі валокты қозғалтқыштың алдыңғы орналасуымен көрсетіледі (1.3 сурет).



1.3 Сурет – Қозғалтқыштардың қосарланған орналасуы бар орамдардың жеке беріліссіз жетегі

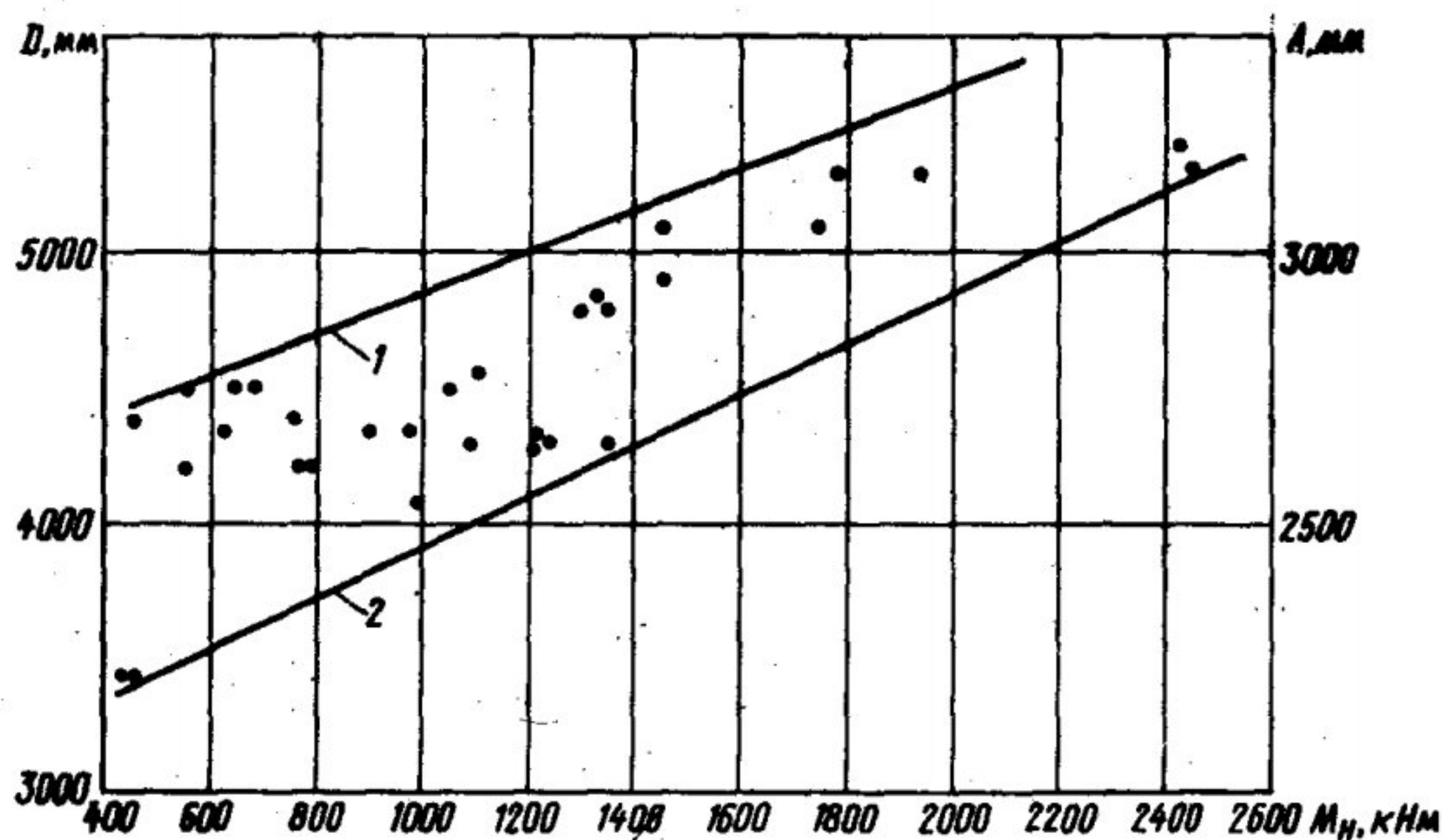
Валоктардың жеке беріліссіз жетегінің пайдалану сенімділігі қозғалтқыштардан жұмыс роликтеріне айналу моменттерін беретін әмбебап шпиндельдердің конструкциясымен анықталады. Әмбебап шпиндельдердің өнімділігі олардың кірістірулерінің тозу мөлшерімен анықталады, бұл негізінен шпиндельдердің бұрышына байланысты. Шпиндельдердің көлбеу бұрыштарының мәндері әдетте қазіргі диірмендерде 2-30-ға тең қабылданады. Демек, шпиндельдердің құрылымдық ұзындығы қосарланған орналасудағы қозғалтқыш біліктерінің осьтері мен жұмыс валоктарының осьтері арасындағы қашықтық айырмашылығымен анықталады. D қозғалтқышының статор диаметрінің және A қозғалтқышының біліктерінің осьтері арасындағы қашықтықтың қозғалтқыштардың номиналды моментіне тәуелділігін талдау (1.4 сурет), электр машина жасау зауыттарында жасалған тұрақты ток қозғалтқыштары үшін орындалған, қозғалтқыштардың номиналды сәттерінің айтарлықтай өсуімен осьаралық қашықтық шамалы өсетінін көрсетеді.

Бұл соңғы уақытта жоғары моментті жеке беріліссіз жетектерде (қозғалтқыштың номиналды моменті 1500 кНм және одан жоғары) бұрын қолданылған екі ядролы қозғалтқыштардың келесі артықшылықтарға ие бір ядролы қозғалтқыштармен ауыстырылғанын түсіндіреді:

- артқы қозғалтқыш үшін аралық біліктің ұзындығы қысқарады, бұл жетектегі бұралу тербелістерінің амплитудасының төмендеуіне әкеледі;
- айтарлықтай, 50% - ға дейін, қозғалтқыштарды орнатуға қажетті машина залындағы алаң азаяды.

Жеке беріліссіз жетектің негізгі кемшіліктері:

- шпиндельдердің үлкен (13000 мм-ге дейін) құрылымдық ұзындығы, бұл берілетін моменттің мөлшерін шектейді;
- шпиндельдерге әсер ететін ауыспалы осьтік жүктемелер, бұл арнайы тіреу мойынтіректерімен жабдықталған қозғалтқыштарды қолдануды талап етеді.



1-ең жоғары мәндер; 2 - ең төменгі мәндер

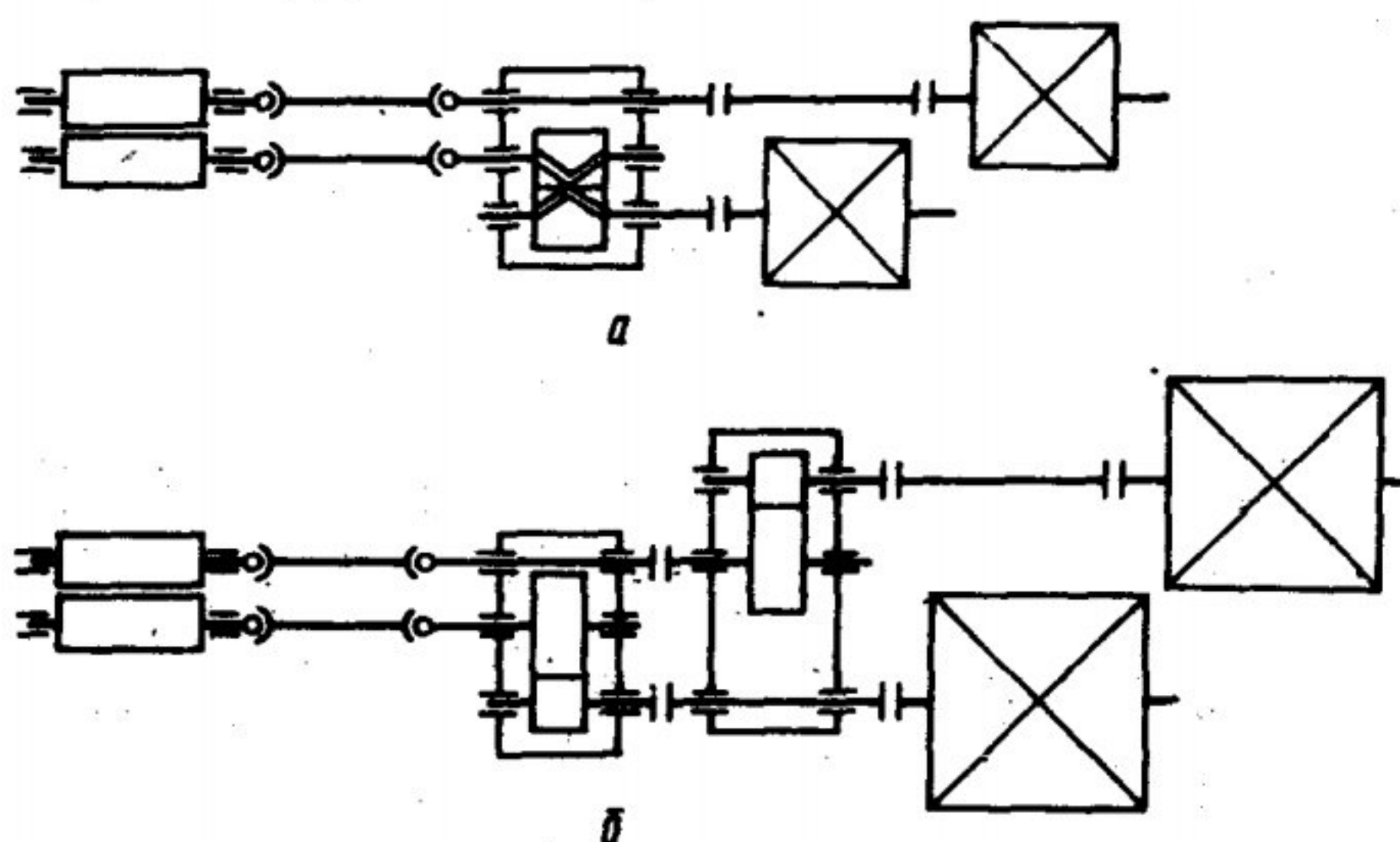
1.4 Сурет – Қозғалтқыш статорының диаметрінің D және қозғалтқыш біліктерінің осьтері арасындағы қашықтықтың M_n номиналды момент мәніне тәуелділігі

Жеке редуктор жетектерімен (1.5 сурет), әдетте, үздіксіз суық илемдеу орнақтарымен жабдықталған. Бұл орнақтар қозғалтқыштардың шахмат орналасуымен сипатталады. Редукторлық жетектерді қолдану қозғалтқыштарды кеңінен біріздендіруге және беріліс коэффициенті бар редукторларды (мультипликаторларды) пайдалану арқылы диірмендердің шығысында орнатылған тор жетектеріндегі якорьлердің (қозғалтқыштардың) санын азайтуға мүмкіндік береді.

Жақында жеке редуктор жетектері кең жолақты ыстық валокты орнақтың әрлеу топтарының торларында қолданыла бастады [7] жоғарғы жұмыс орамының қозғалтқышының алдыңғы орналасуы бар қосарланған орналасуды қолдана отырып. Мұндай техникалық шешім технологиялық процесте талап етілетін айналу моменттерін жұмыс валоктарына жеткізуге және асимметриялық илемдеудің технологиялық процесін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, яғни жоғарғы және төменгі жұмыс валоктарына моменттерді берілген бөлу процесі.

Әлемдік тәжірибеде "Алкоа" (АҚШ) фирмасының 5588 қалың жапырақты орнағы - 4,956 беріліс коэффициенті бар роликтердің жеке дуальды беріліс жетегі бар бір ғана қуатты ҚЖЖ белгілі. Бұл орнақтың әрбір орамы 70/140 мин⁻¹ айналу жиілігінде 2940 кВт тұрақты ток қозғалтқышымен басқарылады. Жетек валоктарда 12000 кНм-ге дейінгі жиынтық жұмыс сәтін дамытуға мүмкіндік береді [7].

Қуатты редукторсыз жеке жетектерге тән кемшіліктерді жою мақсатында ВНИИметмашта жартылай редукторлы жетек жасалды (1.5 а сурет) жұмыс орамдарының біреуінің жеке жетегінде беріліс коэффициенті бар редуктор орнатылғанымен танымал, ал қозғалтқыштар үшін қосарланған орналасу қолданылады. Қарастырылып отырған конструктивті шешім жоғары моментті жеке жетегі бар жолақтарды илемдеуге арналған орнақ клетін құруға мүмкіндік береді (әр орамда 5000 кНм және одан жоғары). Бұл моменттерді беру үшін салыстырмалы түрде қысқа ұзындығы (5000-6000 мм) және нөлге жақын көлбеу бұрыштары бар сырғанау ілмектері бар шпиндельдерді қолданатындығымен анықталады және бұл бұрыштардың мөлшері қозғалтқыштың өлшемдеріне байланысты емес.



а-жартылай редуктор ($U = 1$); б-екі редуктормен

1.5 Сурет – Қос қозғалтқыштың орналасуы бар валоктардың жеке беріліс жетегі

Ұзындығы бойынша салыстырмалы түрде кішкентай болғандықтан, жетек қолданыстағы ыстық роликті жолақты илемдеу станцияларын қайта

күру үшін ұтымды болды, өйткені қозғалтқыштарды машина залдарының жеткілікті тар (18000 мм-ге дейін) аралықтарына орналастыруға болады, ал редукторды қолданыстағы тісті доңғалақты клеттің орнына орнатуға болады.

1.3 Илемдеу орнағының жетектерінің энергокүштік көрсеткіштері

Илемдеудің энергетикалық параметрлері металл материалды илемдеу процесіне жатады және осы процесте қолданылатын күш әсерлерін сипаттайды. Қуатты айналдырудың маңызды параметрлеріне мыналар жатады:

Прокат күші: прокат күші-негізгі қажеттілік, прокат кезінде материалды көбейту және деформациялау үшін қолданылады. Ол деформация деңгейін анықтайды және илектелген материалдың қажетті қалыңдығы мен пішінін алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу күші: илемдеу кезінде илектеу диірмені мен материал процестері арасындағы пайда болу күші. Ол материалдың қозғалысына қарсы тұрады және илемдеу тиімділігіне әсер етеді. Қажетті деформация деңгейіне жету және беткі ақаулардың алдын алу үшін болжамды күш есептелуі керек.

Материалдың кедергісі: материалдың кедергісі илектеу кезінде деформацияға қарсы тұру қабілетіне ие. Бұл материалдың беріктігі, икемділігі және сұйықтығы сияқты қасиеттеріне байланысты. Материалдың жоғары кедергісі қажетті деформацияға жету үшін жоғары илектеу беріктігін қажет етеді.

Илемдеу қуаты: илемдеу процесінде тұтынылатын энергияны илемдеу қуаты. Бұл илемдеу күшіне, илемдеу жылдамдығына және басқа дәмдерге байланысты. Прокат қуаты энергияны тұтынуды және процестің тиімділігін арттыру үшін маңызды.

Энергия шығыны: прокат кезінде жетектер мен басқа да шығындар тұтынатын шығынға байланысты энергия шығыны. Ол үйкеліс энергиясын сіңіруді, ішкі жетек энергиясын түрлендіруді және басқаларын қамтиды энергияны сіңіру. Энергия шығынын оңтайландыру прокат процесінің экономикалық тиімділігі мен тұрақтылығы үшін маңызды.

Прокаттың қуат параметрлері материалдың түріне, прокат диірменінің өлшемі мен сәйкестігіне, сондай-ақ тозуға төзімділігіне байланысты өзгеруі мүмкін.

Илемдеу орнағының энергетикалық көрсеткіштері әртүрлі факторларға, соның ішінде илемдеу орнағының сипаттамаларына, қолданылатын технологияларға, илемделетін материалдың түрлеріне және басқа жалға беру параметрлеріне байланысты. Илемдеу орнағының негізгі қуат көрсеткіштерінің кейбірі мыналарды қамтиды:

Энергия тұтыну: энергия тиімділігінің негізгі көрсеткіштерінің бірі-прокат диірменінің энергия шығыны. Ол киловатт-сағатпен (кВт-сағ) немесе

джоульмен (Дж) және жалдау процесіне қажетті энергия мөлшерімен өлшенеді.

Бір тонна илемдеуге арналған энергия: бұл сапа көрсеткіші бір тонна илемделетін материалды өндіруге жұмсалатын энергия шығыны. Бір тонна прокат өндіру үшін аз энергия қажет болса, илем орнағы соғұрлым тиімді болады.

Прокат диірменінің тиімділігі: тиімділік (тиімділік коэффициенті) прокат диірменінде энергияның қаншалықты тиімді пайдаланылатындығын көрсетеді. Тиімділік неғұрлым жоғары болса, прокат процесінде соғұрлым аз энергия қажет болады.

Энергияны үнемдеу: прокат диірменінің энергия шығынын азайту үшін қабылданған өтемақы сапасының бұл көрсеткіші. Ол энергияны үнемдейтін жабдықты пайдалануды, процестер мен технологияларды оңтайландыруды және энергияны қайта өңдеу жүйелерін пайдалана алады.

Қуат кернеуін реттеу: қуат көрсеткіштері прокат диірменіндегі қуат кернеуін реттеуді де өзгерте алады. Қуат кернеуін оңтайлы реттеу қуат тұтынуды азайтуға және жалға беру тиімділігін арттыруға көмектеседі.

Байқалған қуат көрсеткіштері илемдеу диірменінің түріне (мысалы, ыстық илектеу диірмені немесе суық илектеу диірмені) және материалдарға (мысалы, болат, алюминий және т.б.) үлкен тәуелділікке ие екенін ескеру маңызды. Прокат диірменінің тиімділігін технологиялық инновациялар мен энергия шығыны мен еңбек өнімділігін төмендетудің оңтайландырылған процестері арқылы жақсартуға болады.

Илемдеу орнағының жетектерінің қуат көрсеткіштері осы жетектердің тиімділігі мен өнімділігін көрсетеді. Илемдеу орнағының жетектерінің қуат өнімділігін бағалау үшін қолданылатын кейбір негізгі көрсеткіштер:

Жетектердің қуаты: илемдеу орнағының жетектерінің қуаты киловаттпен (кВт) немесе ат күшімен өлшенеді және олардың сапасы материалды илемдеу күші мен жылдамдығымен қамтамасыз етіледі. Неғұрлым қуатты жетектер машинаның жоғары өнімділігін білдіреді.

Жетектердің тиімділігі: тиімділік (тиімділік коэффициенті) илемдеу орнағының жетегі жетекке әкелетін энергияның неліктен тиімді пайдаланылатынын көрсетеді. Тиімділік неғұрлым жоғары болса, энергияны түрлендіру және беру процесінде соғұрлым аз энергия қажет болады.

Қуатты реттеу: илемдеу орнағының жетектері қажетті қуат пен прокат жылдамдығына байланысты Қуатты реттеуі керек. Қуатты тиімді реттеу прокат пен электр энергиясын тұтыну процесін дәл басқаруға мүмкіндік береді.

Энергияны қайта өңдеу жүйесі. Бұл орнақтың қуат тұтынуын айтарлықтай төмендетуі мүмкін.

Энергияны үнемдейтін технологияларды қолдану. Бұл қуат тұтынуды азайтуға және илемдеу орнағының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Гидравликалық жетектер, электр жетектері немесе аралас жетектер сияқты олардың түріне, сондай-ақ технологиялық хаттамаға және илемдеу

орнағының конструкциясына байланысты болуы мүмкін илемдеу орнағының жетектерінің қуат көрсеткіштері пайда болатынын ескеру маңызды.

Илемдеу орнақтарының энергокүштік параметрлерін есептеу факторларды ескеруді қажет ететін болып саналуы мүмкін. Алайда, көп жағдайда энергия параметрлерін бағалаудың бірнеше кадамдарын қарастыруға болады:

Энергия тұтынудың анықтамасы: прокат диірменінің жалпы энергия тұтынуын қажетті бағалау. Ол үшін жетектердің қуаты, машинаның жұмыс істеу ұзақтығы және салқындату немесе майлау сияқты басқа жүйелердің қуат тұтынуы ескеріледі.

Өнімділікті өлшеу: прокат диірменінің өнімділігін анықтау, мысалы, уақыт бірлігіне тонна илемдеу (мысалы, уақыт бірлігіне тонна). Бұл өнім бірлігіне энергия тұтынуды бағалауға мүмкіндік береді.

Бір тонна илемдеуге энергияны есептеу: бір тонна илем өндіруге жұмсалған энергияны алу үшін илемдеу орнағының жалпы энергия шығынын прокат материалының мөлшеріне бөліңіз. Бұл көрсеткіш әртүрлі илемдеу орнақтарының немесе процестерінің тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Илемдеу орнағының тиімділігін бағалау: илемдеу орнағының пайдалы әсерін шығыс энергиясын (орындалған жұмыс) және кіріс энергиясын (орнаққа берілген энергия) салыстыру арқылы есептеңіз. Бұл илемдеу процесінде энергияны пайдалану тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Талдау және жақсарту: илемдеу орнағының қуат параметрлерін талдау және қуат тұтынуды азайтуға немесе өнімділікті арттыруға болатын есептеулер үшін есептеулерді пайдаланыңыз. Бұл энергияны үнемдейтін технологияларды пайдалануды, процестерді оңтайландыруды немесе машинаны пайдалануды жақсарту үшін қызметкерлерді оқытуды қамтамасыз ете алады.

Прокат диірменінің энергокүштік параметрлерін дәл есептеу мамандандырылған білімге және илемдеу орнағы мен оның процестері туралы егжей-тегжейлі мәліметтерге қол жеткізуге бағытталуы мүмкін екенін ескеру маңызды.

2 Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу

2.1 Илемдеудің энергокүштік параметрлерін зерттеу үшін илемдеудің жұмыс клетінің модельдерін талдау

Илемдеу процесінің параметрлерін зерттеуді зертханалық және өндірістік жағдайларда жүргізуге болады. Өндірістік жағдайдағы зерттеулердің артықшылықтарымен қатар кемшіліктері де бар: зерттеулерді жүзеге асыруда үлкен қиындықтар және илемдеу процесінің параметрлерін кеңінен өзгерту мүмкін еместігі.

Әр зауыттағы өндірістік жағдайлар әр түрлі болғандықтан, алынған тәжірибелік мәліметтердің қолданылуы шектеулі. Осыған байланысты жаңа илемдеу процестерін енгізу қиынға соғады, өйткені мұндай процестерді сынау ықтимал апаттармен және илемдеу станының байланыстарының бұзылуымен байланысты.

Илемдеу процесі металлургия өнеркәсібіндегі қарқынды операция болып табылады, ол металл материалдарын парақтарға, жолақтарға, талшықтарға және басқа пішіндерге айналдыруға мүмкіндік береді. Процестердің таралу параметрлерін зерттеу өндіріс сапасы мен тиімділігін қамтамасыз ету мақсатында осы процесті оңтайландыруға бағытталған [24].

Төменде илемдеу процесінде қарастырылуы мүмкін кейбір негізгі параметрлер берілген:

Илемдеу жылдамдығы: материалдың валоктар арқылы айналу жылдамдығы соңғы өнімнің физикалық қасиеттеріне байланысты болуы мүмкін. Микроқұрылымға, механикалық қасиеттерге және экспозицияға әртүрлі илемдеу қасиеттерін бағалауды зерттеу материалды сәйкестендірудің оңтайлы жылдамдығын анықтауға көмектеседі.

Температура: илемдеу кезіндегі материалдың температурасы оның құрылымы мен қасиеттерінде маңызды рөл атқарады. Материалдың микроқұрылымына, сұйықтығына және қаттылығына әртүрлі температураларды талдауды зерттеу оңтайлы илемдеу жағдайларын анықтауға көмектеседі.

Қысым: валоктар арасындағы қысым илемдеу процесіне және материалдың қасиеттеріне де әсер етеді. Материалдың деформациясына, оның механикалық қасиеттеріне және әсеріне әртүрлі қысым деңгейлерін зерттеу қажетті өнімділікке жету үшін қысымды анықтауға көмектеседі.

Роликтердің геометриясы: радиустар мен профильдер сияқты валоктардың геометриясы, сонымен қатар илемдеу процесі мен материалдың қасиеттері байқалады. Валоктардың әртүрлі конфигурацияларын зерттеу өнімнің қажетті сипаттамаларына қол жеткізу үшін оңтайлы геометрияны анықтауға көмектеседі.

Майлау: илемдеу кезінде майлауды қолдану өнімнің процесі мен сапасын жақсартып алады. Әр түрлі майлау түрлерін зерттеу, оларды зерттеу

және іздеу әдістері валоктарды зерттеу мен тозуды азайту үшін оңтайлы майлау жағдайларын анықтауға көмектеседі.

Бұл параметрлердің барлығын эксперименттік және сандық әдістерді қолдану арқылы зерттеуге болады. Тәжірибелерді арнайы зертханалық стендтерде немесе тікелей илемдеу өндірістік желілерінде қолдануға болады. Ақырлы элементтер әдістерін немесе басқа тәсілдерді қолдана отырып, сандық модельдеу әртүрлі параметрлердің өзара әрекеттесуін талдауға және олардың илемдеу процесіне әсерін болжауға мүмкіндік береді.

Илемдеу процесінің параметрлерін зерттеу процесті оңтайландыруға, өнімділікті арттыруға, шығындарды азайтуға және өнімнің соңғы сапасын арттыруға бағытталған [25].

Илемдеу орнақтарының жұмыс клеттернің модельдерін талдау олардың конструкциясын, негізгі элементтері мен ерекшеліктерін зерттеуді қамтиды. Міне, илемдеу жұмыс жасушаларының ең көп таралған үлгілері:

Тікелей валокты клет: бұл екі түзу валоктан тұратын ең қарапайым және кең таралған модель, арасында материалдың деформациясы бар. Валоктар илемделген материалдың қажетті өлшемдері мен қасиеттеріне байланысты әртүрлі диаметрлер мен сипаттамаларға ие болуы мүмкін.

Өзгермелі профильді валокты клет: бұл модельде валоктардың жұмыс клеттерінде өнімнің өлшемдерін басқаруға және айналдыруға мүмкіндік беретін өзгермелі профиль бар. Валоктардың профилін өзгерту механикалық немесе гидравликалық түрде жүзеге асырылуы мүмкін.

Кассета валоктары бар клет: бұл модельдерде валоктар кассеталарға бөлінеді, олар тез ауыстырылады немесе әр түрлі өнімдерді жалға беру үшін қайта конфигурацияланады. Кассеталарда әдетте алдын ала анықталған профильдер болады, бұл прокат өнімдерінің геометриясын жылдам өзгертуге мүмкіндік береді.

Әмбебап валокты клет: бұл модельде жұмыс істейтін валокты клеттер илемдеу, тегістеу және гравюра сияқты әртүрлі функцияларды алады. Әмбебап валоктар операциялардың санын азайтуға және процестің өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Кластерлік валокты клет: бұл жұмыс клеттерінің моделі кластерлерде негізделген бірнеше жұп валоктарды қамтиды. Әрбір кластердің күрделі деформацияға және дәлірек пішіндеуге мүмкіндік беретін өз валокты конфигурациясы болуы мүмкін.

Илемдеу орнақтарының жұмыс клеттерінің модельдерін талдау материалдың өлшемдері мен илемделетін өнімнің түріне арналған оңтайлы модель мен параметрлерді таңдауға мүмкіндік береді. Ол сондай-ақ әркімнің мүмкіндіктері мен шектеулерін анықтауға көмектеседі, бұл илемдеу процесінде қажетті нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2.2 Илемдеу орнақтарында қолданылатын электрқозғалтқыштардың ерекшелігі

Кез-келген технологиялық машинаны механикаландырудың негізгі құралы (металл кескіш станок, илемдеу орнағы, соғу және штамптау жабдықтары, құю және қалыптау машинасы және т.б.) жетек болып табылады. Жетек – бұл машинаның жетегін басқаратын құрылғы. Жетектер пневматикалық, гидравликалық және электрлік түрлерінен тұрады. Олардың барлығының артықшылығы мен кемшілігі бар. Жетек қозғалтқыштан, беріліс құрылғыларынан және басқару жүйесінен тұрады.

Технологиялық машина орындалатын функциялардың дәрежесіне байланысты жетектердің әртүрлі түрлерімен жабдыкталуы мүмкін және бұл жетектердің саны әртүрлі болуы мүмкін. Илемдеу орнақтарында негізінен асинхронды, синхронды айнымалы ток электр қозғалтқыштары бар электр жетектері, сондай-ақ тұрақты ток қозғалтқыштары (ТТҚ) қолданылады. Қазіргі заманғы автоматтандырылған электр жетектері – бұл әртүрлі статикалық және динамикалық сипаттамаларды қамтамасыз ететін әртүрлі сызықтық және сызықтық емес элементтерді (қозғалтқыштар, өлшеу түрлендіргіштері, күшейткіштер және басқа элементтер) қамтитын күрделі динамикалық жүйелерден тұрады [13].

Электр жетегінің даму тенденциялары электротехника мен электрониканың жалпы даму бағыттарын да, осы технологиялық машинаның конструкция ерекшеліктерін де көрсетеді, сондықтан мұндай жүйелерді талдау, таңдау, есептеу және жобалау міндеттері үлкен маңызға ие болады.

2.2.1 Металлургиялық жабдықтарда қолданылатын электр қозғалтқыштарының артықшылықтары мен кемшіліктері. Асинхронды қозғалтқыштар – қазіргі уақытта өндірілетін барлық электр энергиясының шамамен 40% тұтынатын электр машиналарының ең көп таралған түрі. Асинхронды қозғалтқышта құрылыстың қарапайымдылығы, жұмыс істеудің қарапайымдылығы, жоғары сенімділік және шамадан тыс жүктеме қабілеті, қылшық-коллекторлық жинағының болмауы сияқты жағымды қасиеттер бар. Осы қасиеттерінің арқасында асинхронды қозғалтқыш өнеркәсіпте металл кесетін станоктарды, илемдеу орнақтарын, соғу-штамптау жабдықтарын, құю-қалыптау машиналарын, сондай-ақ әртүрлі мақсаттар үшін кеңінен қолданылады [16]. Алайда, кең диапазондағы асинхронды қозғалтқыштың айналу жиілігін басқару тұрақты ток қозғалтқышына (ТТҚ) қарағанда едәуір күрделі. Бұл қозғалтқыштың айналу жиілігін кең ауқымда өзгерту қажет болған жағдайда асинхронды қозғалтқыштарды қолдануды шектейді. Алайда, қуат электроникасының қарқынды дамуына және заманауи MOSFET және IGBT транзисторларының пайда болуына байланысты жылдамдықты реттейтін асинхронды қозғалтқыштарды қолдану өсті.

Синхронды қозғалтқыштар технологиялық машиналарда да қолданылады. Синхронды қозғалтқыштардың дизайнында екі негізгі бөлік бар

– статор және ротор. Қозғалтқыш статорының конструкциясы асинхронды қозғалтқыш статорына ұқсас. Синхронды қозғалтқыш роторы қазіргі уақытта сирек жер магниттерін қолдану арқылы жасалады [16]. Синхронды электр қозғалтқыштарының артықшылығы: әртүрлі жүктемелер кезінде айналым санының тұрақтылығын сақтау. Синхронды электр қозғалтқыштарының кемшіліктеріне шамадан тыс жүктеме кезінде синхрондылық тұрақсызданады және басқару жүйесінің күрделілігі жатады.

Тұрақты ток қозғалтқыштары (ТТҚ) асинхронды және синхронды қозғалтқыштарға қарағанда қарапайым басқару жүйесіне ие. ТТҚ конструкциясында біріктірілген (сақиналы және мәжбүрлі ағынды) майлау жүйесі бар сырғанау мойынтіректері қолданылады. ТТҚ желдету мәжбүрлі, жабық немесе ашық цикл бойынша жүзеге асырылады. ТТҚ – ның басқа артықшылықтарына мыналар жатады: айналу жиілігін біркелкі және кең ауқымда реттеу мүмкіндігі; маңызды іске қосу моменті және сонымен бірге шамалы іске қосу тогы; шамадан тыс жүктеме мүмкіндігі. ТТҚ – нің ең маңызды кемшілігі – щеткалар мен коллектор арасында жылжымалы байланыстың болуына байланысты щеткалар мен коллекторлар механизмінің шектеулі қызмет ету мерзімі және оның жүктеме кезінде ұшқыны бұл қозғалтқыштарды жарылғыш бөлмелерде пайдалануды қиындатады. Бұл негізгі кемшілік ТТҚ қолдану аясын азайтады.

ТТҚ өнеркәсіптің көптеген салаларында қолданылатындықтан, автоматтандырылған технологиялық машиналар мен өнеркәсіптік робототехниканы жобалау және техникалық қызмет көрсету кезінде жұмыс және басқару принциптерін білу қажет. ТТҚ тұрақты токпен жұмыс істейді және оларды қуаттандыру үшін қайта зарядталатын батарея немесе түзеткіш қажет. Қозғалтқышты басқару транзисторлар мен тиристорлар сияқты қатты күйдегі құрылғыларды қолданатын сыртқы электрондық схема арқылы жүзеге асырылады.

2.2.2 Илемдеу орнағындағы электр жетегінің ерекшеліктері. Қазіргі заманғы илемдеу орнағы механикалық және электрлік жабдықтардың күрделі кешені болып табылады. Илемдеу орнағының негізгі желісінің негізгі элементтері – жұмыс жасушалары (жеке немесе топтық электр жетегі бар), беріліс механизмдері және қозғалтқыш. Әрбір жұмыс клетінің орамдары жалпы немесе жеке электр жетектеріне ие болуы мүмкін. Мәселен, 2000-ға жуық электр қозғалтқыштары 2000-ға жуық ыстық илемдеудің үздіксіз кең жолақты орнақтарында орнатылады [15].

Демек, илемдеу орнағының электр жетегі жеке болуы мүмкін, мұнда әр клеттің өз қозғалтқышы болады немесе бірнеше клетке таратқыш редуктор, тісті доңғалақ және шпиндельдер арқылы айналу моменттерін беретін бір қозғалтқыш орнатылады. Екінші жағдайда, бір электр қозғалтқышы екіден алтыға дейін немесе одан да көп клеттерге қызмет ете алады. Айта кету керек, қазіргі заманғы үздіксіз илемдеу орнақтарында, әдетте, жеке электр қозғалтқыштары қарастырылған, бұл олардың топтық жетекті орнақтарға

қарағанда үлкен артықшылығы бар. Жеке электр қозғалтқыштарының болуы орамдардың айналу сандарын өзгерту мүмкіндігі арқылы орнақтарды орнатуды жеңілдетеді.

Илемдеу орнағының қозғалтқыштарының түрі мен қуатын дұрыс таңдау бүкіл электр жетегінің сенімді және үнемді жұмысын қамтамасыз етеді. Илемдеу орнағының электр жетегіне осы орнақтардың жетек ерекшеліктеріне байланысты жоғары талаптар қойылады.

Илемдеу орнағындағы орамдарының электр жетегі жұмысының негізгі ерекшеліктеріне мыналар жатады:

- Қосылудың үлкен саны (риверсивті орнақтар үшін сағатына 1000-ға дейін);
- Жүктеменің әсер ету сипаты, яғни қозғалтқыштардың номиналды жүктемесінен асып кетуі;
- Қозғалтқыштың валоктағы металмен бірге үдету және тежеу, илемдеу диірмендерінің жоғары өнімділігін қамтамасыз ету және т.б. мақсатта.

Жоғарыда көрсетілген ерекшеліктерге сәйкес электр жетегіне келесі талаптар қойылады:

- жылдамдықты реттеудің кең шектері;
- жоғары жүктеме қабілеті;
- жоғары пайдалану сенімділігі;
- минималды айналу моменті;
- максималды іске қосу моменті;
- қатты механикалық сипаттамалар және т. б.

Электр жетегіне қойылатын талаптар негізінде электр қозғалтқышының түрін таңдау жүргізіледі. Тәуелсіз қозуы бар ТТҚ:

- реттеудің кең шектері,
- үлкен жүктеме қабілеті,
- жоғары тиімділік,
- минималды айналу моменті және жоғары сенімділік.

Сондықтан илемдеу орнағының орамдарын жүргізу үшін негізінен тәуелсіз қозуы бар ТТҚ қолданылады.

Реверсивті ыстық илемдеу орнақтарында жетектің айналу моментін беру кезінде өтпелі процестердің ең аз уақыты болуы тиіс [14]. Мұндай орнақтарда негізгі жетектерінің ТТҚ-сы өте қысқа қосылу режимімен сипатталады. Оңтайлы өнімділікке қол жеткізу үшін олар мүмкін болатын қысулармен алғашқы өту кезінде илемдеуге тырысады. Илемделетін металдың көлденең қимасы кішірейген кезде қысуды азайту керек. Осыған байланысты, өтулердің ұзақтығын қысқарту үшін илемдеу жылдамдығы артады, сондықтан ТТҚ айналу жиілігінің барлық диапазонында үлкен жүктеме қабілетіне, екі бағытта да аз шығынмен үлкен диапазонда айналу жиілігін жылдам реттеу қабілетіне ие болуы керек.

Реверсивті емес реттелетін илемтеу орнақтарында жүргізу үшін қоздыру тогының өзгеруімен жылдамдықты реттейтін ТТҚ қолданылады.

Бір клетті суық илемтеу орнақтары үшін ТТҚ-ға қойылатын негізгі талаптар – якорь инерциясының төмендеу моменті және өрісті әлсірету арқылы айналу жиілігін реттеудің үлкен диапазоны. Илемдеу клетінің ТТҚ таңдауы прокат моменті мен жылдамдығының қажетті сипаттамаларына сәйкес жасалады [18].

Электр жетегі мен жартылай өткізгіш элементтік базаны жетілдіру күш түрлендіргіштері мен басқару схемаларын құруға негіз болатын жартылай өткізгіш техниканың дамуымен тығыз байланысты. Электр жетегінің негізгі қуат элементі болып табылатын, бірақ басқаруы шектеулі тиристорлардың техникалық сипаттамалары үздіксіз жақсаруда. Неғұрлым перспективті, толық басқарылатын транзисторлық қуат түрлендіргіштері жасалады. Жартылай өткізгіш құрылғылардың интеграция дәрежесінің жоғарылауы түрлендіргіштің сенімділігін арттыруға, оның өлшемдерін азайтуға және орнатуды жеңілдетуге мүмкіндік беретін жартылай өткізгіш модульдерді құруда көрінеді.

Элементтік базаны дамытудың маңызды бағыты жетекті басқару жүйесі үшін мамандандырылған интегралды схемаларды құру болып табылады. Мұндай тізбектерге қуат тиристорларын басқару құрылғылары, жетек реттегіштері, ток шектеу блоктары және т. б. кіреді.

Электр жетегінің функционалдығын кеңейту үшін өңдеу өнімділігі мен дәлдігін арттыратын адаптивті басқару маңызды бағыт болып табылады [17]. Адаптивті басқару жүйелерінде әдетте технологиялық процестің параметрлерінің бірі тұрақтандырылады, мысалы, қуат факторы (күш, момент). Бұл жағдайда беріліс жетегінің жылдамдығы негізгі жетектің берілген жұмыс режимін ұстап тұру үшін реттеледі. Неғұрлым күрделі басқару жүйелерінде олар негізгі жетек пен беріліс жетегінің жылдамдығын бір уақытта өзгертеді. Бұл жағдайда шектеулерді ескере отырып, тиімділіктің белгілі бір көрсеткішінің максимумына қол жеткізіледі, мысалы, технологиялық машина құрылымының қаттылығы және т. б.

Қазіргі заманғы электр жетегі тек микропроцессорлық негізде жүзеге асырылуы мүмкін. Микропроцессорлық басқарылатын электр жетегі дәлдіктің жоғарылауымен, күшейткіштердің нөлдік дрейфінің болмауымен, басқару жүйесінің икемділігімен, әмбебаптығымен және басқару машинасымен жұптасудың қарапайымдылығымен, жоғары сенімділігімен және диагностикалық мүмкіндігімен сипатталады.

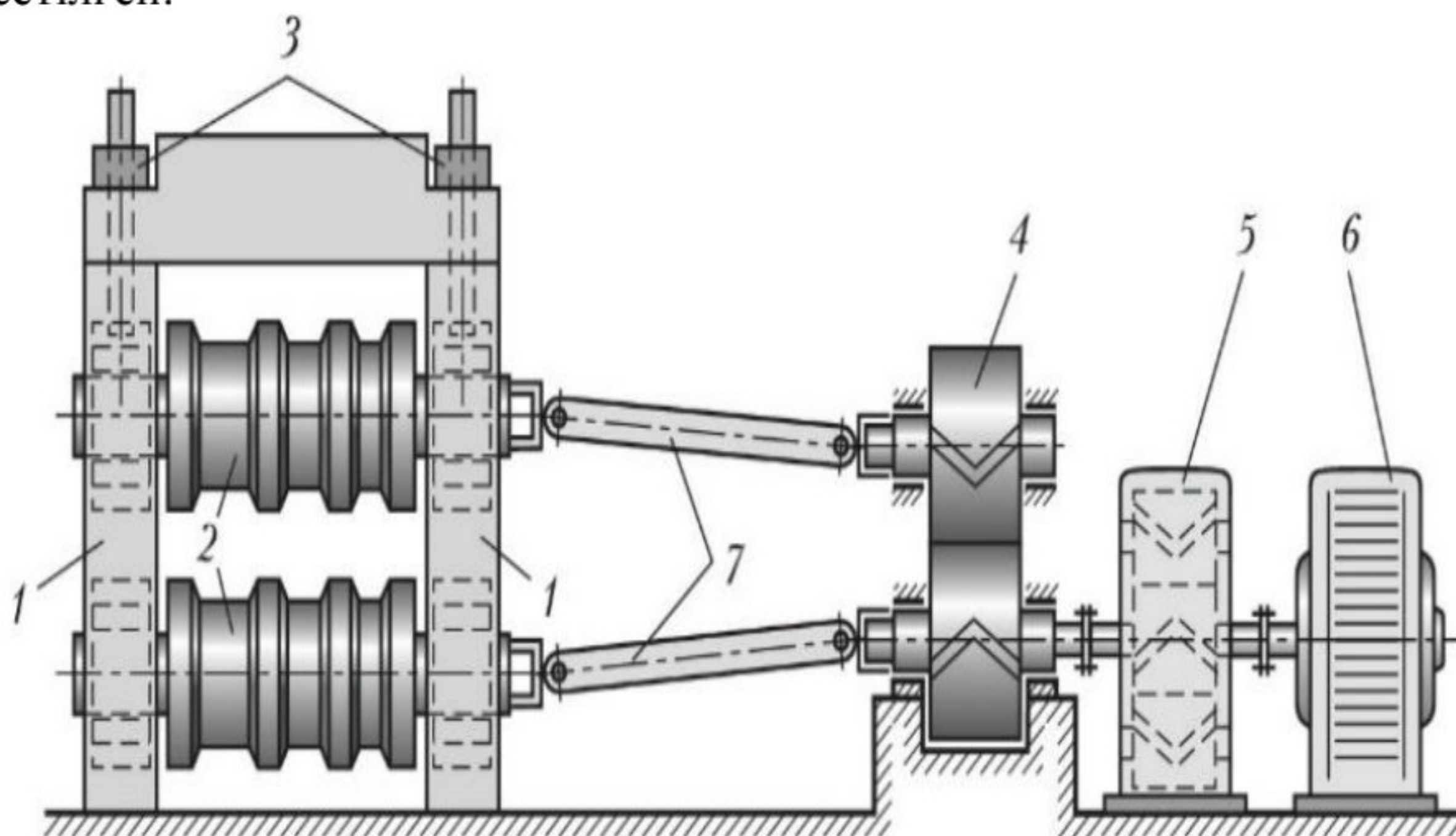
Алайда, цифрлық электр жетектерін құру жолында микропроцессорлардың жеткіліксіз жылдамдығымен байланысты қиындықтар туындайды. Оларды жылдамырақ жұмыс істейтін құрылғыларды пайдалану арқылы да, параллельді ақпаратты өңдеумен мультипроцессорлық жүйелерге көшу арқылы да жеңуге болады. Микропроцессорларды қолдану технологиялық машиналардың электр жетегін басқарудың жаңа жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

2.3 Илемдеу орнағының энергокүштік параметрлерін зерттеу үшін жұмыс клетінің жетегінің зертханалық моделі

Жетектің орналасу ерекшеліктерінің илемдеу параметрлеріне әсерін салыстырмалы талдау мақсатында төрт түрлі компоновка ұсынылды:

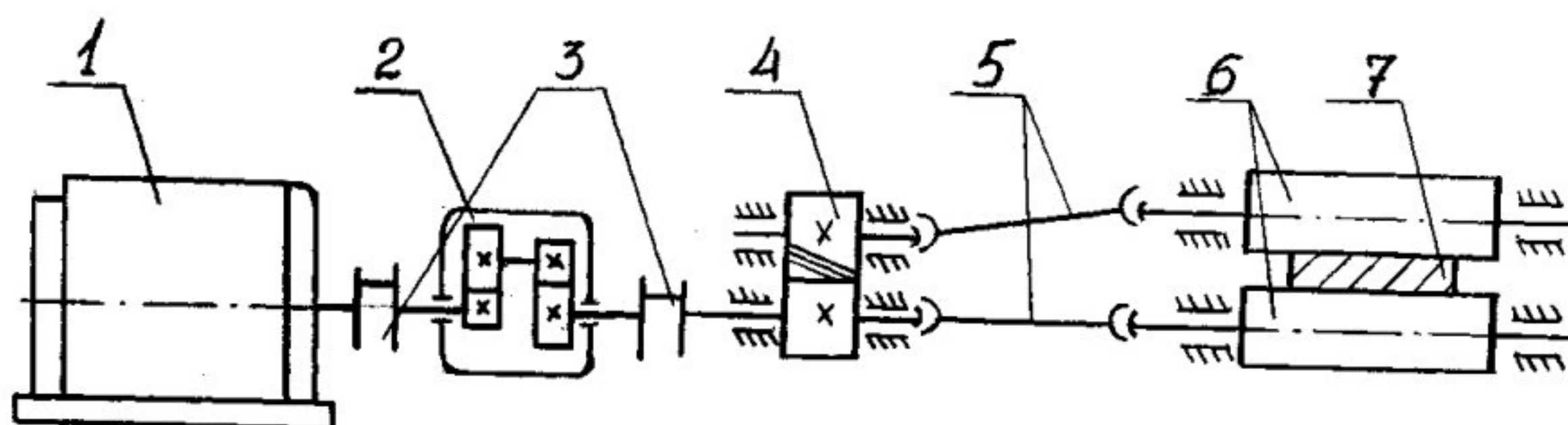
- төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа шпиндель арқылы беріліс компоновкасы;
- төменгі валокқа тікелей жетекпен және бос күйдегі жоғарғы валоктың орналасу компоновкасы;
- төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа үдеткіш қозғалтқышы бар орналасу компоновкасы;
- төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа төменгі валок арқылы тісті беріліспен орналасу компоновкасы.

Сондай-ақ салыстыру үшін дәстүрлі (негізгі) компоновка зерттелген болатын. Көптеген заманауи илемдеу орнақтарының жұмыс клетінің негізгі жетектері дәстүрлі орналасу бойынша жұмыс істейді. Дәстүрлі орналасу – бұл электр қозғалтқышының айналу моменті муфталар, редукторлар (немесе онсыз), тісті доңғалақ және әмбебап шпиндельдер арқылы жұмыс орамдарына ауысады. Илемдеу орнағының негізгі желісінің схемасы 2.1 суретте көрсетілген. Зертханалық модельдің кинематикалық схемасы 2.2 суретте көрсетілген.



1 – іргетасқа бекітілген жұмыс клетінің төсектері; 2 – илемдеу валоктары; 3 – валоктар арасындағы алшақтықты реттеуге арналған механизмдер; 4 - электр қозғалтқышынан валоктарға беріліс беретін шестернялы клет; 5 - редуктор; 6 - валоктар арасындағы моментті бөлуге арналған беріліс қорабы; 7-валоктарға моментті беретін шпиндель

2.1 Сурет – Илемдеу орнағының негізгі желісінің схемасы



1-электр қозғалтқышы; 2-редуктор; 3-байланыстырушы муфталар; 4-шестернялы клет; 5-әмбебап шпиндельдер; 6-жұмыс валоктары; 7-илемдеуші жолақ

2.2 Сурет – Кинематикалық жетек схемасы

Эксперименттік жұмыстар келтірілген әдістеме бойынша жүргізілді [8]. Энергокүштік параметрлерді тіркеуден басқа, үлгілердің сыртқы түрінің өзгеру сипатына (орақ тәрізді, алдыңғы ұшының бүгілуі және илектелген бетінің күйі) бақылау жүргізілді.

Абсолютті қысу мен илемдеу жылдамдығының қуат параметрлеріне әсерін анықтау үшін екі илемдеу режимі таңдалды. Біріншісінде валоктардың арақашықтығы 9 мм орнатылды, ($\Delta h = 1\text{мм}$), ал валоктардың айналу жиілігі – 50 айн/мин. Екінші жағдайда валоктардың арақашықтығы 8 мм ($\Delta h = 2\text{мм}$), айналу жиілігі – 30 айн/мин. Орамдардың айналу саны зертханалық трансформатордың көмегімен реттелді және механикалық және электронды тахометрлермен бақыланды. Әр режимге 10 үлгі шығарылды. 2.1 және 2.2 кестелерде 10 үлгі бойынша энергокүштік параметрлерінің өлшеу нәтижелері келтірілген, бұл ретте нәтиженің дұрыстығы үшін өлшеу қателіктері, яғни қате мәндер алынып тасталды.

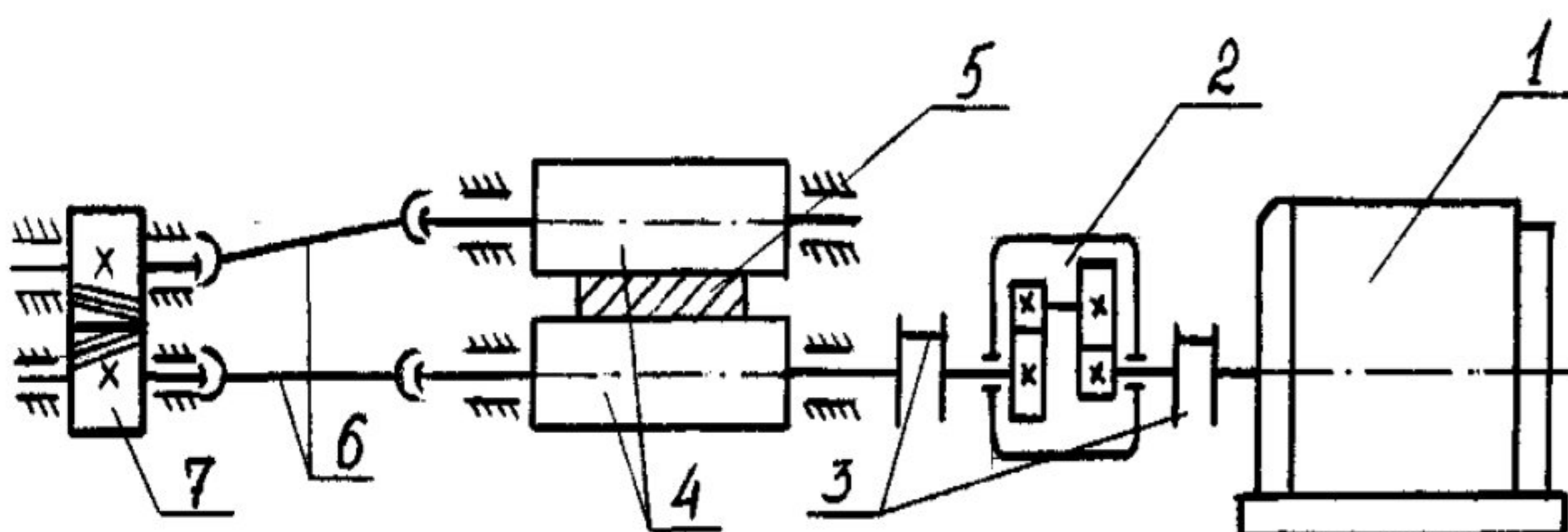
2.1 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масштаб коэффициенті
	$h_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$\Delta h, \text{мм}$	$P_1, \text{кН}$	$P_2, \text{кН}$	$P_{об}, \text{кН}$	$I_a', \text{мм}$	$I_a, \text{А}$	$K_M, \text{А/мм}$
1	10,07	9,02	1,05	4,2	4,3	8,5	29,9	2,99	0,1
2	10,07	9,02	1,05	4,1	4,4	8,5	29,5	2,95	
3	10,05	9,03	1,02	4,0	4,7	8,7	29,6	2,96	
4	10,06	9,04	1,02	4,2	4,2	8,4	29,8	2,98	
5	10,08	9,04	1,04	4,3	4,5	8,8	30,1	3,01	
6	10,07	9,03	1,04	4,1	4,7	8,9	30,0	3,0	
7	10,05	9,02	1,03	4,4	4,2	8,6	29,8	2,98	
8	10,08	9,03	1,05	4,2	4,4	8,6	29,6	2,96	
9	10,06	9,04	1,02	4,3	4,1	8,4	29,4	2,94	
10	10,06	9,03	1,03	4,2	4,3	8,5	29,5	2,95	

2.2 Кесте – $n=30$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{об}$, кН	I_a' , мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,07	8,04	2,03	4,7	7,8	12,5	50,8	5,08	0,1
2	10,08	8,05	2,03	4,8	7,2	12,0	50,3	5,03	
3	10,06	8,06	2,0	4,5	7,4	11,9	49,9	4,99	
4	10,06	8,05	2,01	5,2	7,0	12,2	50,4	5,04	
5	10,07	8,05	2,02	5,0	7,1	12,1	50,1	5,01	
6	10,05	8,04	2,01	4,9	7,4	12,3	50,5	5,05	
7	10,05	8,04	2,01	5,1	7,1	12,2	50,6	5,06	
8	10,07	8,03	2,04	5,3	7,4	12,7	50,9	5,09	
9	10,06	8,03	2,03	4,8	7,9	12,7	50,8	5,08	
10	10,06	8,04	2,02	5,2	7,3	12,5	50,7	5,07	

2.3.1 Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа шпиндель арқылы беріліс компоновкасы. Валоктарға тікелей жетектің артықшылықтары туралы гипотезаны тексеру үшін электр қозғалтқышынан момент ілінісу арқылы төменгі валокқа, ал шпиндельдер мен тісті доңғалақ арқылы жоғарғы валокқа ауысқан кезде орналасу нұсқасын қолданылды. Ол үшін дәстүрлі орналасуда қолданылған электр қозғалтқышы қарама қарсы бетке орналастырылды, шпиндельдер мен шестернялы клетті қалдырып ұсынылған. Прокаттың басқа параметрлері дәстүрлі орналасумен бірдей. Зертханалық модельдің кинематикалық схемасы 2.3 суретте көрсетілген. 2.3 және 2.4 кестелерде энергокүштік параметрлерінің өлшеу нәтижелері келтірілген.



1-электр қозғалтқышы; 2-редуктор; 3-қосқыш муфталар; 4-жұмыс валоктары; 5-илемделуші жолақ; 6-әмбебап шпиндельдер; 7-шестернялы клет

2.3 Сурет – Кинематикалық жетек схемасы

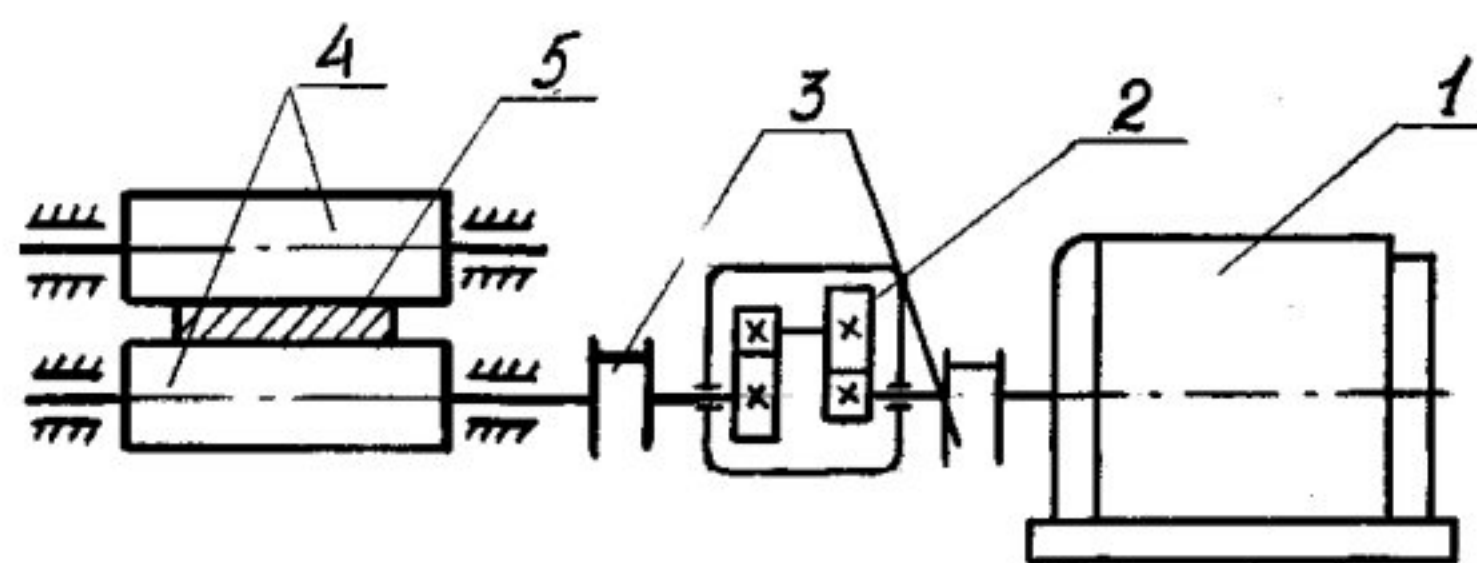
2.3 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{об}$, кН	I_a' , мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,08	9,04	1,04	4,0	4,8	8,8	24,5	2,45	0,1
2	10,08	9,05	1,03	4,4	4,5	8,9	24,4	2,44	
3	10,07	9,03	1,04	4,2	4,6	8,8	24,2	2,42	
4	10,07	9,04	1,03	4,1	4,5	8,6	24,3	2,43	
5	10,06	9,04	1,02	4,0	4,5	8,5	23,9	2,39	
6	10,05	9,03	1,02	4,5	3,9	8,4	23,8	2,38	
7	10,06	9,03	1,03	4,6	4,2	8,8	24,1	2,41	
8	10,07	9,04	1,03	4,5	4,4	8,9	24,6	2,46	
9	10,08	9,04	1,04	4,3	4,4	8,7	24,2	2,42	
10	10,06	9,03	1,03	4,2	4,5	8,7	24,5	2,45	

2.4 Кесте – $n=30$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{об}$, кН	I_a' , мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,07	8,05	2,02	6,2	5,9	12,1	35,8	3,58	0,1
2	10,05	8,05	2,0	6,2	5,7	11,9	35,6	3,56	
3	10,06	8,05	2,01	6,4	6,1	12,5	35,9	3,59	
4	10,07	8,04	2,03	6,6	6,2	12,8	36,2	3,62	
5	10,05	8,03	2,02	6,3	6,0	12,3	35,7	3,57	
6	10,06	8,04	2,02	6,6	6,1	12,7	36,3	3,63	
7	10,06	8,04	2,02	6,5	5,9	12,4	35,8	3,58	
8	10,05	8,04	2,01	6,3	5,8	12,1	35,5	3,55	
9	10,08	8,05	2,03	6,4	6,2	12,6	36,4	3,64	
10	10,08	8,04	2,04	6,7	6,2	12,9	36,5	3,65	

2.3.2 Төменгі валокқа тікелей жетекпен және бос күйдегі жоғарғы валоктың орналасу компоновкасы. Илемдеу әдістерінің арасындағы перспективалы бағыттардың бірі-жоғарғы бос роликпен илемдеу. Бұл әдіс парақтардың бетінің сапасын жақсартуға көмектеседі, өйткені бұл жағдайда оның айналу жылдамдығы илектелген металдың қозғалыс жылдамдығына сәйкес орнатылады. Осылайша, бос орам оның және илектелген металдың арасында пайда болатын үйкелістің арқасында айналады. Бос роликпен илемдеудің қалған шарттары әдеттегі орналасумен бірдей. Зертханалық модельдің кинематикалық схемасы 2.4 суретте көрсетілген. 2.5 кестеде энергокүштік параметрлерінің өлшеу нәтижелері келтірілген.



1-электрқозғалтқыш; 2-редуктор; 3-жалғаушы муфталар; 4-жұмыс валоктар; 5-илемделуші жолақ

2.4 Сурет – Кинематикалық жетек схемасы

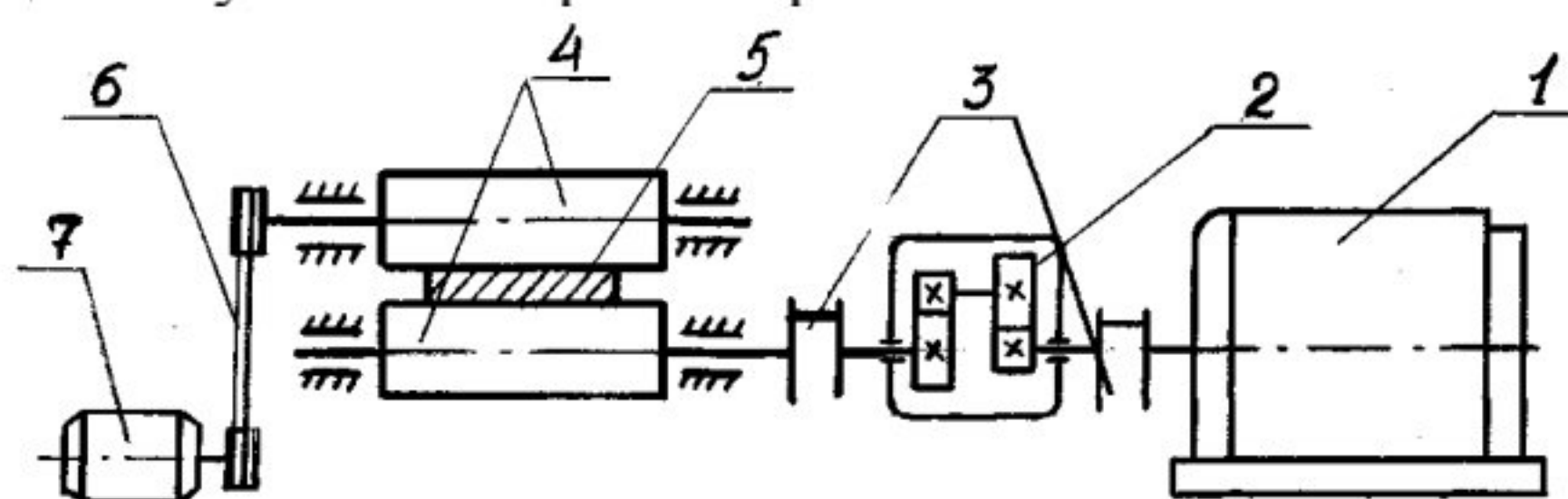
Тәжірибе жүргізу кезінде белгілі бір қиындықтар туындады. Металды алдын ала орнатылған құрылғы арқылы іске қосқан кезде, берілген қысу мәндерінде орамдармен жолақ түсірілмеді. Мысалы, $\Delta h=1$ мм қысу кезінде валоктардың арасындағы жолақты қысу тапсырмасы кезінде қосымша күш қолдану керек болды немесе қысу мөлшерін азайту керек болды, ал $\Delta h=2$ мм қысу кезінде ұстау мүлдем болмады. Кейбір жағдайларда ұсталғаннан кейін жолақ орамдардың арасына жабысып қалды.

2.5 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{об}$, кН	I_a' , мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,05	9,03	1,02	4,3	4,1	8,4	23,2	2,32	0,1
2	10,06	9,03	1,03	4,6	4,0	8,6	23,0	2,30	
3	10,05	9,03	1,02	4,7	4,0	8,7	23,1	2,31	
4	10,08	9,04	1,04	4,2	4,1	8,3	22,3	2,23	
5	10,07	9,02	1,05	4,4	4,3	8,7	23,3	2,33	
6	10,05	9,03	1,02	4,7	4,1	8,8	22,5	2,25	
7	10,05	9,02	1,03	4,6	3,6	8,2	23,4	2,34	
8	10,08	9,04	1,04	4,3	4,3	8,6	23,2	2,32	
9	10,06	9,03	1,03	4,7	3,7	8,4	23,2	2,32	
10	10,07	9,02	1,05	4,5	3,8	8,3	22,8	2,28	

2.3.3 Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа үдеткіш қозғалтқышы бар орналасу компоновкасы. Тәжірибелер көрсеткендей, жоғарғы бос роликті қолдану металды валоктармен ұстауды қиындатады, ал үлкен қысу кезінде бұл мүмкін емес. Ұстауды жақсарту үшін жоғарғы және төменгі валоктардың жылдамдығын үйлестіру үшін төмен қуатты қосалқы қозғалтқыш қолданылды. Көмекші қозғалтқыш ретінде тұрақты ток қозғалтқышы қолданылды. Екі орамның айналу жылдамдығы электронды тахометрмен басқарылды. Зертханалық модельдің кинематикалық

схемасы 2.5 суретте көрсетілген. 2.6 және 2.7 кестелерде энергокүштік параметрлерінің өлшеу нәтижелері келтірілген.



1-электр қозғалтқышы; 2-редуктор; 3-қосқыш муфталар; 4 – жұмыс валоктары; 5- илемделетін жолақ; 6 - белдікті беріліс; 7-қосалқы электр қозғалтқышы

2.5 Сурет – Кинематикалық жетек схемасы

2.6 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгі лер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 ,мм	Δh ,мм	P_1 ,кН	P_2 ,кН	$P_{об}$,кН	I_a' ,мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,08	9,04	1,04	4,3	4,4	8,7	24,5	2,45	0,1
2	10,08	9,05	1,03	4,5	4,3	8,8	24,4	2,44	
3	10,07	9,03	1,04	4,4	4,3	8,7	24,2	2,42	
4	10,07	9,04	1,03	4,6	4,3	8,9	24,3	2,43	
5	10,06	9,04	1,02	4,5	4,1	8,6	23,9	2,39	
6	10,05	9,03	1,02	4,7	3,9	8,6	23,8	2,38	
7	10,06	9,03	1,03	4,6	4,2	8,8	24,1	2,41	
8	10,07	9,04	1,03	4,5	4,2	8,7	24,6	2,46	
9	10,08	9,04	1,04	4,4	4,1	8,5	24,2	2,42	
10	10,06	9,03	1,03	4,5	4,2	8,7	24,5	2,45	

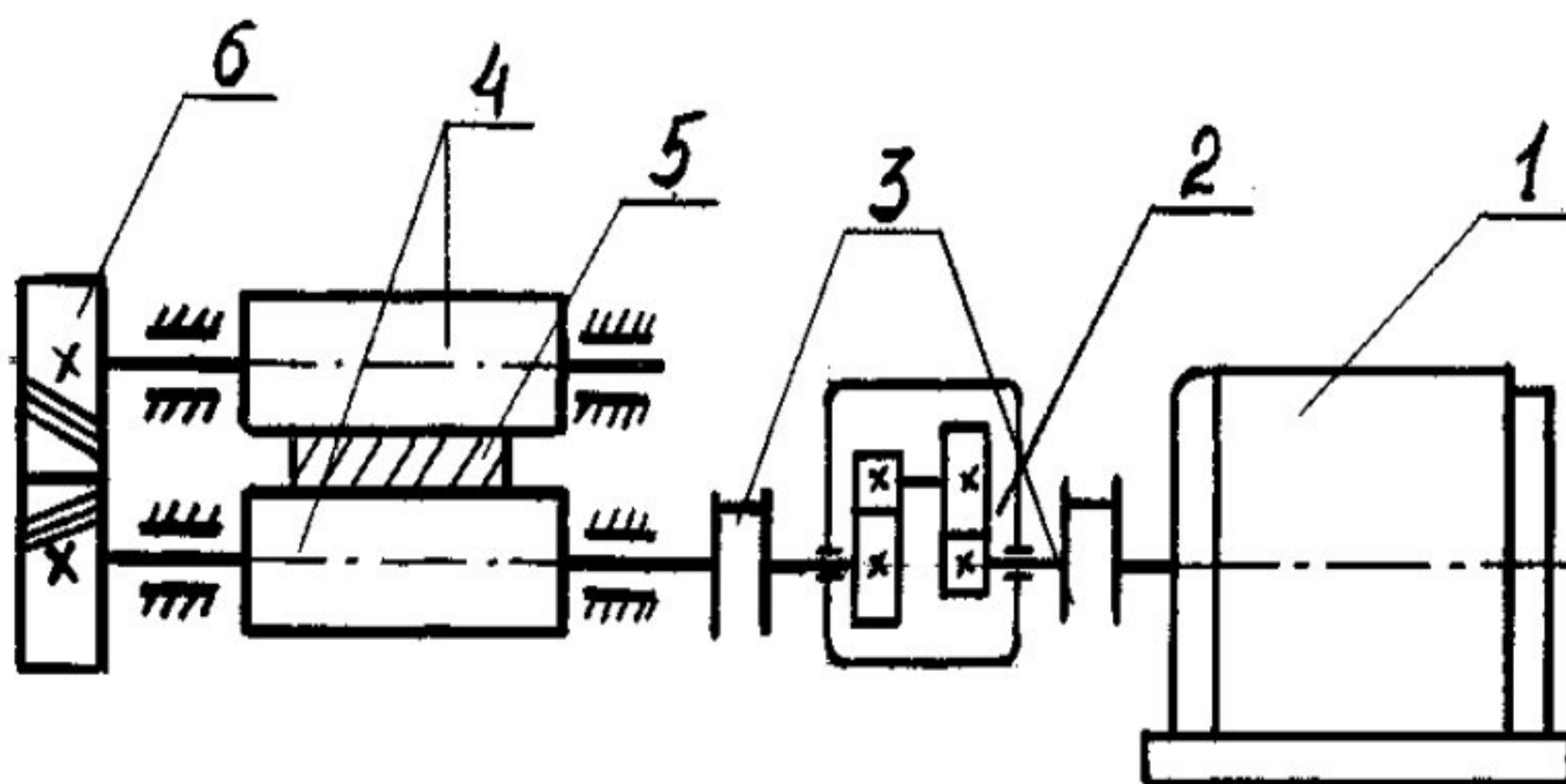
2.7 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгі лер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 ,мм	Δh ,мм	P_1 ,кН	P_2 ,кН	$P_{об}$,кН	I_a' ,мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,06	8,05	2,01	6,1	6,2	12,0	34,8	3,48	0,1
2	10,05	8,03	2,02	6,2	6,3	11,9	34,6	3,46	
3	10,07	8,06	2,01	6,1	6,4	12,3	34,9	3,49	
4	10,07	8,04	2,03	6,5	6,2	12,7	34,2	3,42	
5	10,04	8,03	2,01	6,3	6,3	12,3	34,7	3,47	
6	10,06	8,04	2,02	6,4	6,0	12,7	34,3	3,43	
7	10,04	8,04	2,0	6,3	6,2	12,5	34,8	3,48	
8	10,05	8,04	2,01	6,2	6,2	12,6	34,5	3,45	
9	10,08	8,05	2,03	6,4	5,7	12,7	34,4	3,47	
10	10,07	8,05	2,02	6,7	5,9	12,9	34,5	3,45	

Көмекші қозғалтқышты қолдану жолақты валоктармен ұстау жағдайларын біршама жақсартты, бірақ $\Delta h=2$ мм қысу кезінде сенімді ұстау әрдайым бола бермеді.

2.3.4 Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа төменгі валок арқылы тісті беріліспен орналасу компоновкасы. Үдеткіш қозғалтқышы бар тізбекті зерттеу тәжірибелері қосымша электр қозғалтқышының болуы және осы электр қозғалтқышын басқару үшін жеткілікті күрделі тізбектің қажеттілігі осы типтегі илемдеу орнақтарын пайдалануда қиындықтар туғызатынын және үлкен қысу кезінде илемдеу мәселелерін шешпейтінін көрсетті.

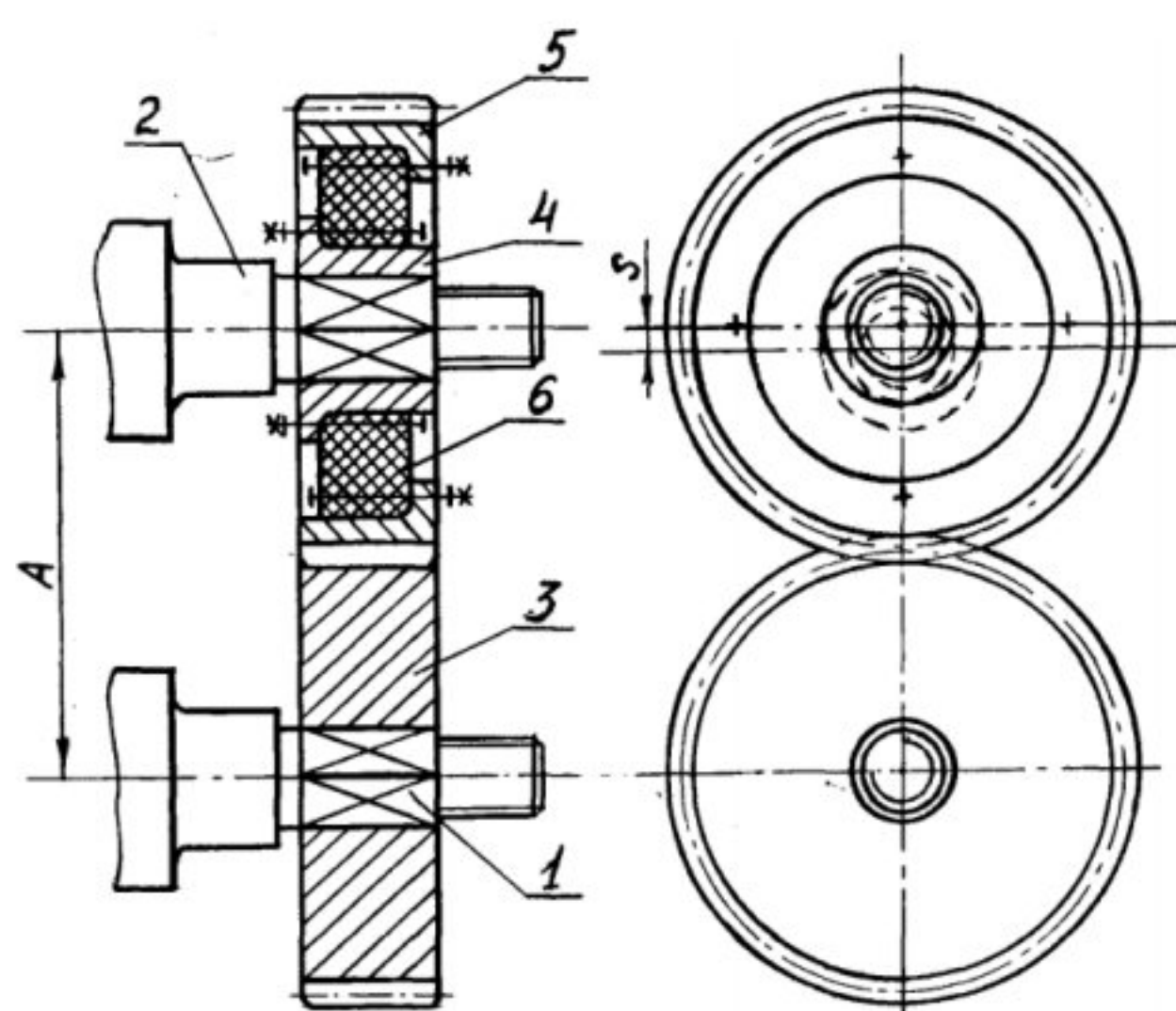
Бұрын зерттелген жетектердің орналасу нұсқаларының артықшылықтары мен кемшіліктерін ескере отырып, біліктер арасындағы қашықтықты өзгертуге мүмкіндік беретін тісті жұп арқылы жоғарғы жұмыс орамы айналатын прокат торларының жетегінің орналасуы жасалды [10-11]. Зертханалық модельдің кинематикалық схемасы 2.6 суретте көрсетілген. 2.8 және 2.9 кестелерде энергोकүштік параметрлерінің өлшеу нәтижелері келтірілген.



1-электр қозғалтқышы; 2-редуктор; 3-қосқыш муфталар; 4 - жұмыс валоктары; 5- илемделуші жолақ; 6- серпімді тісті беріліс

2.6 Сурет – Кинематикалық жетек схемасы

Бұл схема бойынша жоғарғы валоктың айналуы келесідей жүзеге асырылады (2.7-сурет): жетек валогін айналдыру кезінде 1 жетек валогімен 6 серіппелі тісті дөңгелегі бар беріліс қорабының арқасында байланысқан 3 жетекші тісті доңғалақ айналу моментін 2 жетексіз роликке береді. Білік осьтері арасындағы ара қашықтығы азайған немесе ұлғайған кезде, 5 тісті доңғалақ пен 4 тісті доңғалақ хабы арасындағы серпімді элемент 6 қысылады, яғни тісті доңғалақ осі 2 білік осінен S қашықтыққа ығысады. Осының арқасында 3 және 5 доңғалақ тістері арасындағы байланыс сақталады.



1 - жетек ролигі; 2 – жетексіз ролик; 3 – жетекші тісті доңғалақ; 4 – хаб; 5 – беріліс тәжі; 6 – серпімді элемент

2.7 Сурет – Жоғарғы роликтің айналу түйінінің схемасы

Валоктар арасындағы өзгермелі арақашықтық кезінде серпімді элемент, бір жағынан, минималды арақашықтықпен тісті берілістегі апаттық шамадан тыс жүктемелерді болдырмауы керек, екінші жағынан, валоктардың максималды арақашықтығымен тістер арасындағы жанасуды, айналу моментін беруді қамтамасыз етеді.

Дискінің бұл орналасуы жеткілікті жақсы нәтижелерге қол жеткізді және, ең алдымен, барлық қысу режимдерінде жолақты тұрақты ұстауды қамтамасыз етті. Бұл жағдайда, егер жолақтың алдыңғы иілуін қоспағанда, илемдеу процесі тұтастай нашарлаған жоқ.

2.8 Кесте – $n=50$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгі лер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 ,мм	Δh ,мм	P_1 ,кН	P_2 ,кН	$P_{об}$,кН	I_a' ,мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,05	9,03	1,02	4,4	4,0	8,4	23,1	2,31	0,1
2	10,06	9,03	1,03	4,4	4,2	8,6	22,9	2,29	
3	10,05	9,03	1,02	4,5	4,2	8,7	23,5	2,35	
4	10,08	9,04	1,04	4,2	4,1	8,1	23,3	2,33	
5	10,07	9,02	1,05	4,6	4,1	8,5	23,6	2,36	
6	10,05	9,03	1,02	4,1	4,7	8,8	23,5	2,35	
7	10,05	9,02	1,03	4,3	4,6	8,9	23,4	2,34	
8	10,08	9,04	1,04	4,3	4,5	8,8	23,3	2,33	
9	10,06	9,03	1,03	4,2	4,2	8,4	23,2	2,32	
10	10,07	9,02	1,05	4,2	4,1	8,3	23,0	2,30	

2.9 Кесте – $n=30$ айн/мин кезінде илемдеудің энергокүштік параметрлері

Үлгілер	Тәжірибедегі деректер								Масшт. коэфф.
	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{об}$, кН	I_a' , мм	I_a , А	K_M , А/мм
1	10,06	8,04	2,04	6,9	5,9	12,8	34,8	3,48	0,1
2	10,05	8,06	1,99	5,9	6,1	12,0	34,2	3,42	
3	10,06	8,04	2,0	6,2	5,7	11,9	33,6	3,36	
4	10,06	8,05	2,01	6,5	5,8	12,3	34,1	3,41	
5	10,08	8,04	2,04	6,8	6,1	12,9	34,9	3,49	
6	10,08	8,05	2,03	6,4	6,2	12,6	34,6	3,46	
7	10,07	8,06	2,01	6,3	6,0	12,3	34,3	3,43	
8	10,05	8,05	2,0	6,5	5,5	12,0	34,2	3,42	
9	10,05	8,03	2,02	6,6	5,8	12,3	34,1	3,41	
10	10,07	8,04	2,03	6,7	6,0	12,7	34,7	3,47	

2.3.5 Эксперимент нәтижелерін салыстырмалы талдау. Деректерді түпкілікті өңдеуден кейін энергокүштік параметрлері мен илемделген үлгілердің сапасына салыстырмалы талдау жүргізілді. 2.10 және 2.11 кестелерде тиісті илемдеу режимдеріндегі энергокүштік параметрлерінің салыстырмалы деректері келтірілген [9].

2.10 Кесте – $n=30$ айн/мин кезіндегі орташа мәндер бойынша энергокүштік параметрлерінің салыстырмалы деректері

№	Компановка нұсқалары	Энергокүштік параметрлері				
		Қысу	Оң жақ месдоз адағы күш	Сол жақ месдоз адағы күш	Жалпы илемдеу күші	Жұмыс тогы
		Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{ж}$, кН	$I_{жұм}$, А
1	Дәстүрлі компановка (негізгі нұсқа)	2,02	4,9	7,4	12,3	5,05
2	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа шпиндель арқылы беріліс компановкасы	2,02	6,4	6,0	12,4	3,60 (-28,7%)*
3	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және бос күйдегі жоғарғы валоктың орналасу компановкасы	Металл валоктар арасында қысу болған жоқ				
4	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа үдеткіш қозғалтқышы бар орналасу компановкасы	2,02	6,3	6,1	12,4	3,46 (-31,4%)*

5	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа төменгі валок арқылы тісті беріліспен орналасу компоновкасы	2,02	6,4	5,9	12,3	3,43 (-32%)*
---	---	------	-----	-----	------	-----------------

* - ток тұтынуды негізгі нұсқамен салыстырғанда үнемдеу (дәстүрлі нұсқа) %.

2.11 Кесте – n=50 айн/мин кезіндегі орташа мәндер бойынша энергокүштік параметрлерінің салыстырмалы деректері

№	Компоновка нұсқалары	Энергокүштік параметрлері				
		Қысу	Оң жақ месдоз адағы күш	Сол жақ месдоз адағы күш	Жалпы илемдеу күші	Жұмыс тогы
		Δh , мм	P_1 , кН	P_2 , кН	$P_{ж}$, кН	$I_{жұм}$, А
1	Дәстүрлі компоновка (негізгі нұсқа)	1,03	4,2	4,4	8,6	2,97
2	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа шпиндель арқылы беріліс компоновкасы	1,03	4,2	4,4	8,6	2,43 (-18,2%)*
3	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және бос күйдегі жоғарғы валоктың орналасу компоновкасы	1,01	4,5	4,0	8,5	2,30 (-22,5%)*
4	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа үдеткіш қозғалтқышы бар орналасу компоновкасы	1,02	4,2	4,6	8,8	2,29 (-22,8%)*
5	Төменгі валокқа тікелей жетекпен және жоғарғы валокқа төменгі валок арқылы тісті беріліспен орналасу компоновкасы	1,03	4,3	4,2	8,5	2,33 (-21,5%)*

3 Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделі

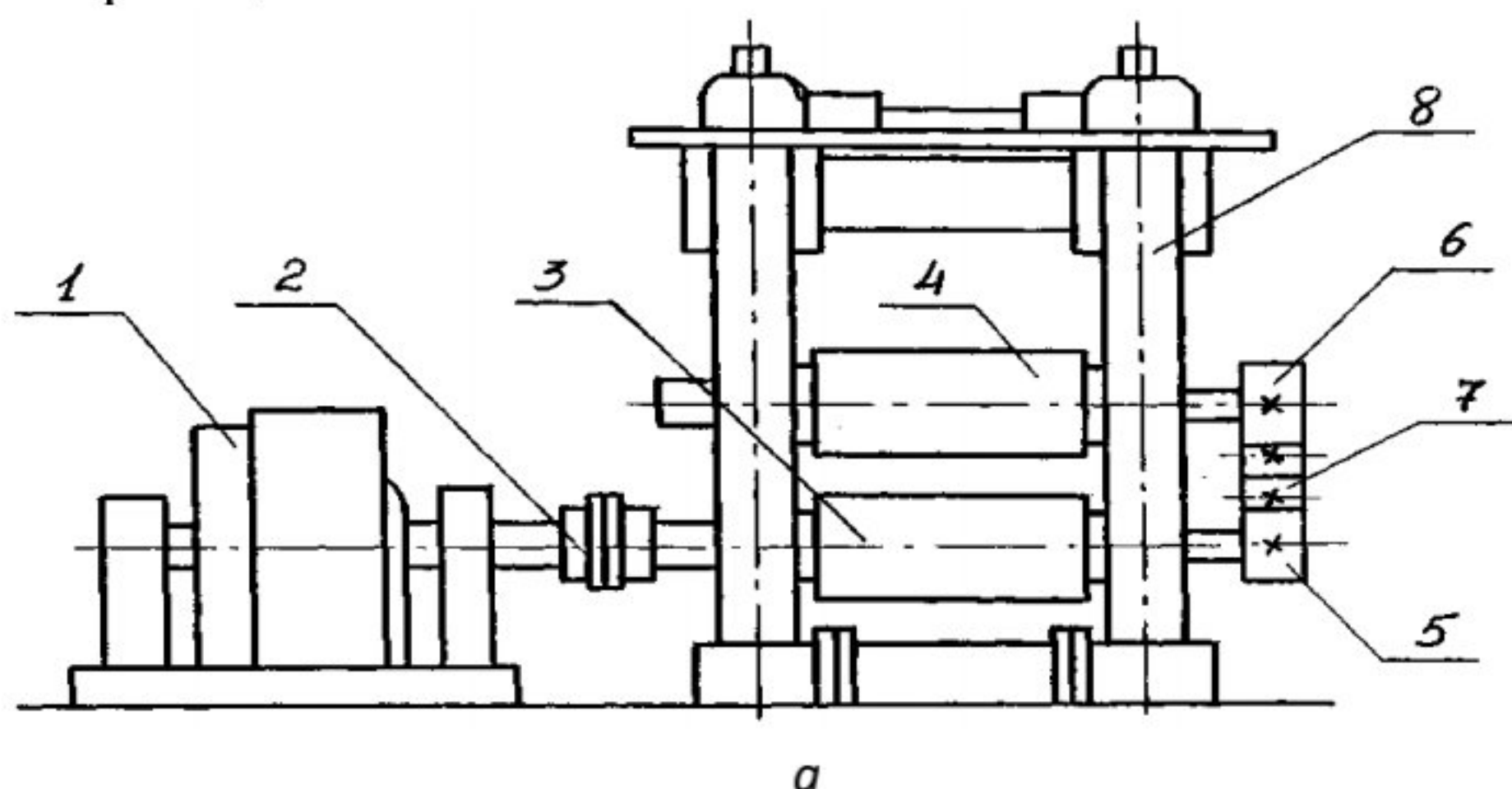
3.1 Көлденең жазықтықта қозғалатын аралық шестернялар арқылы айналу моментін беру әдісі

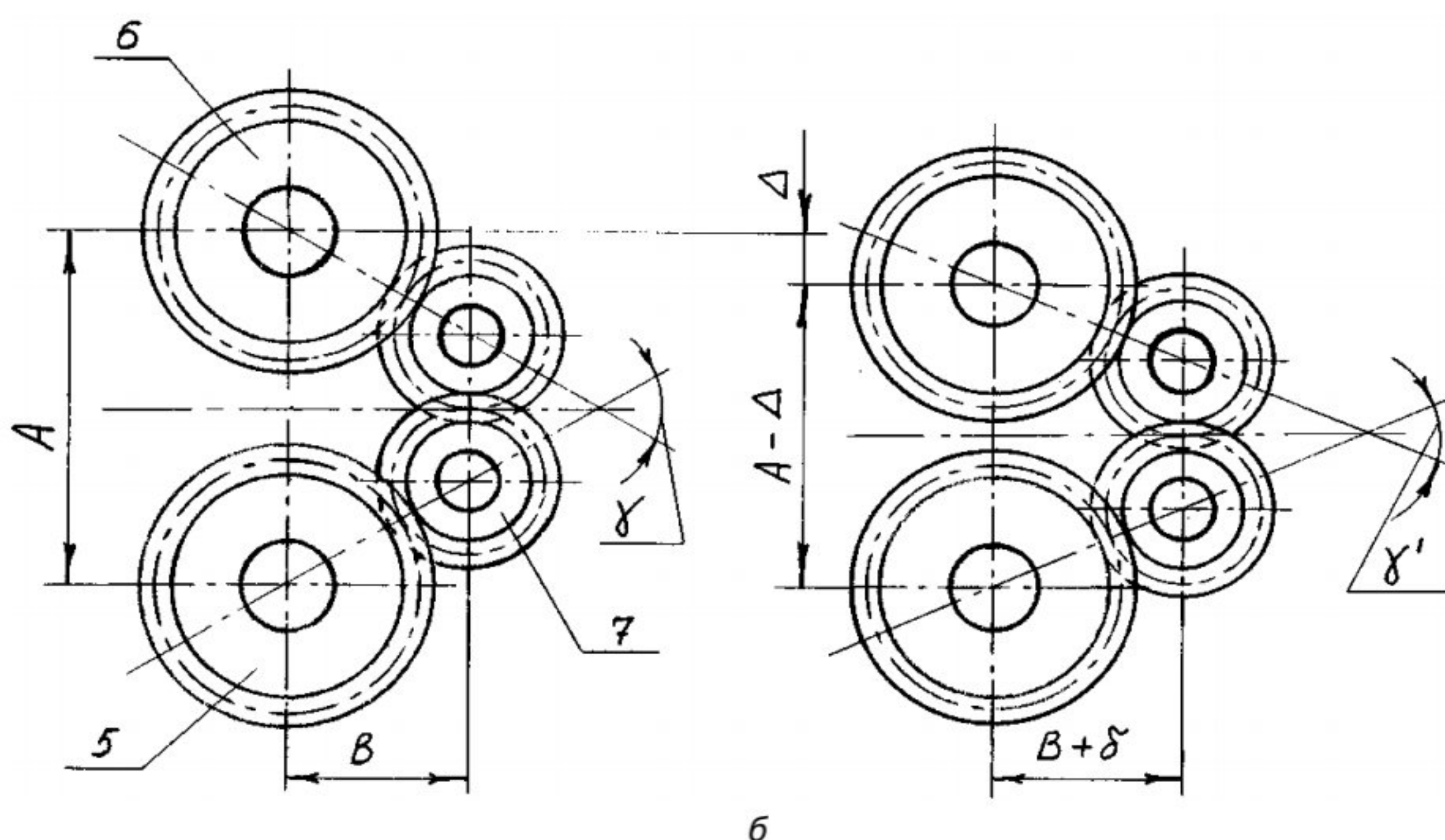
Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, шпиндельсіз жетектерді қолданған кезде сенімділік артады, илемдеуге жұмсалатын энергия шығыны азаяды және жөнделетін бөліктер санын азайту арқылы илемдеу орнағының сенімділігі артады: шестернялы клеттер, шпиндельдер және т. б. зерттеулер көрсеткендей, қарастырылған орналасу нұсқаларының ішінен өндіріс үшін ең қолайлы болып төменгі валокқа тікелей жетегі бар орналасу нұсқасы табылады және жоғарғы жағына тісті беріліс арқылы беріліс беру.

Серіппелі беріліс жетегінің конструкциясында кейбір кемшіліктер бар, мысалы, серпімді элементтерді жасаудың қиындығы, валоктардың максималды немесе минималды арақашықтығымен тістер арасындағы әлсіз немесе өте қатты байланыс болуына байланысты. Сонымен қатар, валоктардың арақашықтығын реттеу диапазоны серпімді элементтің конструкция ерекшеліктерімен шектеледі.

Бұл кемшіліктерді жою үшін валоктар арасындағы қашақтық өзгерген кезде айналу жылдамдығы мен айналу моменттерінің теңдігін қамтамасыз ететін жоғарғы валокқа айнаруды берудің тағы бір нұсқасы ұсынылады [12]. Бұл конструкцияның артықшылығы – орамдардың максималды және минималды қашықтығымен тістер арасындағы тұрақты байланыс, валоктардың қашықтығын реттеудің кең ауқымы, конструкцияның қарапайымдылығы.

3.1 а,б суретте ұсынылған илемдеу орнағының жалпы көрінісі мен беріліс торабының схемалары бейнеленген: прокат диірмені негізгі электр қозғалтқышы 1, қосқыш муфта 2, жетекші валок 3 және жетектелетін валок 4, жетекші шестерня 5, жетектелетін шестерня 6 және екі аралық шестернялы берілістерден тұрады 7. Мойынтіректері мен жастықтары бар валоктар 8 станинаға орнатылады. Диірмен орамдарының саны бойынша дуо, кварто, көп ролик болуы мүмкін.





а - илектеу торының жалпы түрі; б-айналу моментін беру торабы

3.1 Сурет – Жұмыс клетінің шпиндельсіз нұсқасы

Аралық тісті шестерняларды жетекші және жетектелетін тісті беріліс торабына енгізудің әртүрлі нұсқалары бар. Солардың ішінде ұсынылып отырған конструкция ретінде гидравликалық тірек кассетасы арқылы илем бетінің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді (қалыңдығы аз және тегіс планшет беті), жолақты валоктармен жақсы ұстау жағдайларын қамтамасыз етеді, илемдеудің энергोकүштік параметрлерін және илемдеу орнағының бөлшектері мен тораптарын күтіп ұстау және жөндеу шығындарын азайтады.

3.2 Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделін жасау

Илемдеу орнағының жұмыс клетіндегі валоктарға ашық тісті берілістердің есептеу жұмыстары бірнеше этаптан тұрады. Ең алдымен бізде зертханалық бөлімде тәжірибе жұмыстары жасалған илемдеу орнағындағы екі валоктың ось аралық арақашықтығы белгілі $a_{wb}=262\text{мм}$. Біздің жағдайда жетекші шестерня жетектелетін шестернямен аралық паразитті шестернялар арқылы беріліс беріледі. Сондықтан ось аралық арақашықтығы МЕМСТ 2185-66 бойынша $a_{w1}=125\text{мм}$ таңдаймыз. Бізде ось аралық арақашықтығы белгілі болғандықтан ілінісу модулін 3.1 формуласымен анықтаймыз:

$$m = (0,01 \div 0,02)a_{w1} \quad (3.1)$$

мұндағы a_{w1} – осьаралық арақашықтық, мм.

Модульді анықтап алғаннан кейін шестерниялардың жалпы тістерінің санын 3.2 формуламен анықтаймыз:

$$z_{\Sigma} = \frac{2a_{w1}}{m} \quad (3.2)$$

Жалпы тістер санын анықтап болғаннан соң әр шестернияның жеке тістер санын 3.3 және 3.4 формулаларымен анықтаймыз, беріліс қатынасын $u=1,5$ деп таңдап аламыз:

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{(u+1)} \quad (3.3)$$

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 \quad (3.4)$$

мұндағы u – беріліс қатынасы,

Негізгі тісті жұптардың өлшемдерін анықтаймыз. Ең алдымен жетекші шестернияның бөлгіш диаметрін 3.5 формуламен анықтаймыз:

$$d_1 = mz_1 \quad (3.5)$$

Жетекші шестернияның сыртқы диаметрін 3.6 формуламен анықтаймыз:

$$d_{a1} = d_1 + 2m \quad (3.6)$$

Жетекші шестернияның ішкі диаметрін 3.7 формуламен анықтаймыз:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m \quad (3.7)$$

Жетектелетін шестернияның енін 3.8 формуламен анықтаймыз:

$$b_2 = \psi_{ba} a_{w1} \quad (3.8)$$

мұндағы ψ_{ba} – шестернияның енінің коэффициенті, $\psi_{ba} = 0,4$

Жетекші шестернияның енін жетектелетін шестернияның енімен анықтаймыз:

$$b_1 = b_2 \quad (3.9)$$

Жетектелетін шестернияның бөлгіш диаметрін 3.10 формуламен анықтаймыз:

$$d_2 = mz_2 \quad (3.10)$$

Жетектелетін шестернияның сыртқы диаметрін 3.11 формуламен анықтаймыз:

$$d_{a2} = d_2 + 2m \quad (3.11)$$

Жетекші шестернияның ішкі диаметрін 3.12 формуламен анықтаймыз:

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m \quad (3.12)$$

Айналмалы жылдамдықты дәлдіктің 8 дәрежесін қабылдаймыз. Жүктеме коэффициентін 3.13 формуламен анықтаймыз:

$$K_H = K_{Ha}K_{H\beta}K_{Hv} \quad (3.13)$$

мұндағы K_{Ha} – тістер арасындағы жүктеменің біркелкі бөлінбеуін ескеретін коэффициент, $K_{Ha} = 1,07$

$K_{H\beta}$ – тәждің ені бойынша жүктеменің біркелкі бөлінбеуін ескеретін коэффициенті, $K_{H\beta} = 1,06$

K_{Hv} – динамикалық коэффициент, $K_{Hv} = 1$

Екі аралық паразитті шестерниялардың беріліс қатынасы $u=1$ тен болады. Себебі төменгі валоктың жетекші шестерниясынан беріліп жатқан айналу моментін жоғарғы валоктың шестерниясына теңбе тең берілу қажет. Ендеше екі паразитті шестерниялардың барлық параметрлері бірдей болады және де ось аралық арақашықтығын 3.14 формуламен анықтаймыз:

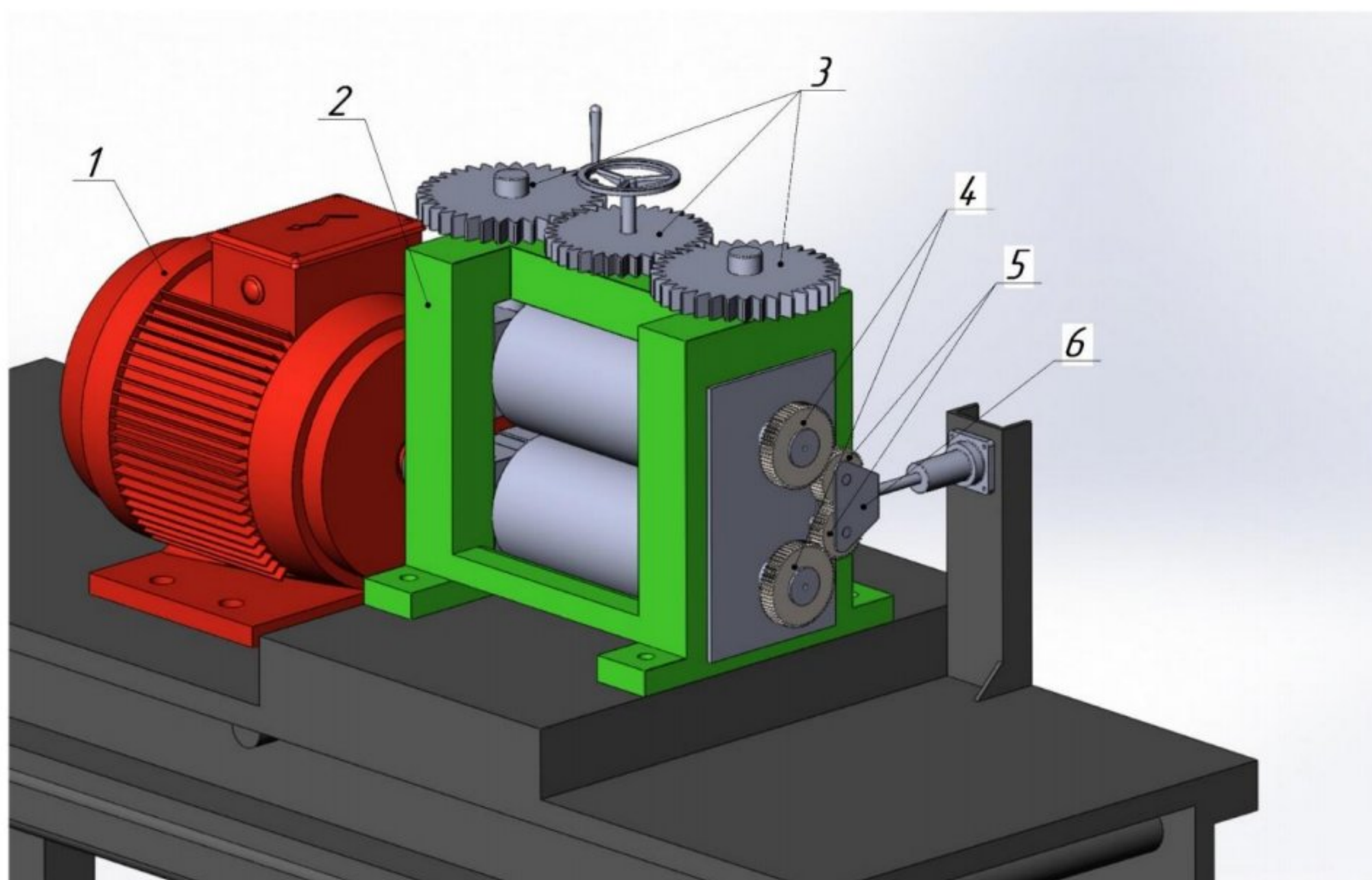
$$a_{w2} = 2d_2 \quad (3.14)$$

Шестерниялар МЕМСТ 4543 стандарты бойынша 20ХН3А маркалы болаттан жасалады. Тісті доңғалақтардың қаттылығы Бринель бойынша HB 280-320 аралығында болады. 3.1 кестеде тісті беріліс құрылымының есептік параметрлері көрсетілген [23].

3.1 Кесте – Тісті беріліс құрылымының есептік параметрлері

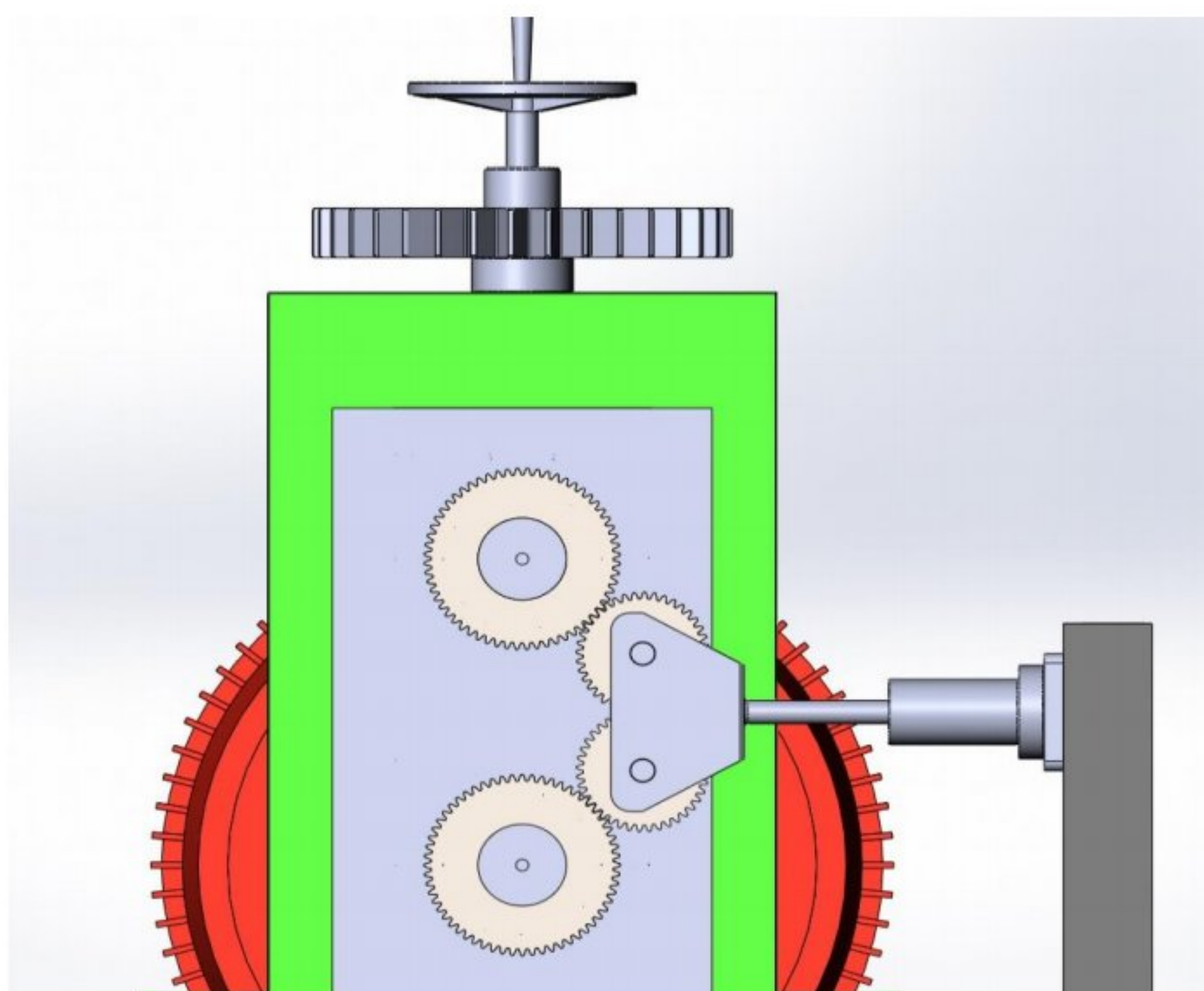
№	Есептік параметрлер	Сандық мәні
1	Төменгі валоктың шестерниясы мен паразитті шестернияның ось аралық арақашықтығы, a_{w1} , мм	125мм
2	Төменгі валоктың шестерниясы мен паразитті шестернияның ілінісу модулі, m	2,5
3	Төменгі валоктың шестерниясының тістер саны, Z_1	60
4	Паразитті шестернияның тістер саны, Z_2	40
5	Төменгі валоктың шестерниясы мен паразитті шестернияның беріліс қатынасы, u	1.5
6	Төменгі валоктың шестерниясының бөлгіш диаметрі, d_1 , мм	150
7	Төменгі валоктың шестерниясының сыртқы диаметрі, d_{a1} , мм	155
8	Төменгі валоктың шестерниясының ішкі диаметрі, d_{f1} , мм	144
9	Жетекші шестернияның ені, b_1 , мм	50
10	Паразитті шестернияның, b_2 , мм	50
11	Паразитті шестернияның бөлгіш диаметрі, d_2 , мм	100
12	Паразитті шестернияның сыртқы диаметрі, d_{a2} , мм	105
13	Паразитті шестернияның ішкі диаметрі, d_{f2} , мм	94
14	Жүктеме коэффициенті, K_H	1,14
15	Айналмалы жылдамдықты дәлдік дәрежесі	8
16	Екі аралық паразитті шестернияның ось аралық арақашықтығы, a_{w2} , мм	100
17	Тіс формасы	түзу

Барлық тісті беріліс құрылымының есептік параметрлерін анықтап алынды. Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделін жасау SolidWorks компьютерлік модельдеу программасында 3D моделін құрастырылды. SolidWorks – бұл 3D форматындағы компьютерлік модельдеу және жобалау бағдарламалық жасақтамасының өнімі. Оны инженерлер мен конструкторлар әртүрлі бұйымдар мен компоненттерді жасау үшін кеңінен қолданады. Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің 3D моделі 3.2 суретте көрсетілген. Тісті берілістердің аралық паразитті шестерниялармен орналасу көрінісі 3.3 суретте көрсетілген.



1 – электроқозғалтқыш; 2 – жұмыс клеті; 3 – қысым механизмі; 4 – төменгі және жоғарғы валоктардың шестерниалары; 5 – аралық паразитті шестерниалар; 6 – гидравликалық тірек кассетасы

3.2 Сурет – Жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің 3D моделі



3.3 Сурет – Тісті берілістердің аралық паразитті шестерниалармен орналасу көрінісі

4 Жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлеріне әсерін Deform 3D сандық есептеу жүйесінде зерттеу

4.1 Deform 3D процесстерді модельдеу жүйесі

Deform 3D – үш өлшемді (3D) талдауға арналған модулі, металлдың әртүрлі қасиетіне, қысыммен өндеудің әртүрлі процестерін моделдеу программасы. Күрделі үш өлшемді пішіні бар бөлшектерді талдау үшін қолданылады.

Deform жүйесі өнеркәсіпте үлкен қолданыс тапты, оның металдарды қысыммен өңдейтін және термиялық өңдеу АҚШ компанияларының 90% - дан астамы пайдаланады. Оның мүмкіндіктері мен кең қолданылуына байланысты өнеркәсіп жүйесі АҚШ-тан тыс жерлерде де танымал болды. Пайдаланушылар DEFORM пайдаланушылары Еуропа, Жапония, Корея, Қытай, Үндістан және басқа да көптеген елдер жетекші металлургиялық және машина жасау компаниялары болып табылады [18].

Үш өлшемді өндірістегі жүйелі процестерді модельдеу үлкен жүйені қажет етеді ресурстар және ұзақ уақыт талап етеді. Көбінесе көп ауыспалы процестер 2D өндірісінде модельдеуге болатын операциялардан тұрады және тек үш өлшемді қойылымда модельдеуге болатын операциялардан тұрады. DEFORM-да есептеу нәтижелерін келесіден тасымалдауға мүмкіндік беретін арнайы утилита бар DEFORM-3D форматындағы DEFORM-2D форматқа және нәтижелерді жеке адамдар үшін де тасымалдауға болады DEFORM-2D – де талдауды жалғастыру үшін DEFORM-3D – ден бөлімдерінен алмастыруға болады. Мұндай процестерді модельдеу әдетте DEFORM-2D+3D кешенінде қолданылады.

DEFORM – деформация процестері мен металлургиялық операцияларды компьютерлік модельдеуге және талдауға арналған бағдарламалық құрал. Ол өнеркәсіпте соғу, илемдеу, экструзия, штамптау және т.б. сияқты әртүрлі процестерге еліктеу үшін кеңінен қолданылады [19].

DEFORM бағдарламасын қолдануға қатысты негізгі мүмкіндіктер мен қадамдар:

Геометрия жасау: өлшегіңіз келетін бөліктің немесе дайындаманың геометриясын импорттауға немесе жасауға болады. DEFORM геометрияны импорттау үшін әртүрлі файл пішімдерін қолдайды.

Материалдың қасиеттерінің мақсаты: термофизикалық қасиеттер, механикалық сипаттамалар және деформация әрекеті сияқты материалдың қасиеттерін көрсете алады. Мұны кіріктірілген материалдар базасын пайдалану немесе сыртқы деректерді енгізу арқылы жасауға болады.

Шекаралық шарттарды анықтау: модельге температура, қысым, жылдамдық және т.б. сияқты шекаралық шарттарды орнатуға болады.

Модельдеу параметрлерінің міндеті: деформация процесінің түрі, модельдеу уақыты, уақыт кезеңдері, есептеу әдістері және т.б. сияқты модельдеу параметрлерін анықтай алады.

Модельдеуді орындау: нәтиже алу үшін DEFORM-да модельдеуді іске қосуға болады. DEFORM деформацияны анықтау және деформация процесінде материалдың әрекетін болжау үшін сандық әдістер қолданылады.

Нәтижелерді талдау: деформация, кернеу, температура, жылдамдық және басқа параметрлер сияқты модельдеу нәтижелерін талдауға болады. DEFORM нәтижелерді шығаруға, графиктерді құруға, сондай-ақ эксперименттік деректерді салыстыруға арналған құралдарды ұсынады.

Процесті оңтайландыру және жақсарту: процесті жылдам өзгерту үшін нәтижелерді пайдалану, өнімнің сапасын жақсарту немесе жаңа операцияларды әзірлей алады. DEFORM сезімталдықты, салыстыруды және басқа талдауларды жүргізуге мүмкіндік береді.

DEFORM деформация процестері мен металлургиялық операцияларды модельдеудің кең спектрін ұсынады, сонымен қатар көптеген қосымшаларға арналған кеңейтімдер мен құралдарға ие. DEFORM бағдарламасын пайдалану туралы егжей-тегжейлі нұсқаулық пен құжаттама сізге барлық мүмкіндіктерді нақты қажеттіліктер үшін пайдалануға көмектеседі [20].

DEFORM үш өлшемді модельдерді құруға, материалдық қасиеттерді, процесс параметрлерін анықтауға және әртүрлі талдауларды орындауға мүмкіндік береді. Төменде DEFORM бағдарламасының негізгі функциялары мен мүмкіндіктері көрсетілген:

Модельдерді құру: DEFORM деформацияға ұшырайтын бөлшектердің немесе компоненттердің үш өлшемді модельдерін жасауға мүмкіндік береді. Модельдерді басқа CAD жүйелерінен импорттай аласыз немесе оларды қосымшаларда жасай алу мүмкіндігі.

Материалдық қасиеттерді анықтау: жұмыс істейтін материалдың материалдық қасиеттерін, мысалы, серпімділік модулі, Пуассон коэффициенті, температураға тәуелділік және процесті талдау үшін қажет басқа параметрлерді орната алуға болады.

Процесс параметрлерін реттеу: DEFORM деформация процесінің әртүрлі параметрлерін, соның ішінде деформация жылдамдығын, температураны, дөңгелектеу радиустарын және нәтижелерге байланысты өзгеруі мүмкін басқа параметрлерді реттеуге мүмкіндік береді.

Модельдеу процесі: DEFORM көмегімен соғу, штамптау, экструзия, илемдеу және басқа операциялар сияқты әртүрлі деформация процестерін модельдеу мүмкіндігі бар. Бағдарлама процестегі позицияларды, деформацияларды, қозғалыстарды, температураны және басқа сипаттамаларды анықтауға арналған құралдарды ұсынады.

Нәтижелерді талдау: DEFORM модельдеу нәтижелерін, соның ішінде деформацияларды, кернеуді, температураны және басқа параметрлерді талдауға мүмкіндік береді. Деректерді визуализациялауға және талдауға, процестің әртүрлі нұсқаларына және оның көптеген параметрлеріне салыстырмалы талдау жасауға болады.

Процесті оңтайландыру: DEFORM сонымен қатар белгілі бір процестерге арналған құралдарды ұсынады, әртүрлі параметрлерді қолданады

және олардың нәтижелерге әсерін талдайды. Бұл компоненттерді жинау мен өндіруге кететін уақыт пен шығындарды азайтады.

DEFORM – материалдың деформациясы мен пішінін өзгерту процестерін модельдеуге және түрлендіруге арналған жүйе. Ол әртүрлі автомобиль, аэроғарыш, энергетика, медициналық және басқа да өнеркәсіптік секторларды кеңінен қамтиды.

4.2 Deform 3D сандық есептеу жүйесінде жетектің орналасу компоновкасының энергокүштік параметрлерін зерттеу

Прокат процесінің компьютерлік моделін құру. 1 өтуден тұратын илемдеу процесі модельденеді (өту – илемдеу бір бағытта). Бір өтудегі қысу – 8 мм (4.1 кесте). Жолақ қалыңдығы 50 мм-ден қалыңдығы 42 мм-ге дейін илемделеді.

4.1 Кесте – Илемдеу параметры

№	Илемдеу бағыты	Илемделетін дайындама, мм	Жалпы қысу мөлшері, мм
1	Тіке бағытта	50-42	8

Тапсырманы құрудың негізгі кезеңдері. Төменде тапсырманы құрудың негізгі кезеңдері:

1. Дайындама мен жабдықтың геометриясын жасау (симметрия жазықтықтарын ескере отырып);
2. Материалдың қасиеттерін анықтау;
3. Ақырлы элементтік тормен геометрияны жуықтау;
4. Байланыс жұптарын құру және үйкеліс коэффициентін орнату;
5. Кинематикалық жүктемелерді (орын ауыстыру, айналдыру) орнату;
6. Симметрия жазықтықтарындағы шекаралық шарттарды белгілеу;
7. Қозғалыс уақытын немесе қашықтығын анықтау, сондай-ақ кадамдар санын есептеу;
8. Мәліметтер базасын тексеру және құру. Есептеуге арналған тапсырманы іске қосу.

Дайындама мен жабдықтың геометриясын жасау. Дайындама мен жабдықтың үш өлшемді геометриялық моделі DEFORM 3D бағдарламада көрсетілген үш өлшемді геометриялық примитивтерді қолдану арқылы жүзеге асады. Дайындамалар мен жабдықтар алынған геометриялық модельдер нақты геометрияға сәйкес келеді. Илемдеу процесіне арналған дайындам тік төрт бұрышты материал болып табылады. Илемделетін дайындаманың материалы бағдарламалық жүйеде компьютерлік кітапханасынан алынды [21].

Материалдың қасиеттерін анықтау. Материалдың қасиеттері созылу сынақтарынан алынған күшейту қисығымен беріледі.

Ақырлы элементтік тормен геометрияны жуықтау. Үш өлшемді модельдеу кезінде DEFORM элементтің бір түрі ретінде – тетраэдр қолданылады. Тек деформацияланатын элементтің геометриясы ретінде – дайындама жуықталады (торлы жабдық жуықталмайды). Көлемді элементтердің саны геометриялық объектінің кішірек өлшемі кемінде 3-еу болуы керек деп ұсынылады. Жалпы барлық илемдеу циклдарындағы элементтер саны - 32000 элемент. Есептеу процесінде торды автоматты түрде қайта құру мүмкін.

Байланыс жұптарын құру және үйкеліс коэффициентін орнату. Геометриялық симметрияны ескере отырып, есепте бір байланыс жұбы жасалады: дайындама – илемдеу валогі. Үйкеліс коэффициенті – 0,12. Үйкеліс коэффициенті суықтай илемдеу байланысты берілген.

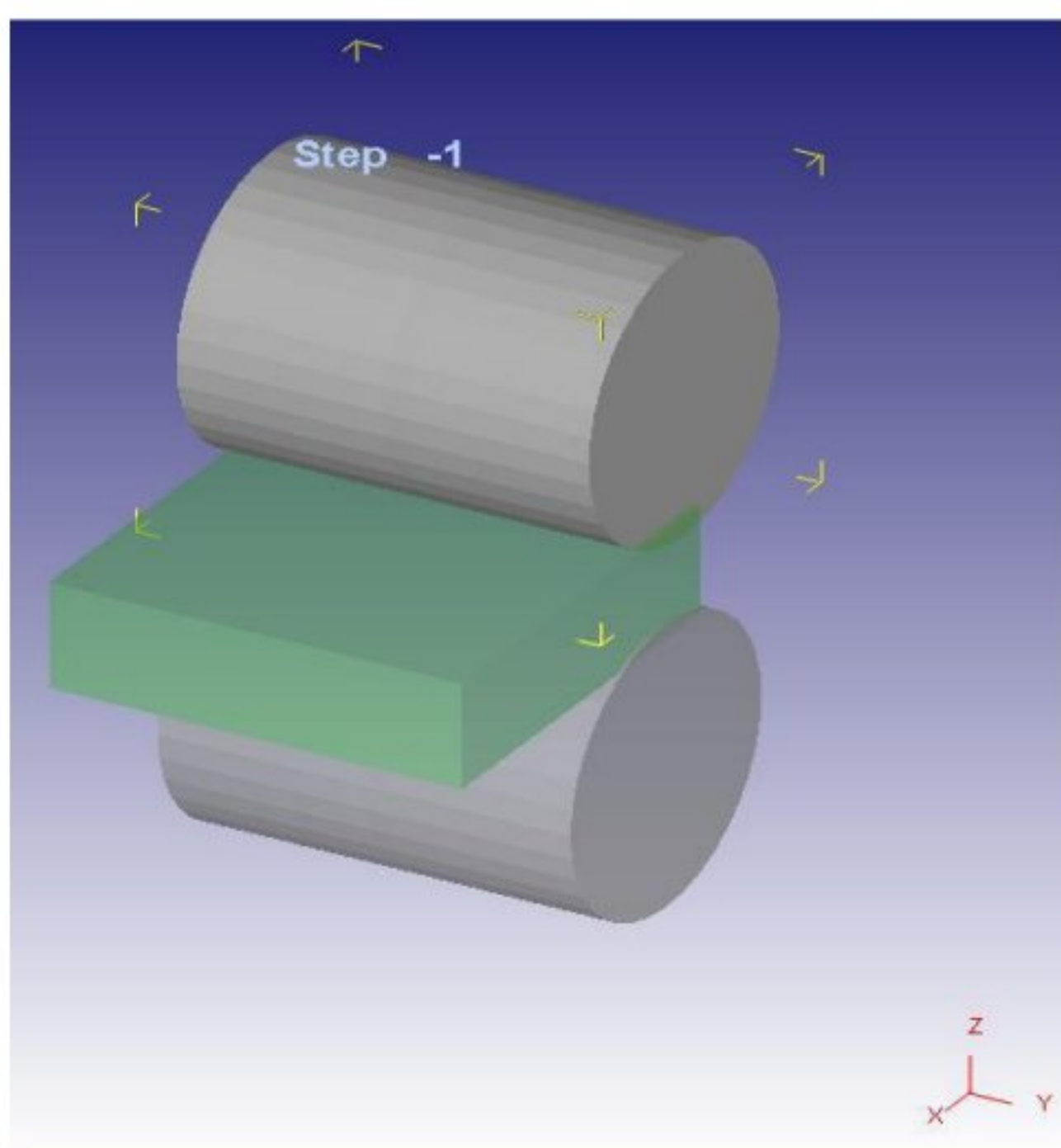
Кинематикалық жүктемелерді (орын ауыстыру, айналдыру) орнату. Процестің бастапқы сәтінде дайындама жоғарғы және төменгі илемдеу валогының арасында орналастырылады. Кинематикалық жүктемелердің екі түрі дәйекті түрде беріледі: жылжыту және айналдыру. Валоктарды жылжыту дайындаманың валоктарын ұстауды модельдеу үшін қолданылады. Дайындаманың алдыңғы шеті оралған кезінде қысу мөлшеріне прокат өткелдері өтеді. Бұған дейін дайындама алдын-ала 4 мм-ге ауысады шөгу кезінде оның сырғып кетуіне жол бермеу үшін илемдеу біліктерінің осьтері. Бір валоктың жылжуы - 2 мм. Валоктардың айналуы илемдеу бағыты бойынша беріледі. Айналу жылдамдығы – 3,2 рад/сек құрайды [22].

Қозғалыс уақытын немесе қашықтығын анықтау, сондай-ақ қадамдар санын есептеу. Валоктар есептеудің әр қадамын сақтай отырып, бір қадамда 10 мм/сек қозғалады. Валоктар 3,2 рад/сек жылдамдықпен – 0,1 уақыт бойынша қадамды сақтай отырып айналады.

Мәліметтер базасын тексеру және құру. Есептеуге арналған тапсырманы іске қосу. Барлық параметрлерді енгізгеннен соң, мәліметтер базасын толығымен тексеру керек. Құру жұмыстары аяталған соң модельдеу сатысына өтеді. Есептеу жұмыстары аяқталғанда келесідей мәліметтер алынды:

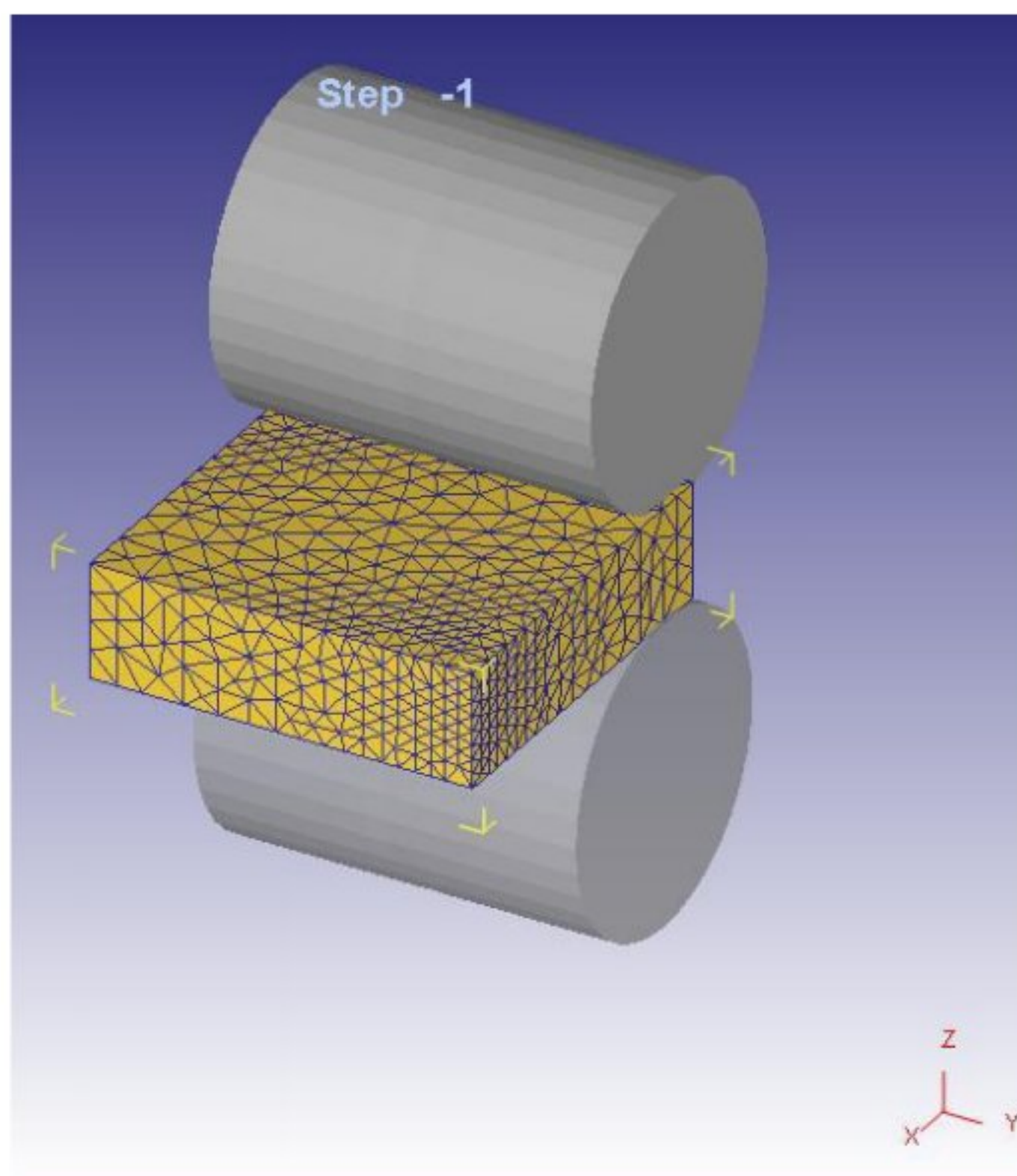
- илемдеудің өтулеріндегі кернеулер мен деформациялардың қарқындылығы өтудің соңғы қадамын дайындау аймақтарында көрінеді;
- қалыңдығына байланысты деформация, кернеу және деформация қарқындылығының өзгеру графигі;
- байланыс орнындағы тірек валогындағы күш реакциясы;
- металдың деформация кезіндегі ығысуының векторлық өрісінің мәні.

DEFORM 3D препроцессорында жасалған валоктра мен метал дайындаманың көріністері төменгі суреттерде көрсетілген.

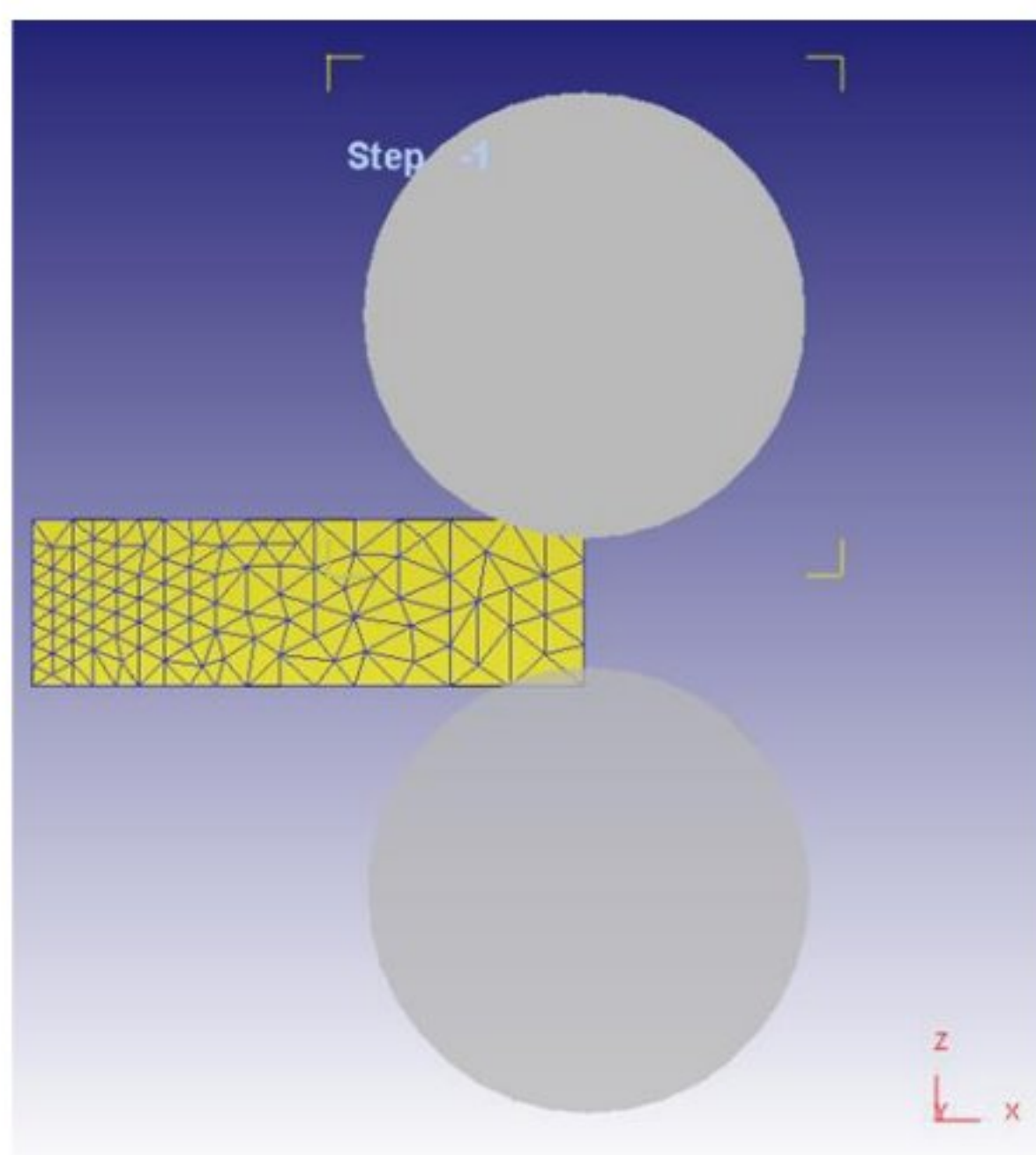


4.1 Сурет – Валоктар мен өңделген материалдың орналасуы

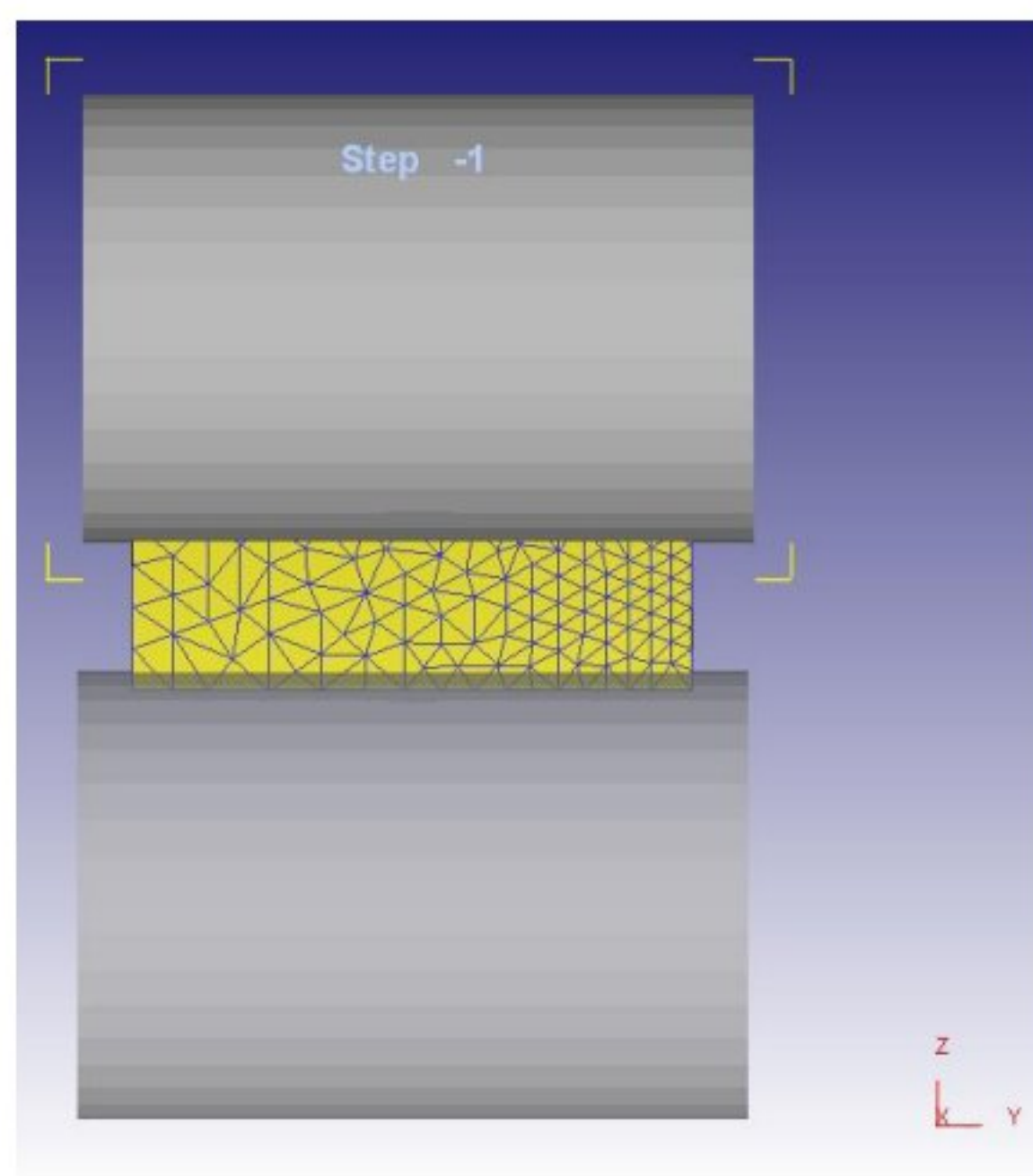
Дайындаманы соңғы элементтерге бөлу үшін торды 32 000 элементке бөлінді (4.2 сурет). Есептеу кезінде тордың автоматты генерация режимі қолданылды.



4.2 Сурет – Өңделетін дайындаманың элементтік моделі



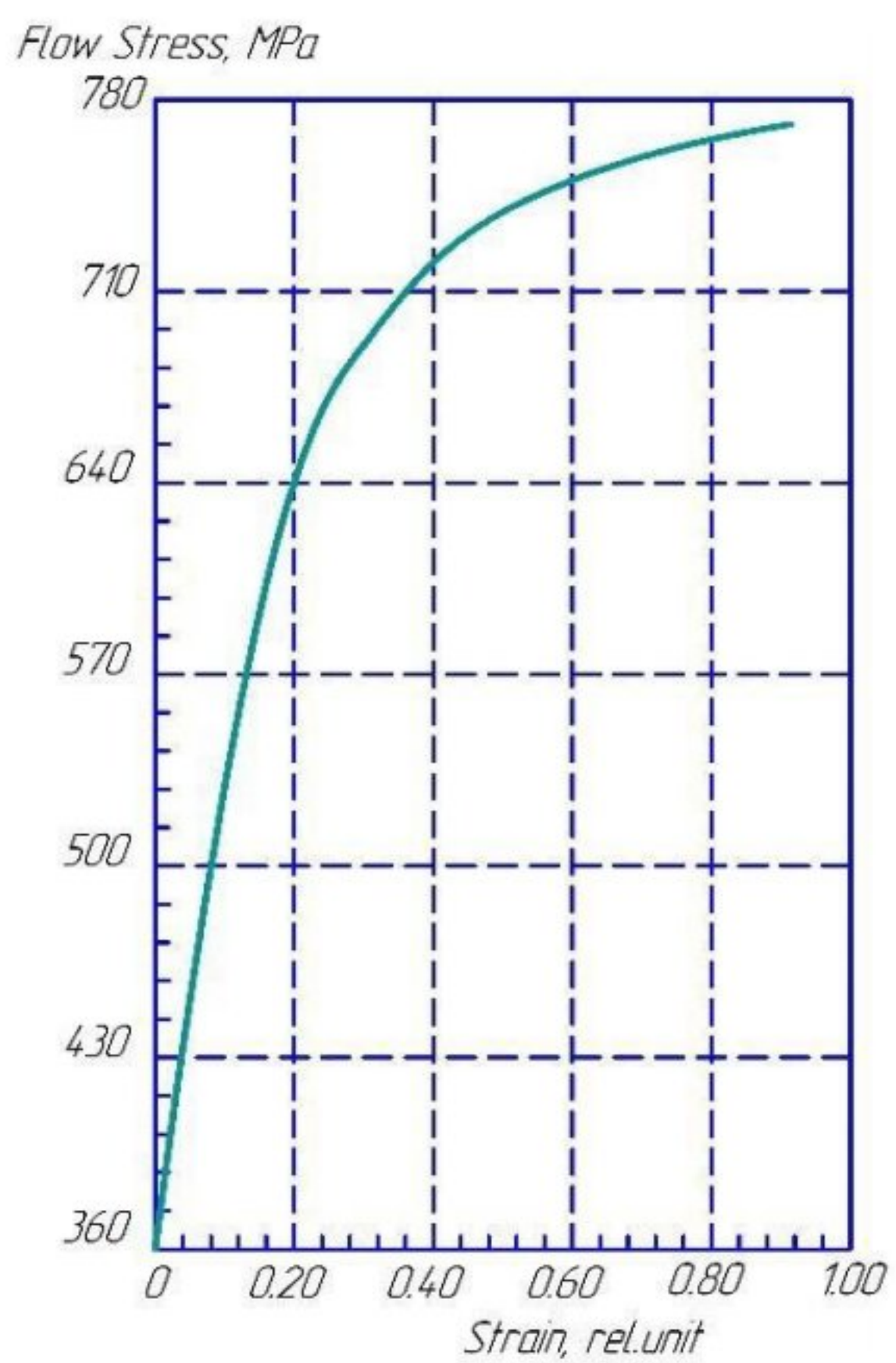
а



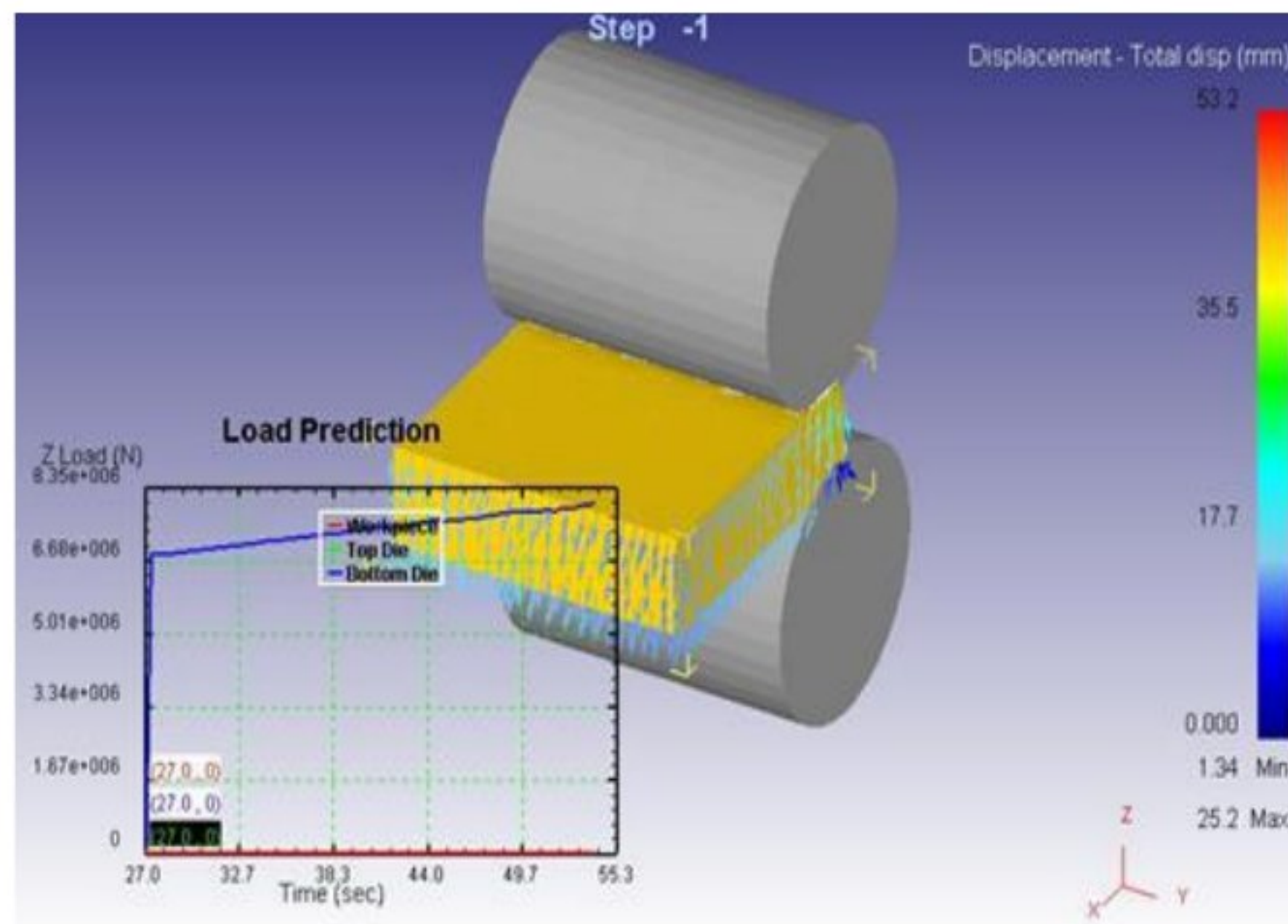
б

а – бүйірдегі көрініс; б – артқы көрініс

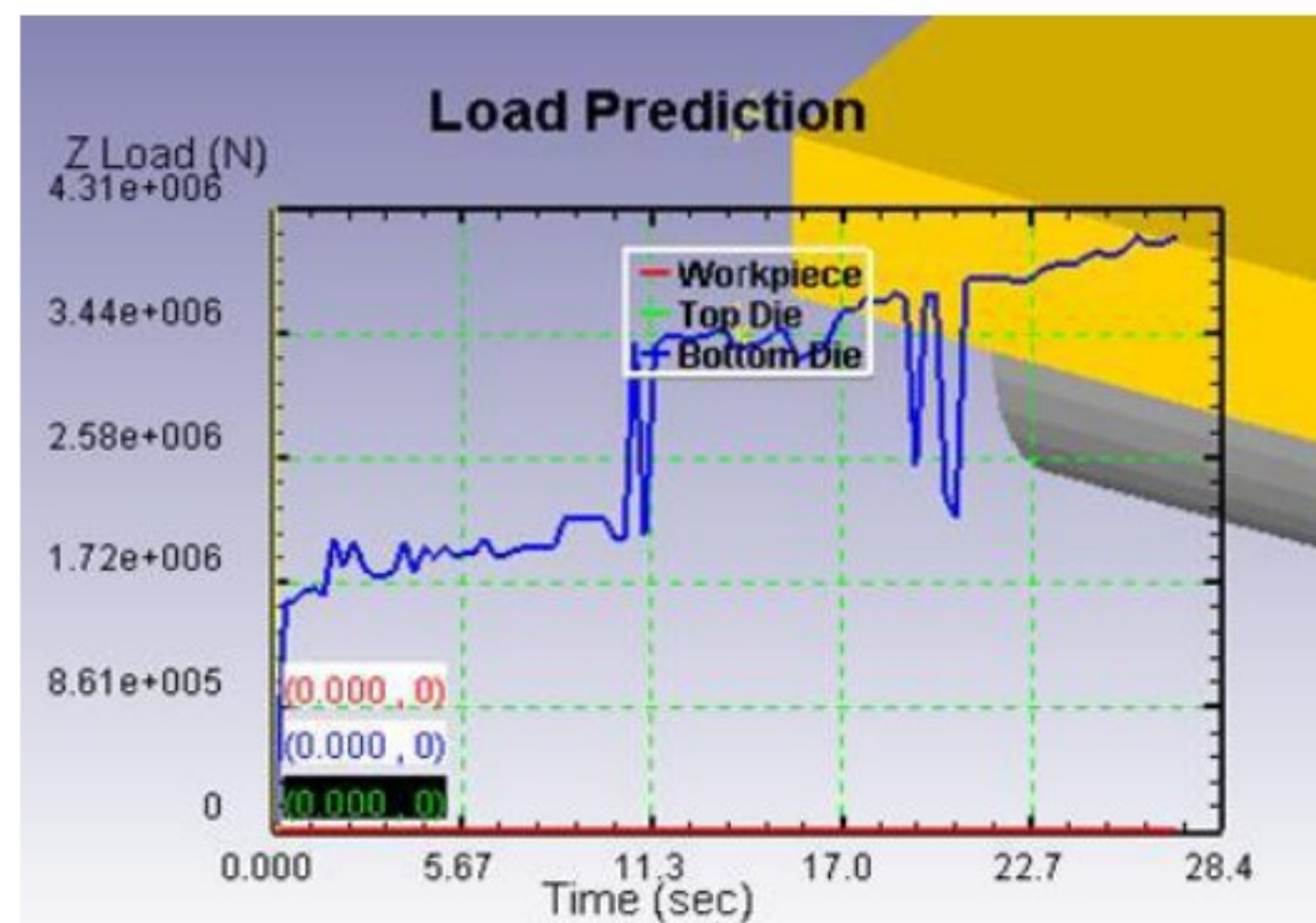
4.3 Сурет – Объектінің орналасу көріністері



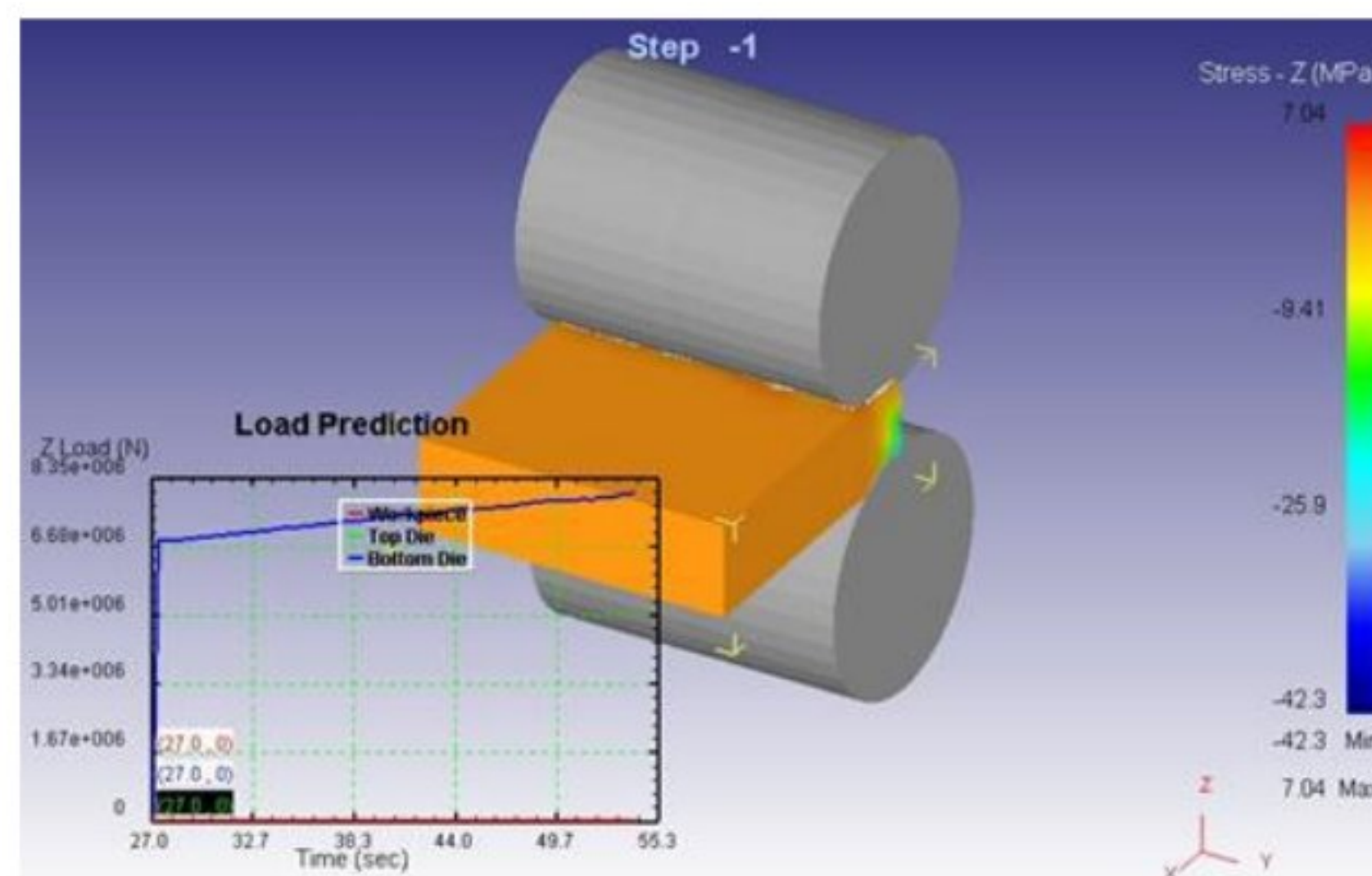
4.4 Сурет – "Ағымдағы кернеу-деформация" диаграммасы



4.5 Сурет – Металдың деформация кезіндегі ығысуының векторлық өрісі

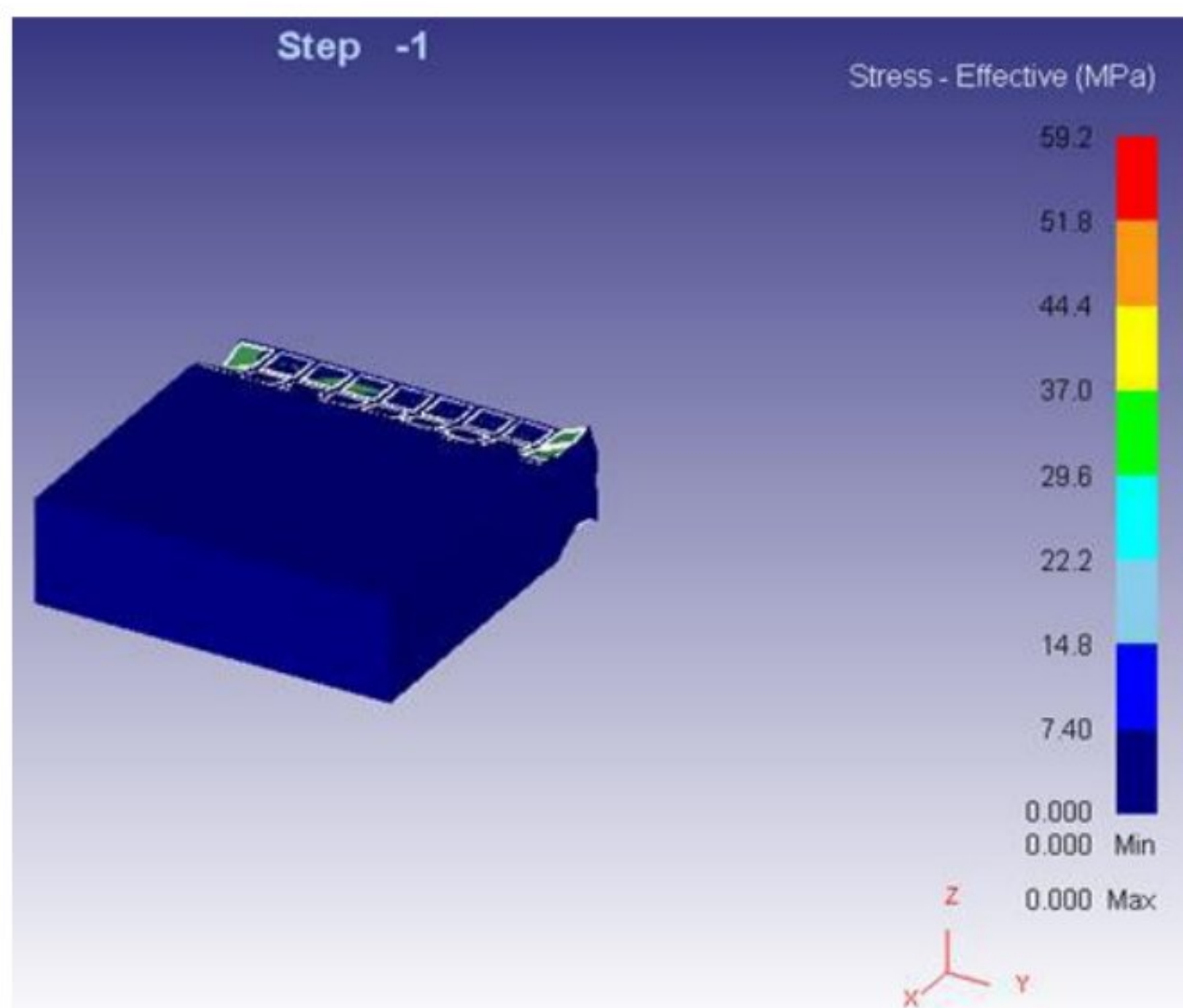


4.6 Сурет – Валокқа жұмсалатын күштің өзгеруі



4.7 Сурет – Деформация кезіндегі кернеудің өзгеруі

Қысыммен илемдеу кезінде илемделген материал біркелкі емес пластикалық деформацияны тудыратын біркелкі емес кернеулер пайда болады. Илемдеу кезінде айналмалы және қалыпты кернеулер пайда болатындығы анықталды. Деформация кезінде кернеудің өзгеру процесі анықталды (4.8 сурет)



4.8 Сурет – Деформация ошағындағы әсер етуші кернеулердің таралуы

Deform 3D компьютерлік модельдеу бағдарламасын қолдана отырып, парақтарды илемдеу процесін зерттеуге мүмкіндік жасайтын металды илемдеу процестерін зерттеу үшін соңғы элементтер әдісін қолдану мүмкіндігі талданды. Металды илемдеу кезінде пайда болатын деформация ошағындағы физика – механикалық процестерді анықтауға мүмкіндік беретін илемдеу процесінің моделі жасалды. Деформациялық күш пен деформация ошағында бөлінуі анықталды. Жоғары сапалы өнім алуға мүмкіндік жасайтын табақтарды илемдеу кезінде төмендетудің және энергия шығындары ұтымды режимдері нақтыланды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Илемдеу орнақтарының пішінбіліктер жетегіне толықтай теориялық зерттеу жасалынды. Зертханалық зертеу жұмыстары кезінде жасалған жұмыстардың нәтижелерін толықтай саралай отырып, жоғарғы валокқа тісті беріліс арқылы берілетін жұмыс клетінің шпиндельсіз жетегінің моделін жасау ұсынылды.

- Жоғары валокқа аралық паразитті тісті беріліс арқылы айналу моментін беру конструкциясын толықтай есептелді. Мемлекеттік стандарттарға сүйене отырып тісті беріліс конструкциясына есептеу жұмыстары жүргізілді;

- SolidWorks компьютерлік модельдеу программасында шпиндельсіз илемдеу орнағындағы жұмыс клетінің валоктарына тісті беріліс арқылы беріліс беру конструкциясының 3D моделі жасалды. Металды илемдеу кезінде пайда болатын деформация ошағындағы физика – механикалық процестерді анықтауға мүмкіндік беретін илемдеу процесінің моделі жасалды. Деформациялық күш пен деформация ошағында бөлінуі анықталды. Жоғары сапалы өнім алуға мүмкіндік жасайтын табактарды илемдеу кезінде төмендетудің және энергия шығындары ұтымды режимдері нақтыланды;

- Жұмыстық пішінбіліктердің шпиндельсіз жетегінің орналасуына байланысты энергокүштік параметрлеріне әсері толықтай зерттелді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных станов черной и цветной металлургии. М.: Металлургия, 1976.
2. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы. – Москва: Металлургия, 1960. 432 с.
3. Целиков А.И., Зюзин В.И. Современное развитие прокатных станов. -М.: Металлургия, 1972. -399 с.
4. Давильбеков Н.Х., Бортебаев С.А., Курапов Г.Г., Бейсенов Б.С. Перспективы развития приводов прокатных станов // Сборник научных трудов аспирантов и магистрантов. Алматы: КазНТУ, 2000. С. 125-128.
5. Курапов Г.Г. Перспективы развития конструкции приводов прокатных станов. Труды международной научно-технической конференции “Научно-технический прогресс в металлургии”, Темиртау, 2001 г., -С.144-146.
6. Курапов Г.Г., Давильбеков Н.Х., Бейсенов Б.С., Бортебаев С.А. Повышение надежности приводов рабочих клеток прокатных станов // Межвузовский сборник научных трудов (выпуск 9) «Металлургические машины и оборудование». Алматы: КазНТУ, 2000. С. 28-31.
7. Азимов И.К., Кулагин Л.И. Главные приводы обжимных и непрерывных станов горячей и холодной прокатки полос: Обзор. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1988. – 32 с., (Сер.1. вып.3).
8. Бортебаев С.А., Курапов Г.Г., Бейсенов Б.С. Экспериментальные исследования влияния компоновки приводов рабочих клеток прокатных станов на параметры прокатки //Сб. научных трудов по материалам международной конференции «Молодые ученые – 10-летию независимости Казахстана». Алматы: КазНТУ, 2001. Часть 1. –С.126-129.
9. Бортебаев С.А., Давильбеков Н.Х., Бейсенов Б.С. Илемдеуші қапастардың энергоқуштік параметрлерін лабораториялық зерттеудің нәтижелерін өңдеу әдістемесі. Журнал “ҚазҰТУ хабаршысы” №3, 2004 ж.
10. Бортебаев С.А., Бейсенов Б.С., Трещалов А.С. Бесшпиндельный прокатный стан с упруго-зубчатой передачей на верхний рабочий валок //Сб. научных трудов по материалам международной конференции «Молодые ученые – 10-летию независимости Казахстана». Алматы: КазНТУ, 2001. Часть 1. –С.180-183.
11. Бортебаев С.А., Давильбеков Н.Х., Курапов Г.Г., Бейсенов Б.С. Прокатный стан // Предпатент РК №12169, Бюл. №11 от 15.11.2002.
12. Джеймс А. Рег, Гленн Дж. Сартори. Промышленная электроника. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 1136 с.
13. Соколова О.В., Комкова Т.Ю. Современный способ производства точных заготовок для колец подшипников // Производство проката. — 2013. — № 3. — С. 23–24.
14. Соколова О.В., Комкова Т.Ю. Способ и оборудование для производства многореберных труб // Производство проката. — 2013. — № 1. — С. 20–22.

15. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. — М.: Академия, 2006. — 272 с.
16. Цибизова Т.Ю., Гузева Т.А. Системы автоматического управления технологическими процессами отверждения изделий из полимерных композитов // Клеи. Герметики. Технологии. — 2015. — № 5. — С. 35–40.
17. Ягопольский А.Г., Комкова Т.Ю., Миронова М.О. Методы и оборудование для механической обработки кромок металлопроката для сварных труб // Производство проката. — 2014. — № 6. — С. 8–11.
18. Жетесова, Г.С. Использование программ DEFORM 3D и ANSYS на предприятиях машиностроительного производства для анализа и расчета деталей типа тел вращения [Текст] / Г.С. Жетесова, О.М. Жаркевич, Т.М. Бузауова, А.Ш. Жунусова, Е.А. Плешакова // Современные проблемы науки и образования. -2012. - №4. -С 98.
19. Кинзин, Д. И. Использование программного комплекса deform-3d при моделировании процессов сортовой прокатки [Текст] / Д. И. Кинзин, С.С. Рычков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. -2011. -№2. -С. 45-48.
20. Харламов, А.А. Моделирование обработки металлов давлением с помощью комплекса DEFORM [Текст] / А.А. Харламов, А.П. Латаев, П.В. Уланов // САПР и графика. -2005. -№5. -С.54-57.
21. Некрасов, И.И. Исследования процесса прокатки оребренных полос с применением программного комплекса DEFORM [Текст] / И.И. Некрасов, А.П. Карамышев, В.С. Паршин, А.А. Федулов // Металлург. -2011. -№3. -С. 40-42.
22. Паршин, В.С. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM3D [Текст]: учебное пособие для вузов / В.С. Паршин, А.П. Карамышев, И.И. Некрасов и др. -Екатеринбург: УрФУ, 2010. -266 с.
23. Конструирование узлов и деталей машин. / Дунаев П.Ф., Леликов О.П. — М.: Высш. шк., 1998.— 447 с.
24. Чекмарев А.П., Ольдзиевский С.А. Методы исследования процессов прокатки. — М.: Металлургия, 1969. - 294 с.
25. Чижигов Ю.М. Моделирование процесса прокатки. М.: Металлургиздат, 1963.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Анарбек Тәуіржан Жолшыбекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жұмыстық пішінбіліктер жетегінің орналасуының илемдеудің энергокүштік параметрлеріне әсерін зерттеу

Научный руководитель: Бахыт Жаутиков

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из здругих алфавитов: 30

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 16.06.2023

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Анарбек Тәуіржан Жолшыбекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жұмыстық пішінбіліктер жетегінің орналасуының илемдеудің энергоқұштік параметрлеріне әсерін зерттеу

Научный руководитель: Бахыт Жаутиков

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из здругих алфавитов: 30

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

16.06.23

Заведующий кафедрой

