

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



Ә. Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

Машина жасау кафедрасы

Рымов Елдос Бейбітұлы

Компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы ролик үстелінің кернеулі-  
деформациялық күйін зерттеу

Магистрлік диссертация

7М07112 «Машина жасау өндірісін  
цифрландыру»  
(ғылыми-педагогикалық/профильді бағыт)

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Энергетика және машина жасау институты

«Машина жасау» кафедрасы

УДК 621:004

Қолжазба құқықтарында

Рымов Елдос Бейбітұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін  
МАГИСТРІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы: Компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы ролик үстелінің кернеулі-деформациялық күйін зерттеу

Дайындау бағыты: 7M07112 – Машина жасау өндірісін цифрландыру

Ғылыми жетекші  
т.ғ.к., қауым. профессоры  
Әлімбетов А.Б.

«10» 06 2024 ж.

Рецензент  
КЕНСЕ  
т.ғ.к., профессор  
Мурзахметова У.А.

«04» 06 2024 ж.

Норм бақылаушы  
PhD докторы, аға оқытушы  
Абілқайыр Ж.Н.

«05» 06 2024 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Машина жасау» кафедра  
менгерушісі, PhD докторы

Нұрман Е.З.  
«05» 06 2024 ж.

Алматы 2024

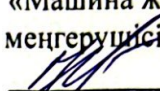
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

«Энергетика және машина жасау» институты  
«Машина жасау» кафедрасы  
7M07112 – Машина жасау өндірісін цифрландыру

БЕКІТЕМІН

«Машина жасау» кафедра  
менгерушісі, Ph.D докторы

 Нұғман Е.З.

«04» 12 2024 ж.

Магистрлік диссертацияны орындауға  
Тапсырма

Магистрант

Рымов Е.Б.

Тақырып: Компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы ролик үстелінің кернеулі-деформациялық күйін зерттеу

(магистрлік диссертация тақырыбы)

Бұйрықпен бекітілген рекорд №548-П/Ө «04» 12 2023 ж.  
(жетекшілік ететін проректор)

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «13» 06 2024 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Машина жасау кафедрасында магистрлік диссертацияны орындауға арналған әдістемелік құрал.

Магистрлік диссертацияда әзірленуге жататын мәселелердің тізбесі:

- 1) Рольгангтардың максаты және классификациясы.
- 2) Тасымалдаушы рольгангтың кернеулі-деформациялық күйін есептеу.
- 3) Рольганг шынжырларын кернеулі-деформациялық күйін зерттеу

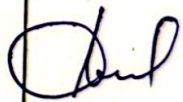


## ГРАФИК

### Магистрлік диссертация дайындау


| Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізбегі           | Ғылыми жетекшіге және консультанттарға ұсыну мерзімдері | Ескерту   |
|---|---|-----------|
| Рольгангтардың мақсаты және классификациясы                   | 11.01.2024  | Орындалды |
| Рольгангты есептеу  | 20.02.2024  | Орындалды |
| Тасымалдаушы рольгангтың кернеулі-деформациялық күйін зерттеу | 17.04.2024  | Орындалды |
| Диссертацияны қорғауға дайындау                               | 01.06.2024  | Орындалды |

## ҚОЛТАҢБАЛАР

Аяқталған магистрлік диссертацияны кеңесші мен нормоконтроллерге жұмыстың оларға қатысты бөлімдерін көрсете отырып

| Бөлімдердің атаулары      | Кеңесшінің Т.А.Ә   | Қолтаңба қойылған күні | Қолтаңбасы  |
|---------------------------|--|------------------------|---|
| Негізгі бөлім             | Ғылыми жетекші<br>т.ғ.к., қауым.<br>профессоры<br>Әлімбетов А.Б. | 11.03.2024             |  |
| Қортындылар мен нәтижелер | Ғылыми жетекші<br>т.ғ.к., қауым.<br>профессоры<br>Әлімбетов А.Б. | 13.05.2024             |  |
| Норм бақылау              | PhD докторы, аға<br>оқытушы<br>Абілқайыр Ж.Н.                    | 05.06.24.              |  |

Ғылыми жетекші



Әлімбетов А.Б.

Магистрант тапсырманы орындауға  
қабылдады



Рымов Е.Б.

Уақыты

"11" 01 2024 ж

## МАЗМҰНЫ

|                                 |   |    |
|---------------------------------|---|----|
| Кіріспе                         | 7   |    |
| 1                               | Рольгангтардың мақсаты және классификациясы   | 8  |
| 1.1                             | Рольгангтардың түрлері және олардың прокат стандарттарының технологиялық процесіндегі рөлі  | 8  |
| 1.2                             | Роликті үстелді жетілдірудің негізгі бағыттары  | 10 |
| 2                               | Рольгангты есептеу  | 20 |
| 2.1                             | Роликті конвейердің мақсаты мен құрылымы  | 20 |
| 2.2                             | Роликті жетек моменті   | 22 |
| 2.3                             | Шаршауға, төзімділікке роликті есептеу  | 25 |
| 2.3.1                           | Жаңа шығару рольгангтың ролигын беріктікке есептеу  | 28 |
| 2.3.2                           | Берілістерді есептеу  | 34 |
| 2.3.3                           | Мойынтіректердің қызмет ету мерзімін анықтау  | 37 |
| 2.4                             | Дайындауды тасымалдау кезіндегі прокаттың біліктегі конвейінің біліктегі жүктемесін анықтау | 39 |
| 3                               | Тасымалдаушы рольгангтың кернеулі-деформациялық күйін есептеу                               | 49 |
| 3.1                             | Роликтің кернеулі-деформациялық күйін есептеу   | 49 |
| 3.1.1                           | Роликті модельдеу   | 49 |
| 3.1.2                           | Кернеулі-деформациялық анализ   | 51 |
| 3.1.3                           | Нәтижелер мен талқылау  | 55 |
| 3.2                             | Рольганг шынжырларын кернеулі-деформациялық күйін зерттеу                                   | 56 |
| 3.2.1                           | Роликті конвейер шынжырының негізгі құрылымы  | 57 |
| 3.2.2                           | Шынжыр жолағын аналитикалық зерттеу   | 59 |
| 3.2.3                           | Жолақтың Сандық Нәтижелері  | 60 |
| Қорытынды                       | 63  |    |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі | 65  |    |

## КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы металлургия өнеркәсібінде роликті конвейерлер дайын өнімдерді және жартылай фабрикаттарды өндірудің әртүрлі кезеңдерінде тасымалдауда маңызды рөл атқарады. Бұл процесстің негізгі элементтерінің бірі – өнімді тұрақты және біркелкі қозғалыспен қамтамасыз ететін шығару роликті конвейері. Алайда, роликті конвейерлерді пайдалану барысында олардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігіне елеулі әсер етуі мүмкін күрделі кернеулі-деформацияланған жағдайлар жиі туындайды. Бұл жағдайларды түсіну және басқару өндірістік процестердің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін маңызды міндет болып табылады.

Осы диссертацияның мақсаты – компьютерлік модельдеуді пайдалана отырып, шығару роликті конвейерінің кернеулі-деформацияланған жағдайын зерттеу. Шекті элементтер әдісін қоса алғанда, қазіргі заманғы сандық талдау тәсілдері конструкциялардың жүктеме астындағы мінез-құлқын егжей-тегжейлі зерттеу және болжау үшін бірегей мүмкіндіктер береді. Компьютерлік модельдеу роликті конвейердің геометриялық параметрлері, олардың жасалған материалдары, сондай-ақ пайдалану жағдайлары сияқты кернеулі-деформацияланған жағдайға әсер ететін көптеген факторларды ескеруге мүмкіндік береді.

Осы жұмыста шығару роликті конвейердің әртүрлі аспектілері, оның ішінде кернеулердің таралуы, деформациялар, сондай-ақ ақаулардың пайда болу себептері мен салдары қарастырылады. Негізгі назар жоғары дәлдікпен жүйенің нақты жұмысын қайта жасауға мүмкіндік беретін сандық модельдерді әзірлеу және тексеруге аударылады. Алынған нәтижелер роликті конвейерлердің конструкцияларын оңтайландыру және олардың пайдалану сенімділігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеу келесі негізгі кезеңдерді қамтиды:

1. Өнеркәсіптік конструкциялардың кернеулі-деформацияланған жағдайын зерттеуге арналған қолданыстағы әдістер мен тәсілдерді талдау.
2. Шығару роликті конвейердің сандық модельдерін әзірлеу және тексеру.
3. Кернеулер мен деформациялардың сыни аймақтарын анықтау үшін бірқатар сандық эксперименттер жүргізу.
4. Алынған деректерді талдау және роликті конвейер жүйелерінің конструкциясы мен пайдалануын жақсарту бойынша ұсыныстарды қалыптастыру.

Осылайша, бұл диссертация өзекті ғылыми-техникалық мәселені шешуге және өнеркәсіптік конструкцияларды сандық талдау және жобалау әдістерін дамытуға үлес қосуға бағытталған. Жұмыстың нәтижелері металлургия өнеркәсібінде кеңінен қолданылып, өндірістік процестердің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға ықпал етуі мүмкін.

## **1 Рольгангтардың мақсаты және классификациясы**

### **1.1 Рольгангтардың түрлері және олардың прокат стандарттарының технологиялық процесіндегі ролі**

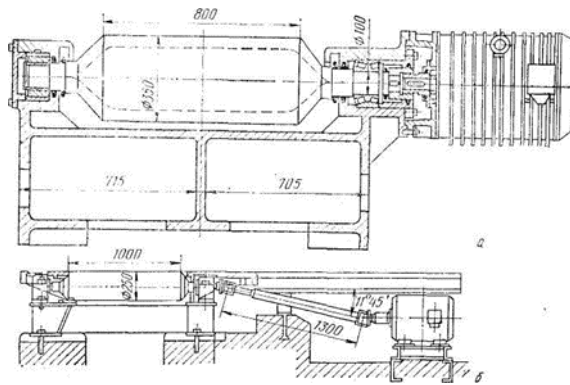
Рольгангтар металлды прокат станға тасымалдауға, металлды валдар арқылы өткізуге, оны валдардан қабылдауға және қайшыларға, араларға, түзететін және басқа да машиналарға жеткізуге арналған. Қазіргі заманғы прокат станнары металды өңдеудің ағындық технологиялық процесімен сипатталады, сондықтан рольгангтардың жалпы ұзындығы айтарлықтай үлкен, ал олардың массасы кейде бүкіл прокат станындағы механикалық жабдықтың массасының 20—30 %-ына дейін жетеді.

Рольгангтар мақсатына қарай жұмысшы және транспорттық болып бөлінеді. Жұмысшы рольгангтар прокат станның жұмыс ұясында орналасқан және прокатталатын металды валдарға беруге және оны валдардан қабылдауға қызмет етеді. Транспорттық рольгангтар жұмыс ұясының алдында және одан кейін орнатылған және станның жекелеген қосалқы машиналары мен құрылғыларын байланыстыратын рольгангтар болып табылады.

Рольгангтар топтық және жеке жетекті роликтермен, сондай-ақ бос роликтермен орындалады. Топтық жетекте бір секциядағы 4—10 және одан да көп роликтер бір электродвигательден конустық тісті дөңгелектер және трансмиссиялық білік арқылы қозғалады. Топтық жетекті рольгангтар тасымалдау жылдамдығы аз және жолдың салыстырмалы түрде қысқа бөлігінде (мысалы, блюмингтерді жеткізетін рольгангтар) қолданылады.

Жеке жетекте осы секциядағы әрбір ролик (немесе екі ролик) жеке электродвигательден қозғалады. Мұндай роликтер ұзындығы прокатталғаннан кейін айтарлықтай болатын прокаттарды тасымалдау үшін жылдам жүретін транспорттық рольгангтарда, сондай-ақ қысу станындағы жұмысшы рольгангтардың алғашқы роликтері ретінде кеңінен қолданылады. Топтық жетекті рольгангтардан айырмашылығы, жеке жетекті рольгангтар қарапайым конструкцияға ие. Әрбір ролик жеке рамкаға орнатылған және оны оңай ауыстыруға болады; типтік ролик-блоктардан кез келген ұзындықтағы және кез келген ролик қадамымен рольганг құрастыруға болады.

1-суретте жеке жетекті рольгангтардың роликтері көрсетілген. Көп жағдайда роликтерді құбырлардан жасайды, олардың соңына біліктерге орнатылған шеткі хабтарды дәнекерлейді; кейде роликтердің ұштары конустық немесе сфералық роликті мойынтіректерге орнатылады. Сорттық станоктарда электродвигательдерден кәдімгі автомобиль кардан білігі арқылы роликтер жетегімен рольгангтар қолданылады. Қозғалтқыштың тіреуіштері ролик деңгейінен төменгі тақтаға орналастырылған, сондықтан рольгангтің электродвигательдерінің үстінде прокатты жылжытуға арналған транспортер (шлеппер) орналасуы мүмкін.



Сурет 1 - Жеке жетекті рольгангтардың роликтері

Рольгангтің барлық роликтері жұмыс істегенде, таспаны рольганг арқылы тасымалдаудың максималды жылдамдығына қол жеткізуге болады. Бұл жағдайда рольгангтің тарту күші ең үлкен болады.

Прокаттың технологиялық шарттарына байланысты рольганг кейде бірнеше секцияға бөлінеді. Әрбір секцияның жеке басқару схемасы бар. Мұндай жалпы рольгангті бірнеше секцияға бөлу, мысалы, қабылдау торынан қыздыру пешіне дайындамаларды үздіксіз жеткізуді қамтамасыз ету үшін (пештің астындағы рольганг) немесе ұшатын қайшыдан салқындатқышқа дейінгі жолақтардың арасындағы аралықты жасау үшін орындалады. Соңғы шарт жолақтарды салқындатқышқа кезекпен тастау үшін қажет.

Бос роликтері бар рольгангтар транспорттық ретінде қолданылады; оларды горизонтальға аздап еңкейтіп орналастырады, және металл өз салмағының әсерімен қозғалады, сондықтан рольгангтарды гравитациялық деп те атайды. Рольгангтердің роликтерін бүтін соғылған, құйылған, құрастырмалы (бандаждалған), сондай-ақ құбырлардан жасайды.

Тасымалдаушы рольгангтер (жақындатушы және алып кетуші) жаныштау станоктарында топтық жетегімен жабдықталған. Олар жеңілдетілген құрылыммен ерекшеленеді, себебі олар ұзын жолақты (блوم, сляб) тасымалдайды және бір роликке түсетін жүктеме аз болады. Барлық тасымалдаушы рольгангтерде қозғалып жатқан жолақты бағыттау үшін бүйірлік бағыттаушы болат сызықтар жасалған.

Рольгангтердің негізгі параметрлері: бочка диаметрі және оның ұзындығы, роликтер арасындағы қадам және олардың айналу жылдамдығы. Рольгангтің массасын азайту және жетектің қуатын төмендету мақсатында роликтердің диаметрін олардың беріктігі мүмкіндік беретіндей ең кіші мәнде алу тиімді. Роликтердің бочка ұзындығы жұмыс рольгангтері үшін білік бочкасының ұзындығына тең, ал тасымалдаушы рольгангтер үшін тасымалданатын жолақтың еніне (немесе қатар орналастырылған бірнеше профильдердің, дайындамалардың еніне) қарағанда 150-200 мм артық қабылданады. Роликтердің қадамы прокаттың кемінде екі роликке тірелу шартынан таңдалады, бірақ қадам өте үлкен болмауы керек, әйтпесе прокат иілуі мүмкін.



Жұмыс рольгангтеріндегі роликтердің айналу жылдамдығы біліктерден шығатын металдың жылдамдығынан 10-15% жоғары болуы керек, ал тасымалдаушы рольгангтерде ол станның типі мен мақсатына және орындалатын технологиялық операциялардың сипатына байланысты қабылданады. Мысалы, ауыр құймалар тасымалдайтын блюмингтің жақындатушы рольгангтері үшін жылдамдық 1,5-2 м/с, ал ыстық прокаттаудың үздіксіз кең жолақты станның артындағы алып кетуші рольгангтерде – 30 м/с дейін.

## **1.2 Роликті үстелді жетілдірудің негізгі бағыттары**

Авторлардың пікірі бойынша [10, 11, 12], кең жолақты ыстық прокат - стандартының күрделі агрегаты шығару рольгангтары болып табылады. Дегенмен, шығару рольгангтарының құрылысы, роликтері, жоғары жүктемелі элементтердің сенімділігі және қызмет мерзімі туралы зерттеулер аз.

Көптеген белгілі шығару рольгангтарының роликтері жеке приводпен қамтамасыз етілгенін атап өту қажет [2]. Қазіргі рольгангтардың массасы мен приводтың қуатын азайту үшін, оларда ең кіші диаметрлі роликтер қолданылады. Мұндай роликтерді жобалауда роликтер материалының беріктік шарттары ескеріледі [6].

Әдебиет анализі [4, 8] көрсеткендей, Новолипецк металлургиялық комбинатының (НЛМК) және Карағанды металлургиялық комбинатының НШСГП-1700 станында 300 мм диаметрлі роликтер қолданылады. Бұл ретте қолданылатын роликтердің ұзындығы станның жұмыс білігінің максималды енінен 200 мм артық.

Белгілі болғандай [3], ТМД елдерінде қолданылатын рольгангтардың ұзындығы болат жолақтың қажетті температураға дейін салқындау уақытына байланысты. Осы кезде прокат жылдамдығының артуымен және прокатталатын жолақтардың қалыңдығының артуымен рольгангтардың ұзындығы да артады. Мысалы, НЛМК 2000 станындағы соңғы тазалау тобының клеткасынан бастап бірінші моталкаға дейінгі рольгангтың ұзындығы 200 метрге жетеді. Төмен легірленген болат өндіру кезінде станның өнімділігін сақтау үшін металлургиялық комбинатта тазалау тобының соңғы клеткасынан 290 метр қашықтықта арнайы моталка орнатылды. Череповец металлургиялық комбинатының 2000 станында бірінші және екінші моталка тобының арасында қосымша жедел салқындату құрылғысы қолданылды. Сондықтан бірінші моталкаға дейінгі рольганг ұзындығы шамамен 100 метрге қысқартылды. Алайда, авторлардың пікірінше [9, 10], бұл рольгангтың ұзындығы әлі де жеткілікті ұзын және шамамен 100 метрге тең.

Листтің бетінің сапасына жоғары талаптар, қуыс роликтердің тозуға төзімділігі және жоғары құю қасиеттері, НШСГП шығару рольгангтарында шойын бочкалы қуыс роликтердің қолданылуына әкеледі [11]. Листтің бетінің сапасы әсіресе жоғары пластикалық және тот баспайтын болат маркалары үшін өте маңызды, олар терең созуға арналған түрлі бұйымдар өндіру үшін

қолданылады. Белгілі [12, 13], суық прокаттау және терең созу үшін қалың сызаттары бар листтер қабылданбайды. Мұндай сызаттар суық прокаттау және кейінгі суық штамптау кезінде листтің жыртылуына әкеледі. Автомобильдік листтер және қаңылтыр үшін де осындай талаптар қойылады.

Қашық және жақын шетелдерде, жоғарыда айтылған шойын бочкалы қуыс роликтерден басқа, келесі типті роликтер қолданылады [9]:

- толық;
- осьтік антифрикциялық бандажбен;
- тасымалдау дискілерімен.

Бірінші ұрпақ рольгангтарында құйылған немесе соғылған толық роликтер қолданылды [11, 15]. Бұл рольгангтар үлкен ролик қадамы мен диаметр қатынасымен сипатталды, және рольгангтарда кіші диаметрлі роликтер (200÷220 мм) орнатылды. Бұл роликтер қарапайым құрылысымен, жоғары технологиялылығымен және төмен бағасымен ерекшеленді. Анықтау керек, қысқа рольгангтарда аз роликтер орнатылды. Бірінші ұрпақ рольгангтары да төмен тасымалдау жылдамдығымен (9÷11 м/с) сипатталды. Сондықтан, төмен жылдамдықта жолақ роликтерде тайып кетеді (0,2÷0,5 м/с) және мойынтіректердің сынуы сирек кездесетін болды. Осы себепті роликтердің тозу жылдамдығы қолайлы деңгейде болды, және роликтер локалдық тозудан туындаған дисбаланс кезінде сирек қысылады.

Шетелдерде салыстырмалы жоғары жылдамдықты рольгангтар қолданылғанда, ролик қадамы мен диаметр қатынасы кіші (1,1÷1,4) және үлкен диаметрлі роликтер (шамамен 300 мм) пайда болды. Бұл рольгангтардың эксплуатациясы кезінде жаңа мәселелер туындады. Толық роликтерде келесі кемшіліктердің мәні айтарлықтай өсті:

- жоғары осьтік инерция моменті;
- үлкен материалды тұтыну;
- температуралық деформациялар кезінде дисбалансқа бейімділік.

Жоғарыда аталған кемшіліктерге байланысты бұл типті роликтердің қолданылуы іс жүзінде тоқтатылды [16]. Авторлардың пікірі бойынша [17], роликтердің конструкциясын әрі қарай жетілдіру бағыттары осьтік инерция моментін және материалды тұтынуды азайту болып табылады. Бұл кезде, роликтердің жұмыс бетіне арнайы триботехникалық сипаттамалары бар материалдар қолданылады. Көптеген роликтердің конструкциясы цилиндрлік бочкалы болып табылады.

Sack (Германия) және DavyMcKee (Ұлыбритания) фирмалары қолданатын перспективалы бочкалы роликтер бар [19, 20]. Бұл роликтер сталь бөшекелерімен антифрикциялық жабындармен жабықталған. Schломанн – Siemag (Германия) және NipponSteel (Жапония) фирмалары осьтік роликтер қолданады.

DavyMcKee фирмасы қолданатын роликке ұқсас бочкалы роликтер ТМД елдерінде НШСГП рольгангтарында қолданылған [10]. Рольгангтың бочкасы никель және хром негізіндегі тозуға төзімді жабындымен жабықталған. Бұл жабын роликтің бочкасында плазмалық бүріккішпен қолданылады. Алайда,

жабынның негізбен қажетті беріктік байланысын қамтамасыз етудің қиындығына байланысты, ТМД елдерінде бочка материалы ретінде СЧ 28-32 (ГОСТ 8509-57) шойыны қолданылды. ТМД елдерінің жетекші өндірушісі және рольгангтарды жасаушысы – Алматы ауыр машина жасау зауытында (АЗТМ) бочка материалы ретінде жоғарыда көрсетілген шойын қабылданды. Кейін бұл шойын жоғары температуралы ЖЧХН шойынына ауыстырылды. Заводта-өндірушіде барлық роликтер динамикалық балансировкалау процесіне ұшырайды. Рұқсат етілген дисбаланс -  $15 \div 20$  Нм артық емес [15].

Авторлардың пікірі бойынша [10, 11], кең жолақты стандартының шығару рольгангтарында тасымалдау дискілі роликтерді жақында ғана қолданбаған. Жоғарыда көрсетілген жұмыстардың материалдарына сәйкес, бұл роликтер қалың пластиналы стандартының рольгангтарында кеңінен қолданылады. Қазіргі уақытта мұндай роликтер АрселорМиттал Теміртау 1700 станында шығару рольгангында жұмыс істейді [7].

Рольганг роликтерінің орналасу схемасы бойынша шығару рольгангтары төрт түрге бөлінеді [11]:

1. Рольгангтар, олардың ролик осьтері көлденең транспортировка осіне перпендикуляр орналасқан;

2. DavyMcKee (Ұлыбритания) фирмасы схемасы бойынша роликтер, яғни бірінші моталкадан  $30 \div 50$  метр ұзындықта көлденең жазықтықта бұрыштық ығысумен орналасқан роликтер;

3. UnitedEngineering (АҚШ) фирмасы схемасы бойынша роликтер, яғни көлденең және тік жазықтықтарда бұрыштық ығысумен орналасқан роликтер;

4. Моталкалар бағытына еңісті роликтер.

Бірінші схема: Роликтерді орналастырудың бұл схемасы қарапайым конструкциямен сипатталады және рольгангтің геометриялық параметрлері қолайлы болған кезде жолақты моталкаға салыстырмалы жоғары бастапқы жылдамдықпен орауды қамтамасыз етеді [10]. Бұл схеманың негізгі кемшілігі – жолаққа орталықтандыру әсерінің болмауы. Бұл кемшілік арнайы орталықтандыру құрылғыларын қолдану арқылы салыстырмалы оңай жойылады. Мысалы, кейбір ТМД елдерінде басқару сызғыштары қолданылады. Осы себепті бірінші роликтерді орналастыру схемасы алыс және жақын шетелдерде кеңінен қолданылады [11].

Екінші схема: Роликтерді орналастырудың бұл схемасы DavyMcKee фирмасының схемасы болып табылады және ол бірінші схеманы жетілдіруге мүмкіндік берді, сонымен қатар көлденең (рольганг осіне қатысты) үйкеліс күшінің құраушысының арқасында жолақты позициялауға мүмкіндік берді. Бұл схема бойынша жолақтарды ұзын қозғалмайтын сызғышқа көлденең жазықтықта еңкейіп орналасқан роликтер арқылы қысады. Сонымен қатар, қозғалатын қысқа сызғышпен жолақтар қосымша қысылады. Бұл рольгангтардың негізгі артықшылығы – олардың конструкциясының бірінші схемадан айтарлықтай айырмашылығы жоқ, сондықтан мұндай конструкциялы рольгангтардың сенімділігі мен ұзақ қызмет ету мерзімі сақталады.

Үшінші схема: ТМД елдерінің үздіксіз кең жолақты ыстық прокаттау станында көбінесе UnitedEngineering фирмасының схемасы қолданылады. Авторлардың пікірі бойынша [11], бұл компоновка схемасы жолақты орталықтандыруды қамтамасыз етеді, бір жағынан, көлденең үйкеліс күшінің құраушысының арқасында, екінші жағынан, жолақ массасының домалау құраушысының арқасында. Зерттеу материалдарын талдау [9, 10, 11] көрсеткендей, егер жолақтың қалыңдығы 2 мм-ден асса, бұл роликтерді орналастыру схемасы мақсатқа жетуге мүмкіндік бермейді. Жоғарыда аталған жұмыстарда роликтерді тік жазықтықта бұрыштық ығысумен орналастыру, тіпті рольгангтың геометриясы мінсіз сақталса да, жолақты децентрирлеу әсері байқалады.

2000 НЛМК станында роликтердің жоғарғы бөшке белгілерін өлшеу арқылы авторлар роликтердің номиналдан ауытқуы 20 мм-ге дейін жететінін анықтады [16]. Нәтижесінде, бастапқыда орталықтандырылған жолақ, роликтердің биіктігінің дұрыс емес өзгеруімен, орталықтандырылмай қалады. Осылайша, тасымалдау кезінде жолақ бастапқыда децентрленіп, минималды серповидтілікке ие болады. Зерттеулер көрсеткендей, бөшкеның тозуы оның көтерілген бөлігі көбірек тозатынын көрсетті. Сондықтан, әртүрлі диаметрлі роликтер орталықтандыру әсерін төмендетеді.

Мойынтіректерді талдау нәтижесінде, алғашқы конструкцияларында екі қатарлы конусты мойынтіректер қолданылғаны анықталды [1-5]. Бірақ, 1960-жылдарға қарай көптеген ыстық прокаттау цехтарында мұндай мойынтіректерден бас тартты. Бұл осьтік инерция моментін және жалпы массаны азайту мақсатында, жеңілдетілген роликтер қолданылғандықтан болды. Сол себепті, конусты мойынтіректер мен цапфаларда жүктемелер пайда болады, бұл домалауының қызмет мерзімін қысқартады.

Қазіргі уақытта жалғыз қолданылатын мойынтіректер роликті сфералық мойынтіректер болып табылады [21]. Бұл мойынтіректер сенімділік талаптарын қанағаттандырады, бірақ салыстырмалы түрде жоғары бағасы мен тапшылығы бар.

Тұрақты кең жолақты станның бірінші ұрпағы: Бірінші ұрпақтың үздіксіз кең жолақты стандары топтық схема бойынша жасалған – жұптар бойынша [22]. Авторлардың пікірінше [23], тісті жұптарды тығыздау және майлау қиындығы мен оларды ұстап тұру қиын болғандықтан, бұл схема қолданылудан шықты.

Монтаж және демонтаж жұмыстарының күрделілігіне байланысты, бұл схемадан мәжбүрлі редукторсыз жетекке ауысты.

Автор [21] жұмыста редукторсыз жеке жетектің үш түрлі схемасын атап өтеді:

- Электроқозғалтқыштарды бір жақты қатарлы орналастыру;
- Электроқозғалтқыштарды бір жақты шахматты орналастыру;
- Электроқозғалтқыштарды екі жақты шахматты орналастыру.

Автор [21] жұмыста электроқозғалтқыштарды бір жақты қатарлы орналастыру ең ықшамды екенін атап өтеді. Бұл электроқозғалтқыштарды

станның бір жағында орналастыруға мүмкіндік береді. Нәтижесінде, жолақтың ламинарлы салқындату жүйесінің құбырларын орналастыру үшін орын босатылады және жетектерді жөндеу және қызмет көрсету кезінде оларға жақсы қол жетімділік қамтамасыз етіледі.

Автор [21] қазіргі рольгангтарда роликтер арасындағы қашықтықтың айтарлықтай азайғанын атап өтеді. Бұл электроқозғалтқыштарды осындай орналастыру мүмкіндігін іс жүзінде жоққа шығарады. Бұл кемшілікті кішкентай диаметрлі айнымалы ток электроқозғалтқыштарын қолдану арқылы шешуге болады деп есептеледі [21]. Мысалы, кейбір шетелдік рольгангтарда (Schloman-Siemag фирмасының рольгангтары) кішкентай диаметрлі айнымалы ток электродвигательлері қолданылады.

Шетел және жақын елдердегі рольгангтарда үлкен габаритті тұрақты ток электродвигательлерін тиімді орналастыру және қызмет көрсетуге қол жетімділікті сақтау үшін электроқозғалтқыштарды бір жақты шахматты орналастыру қолданылады [21]. Бұл схема қазіргі уақытта ТМД елдеріндегі рольгангтарда жалпы қабылданған.

[10, 11] жұмыстарында АЗТМ конструкциялы 2000 НЛМК станында электроқозғалтқыштарды қос жақты шахматты орналастыру алғаш рет қолданылғаны туралы айтылған. Бұл жұмыстарда мұндай схема кең таралмағаны атап өтілген. Себебі, электроқозғалтқыштарды мұндай орналастыру кезінде машиналық зал жағынан жетектерге қол жетімділік күрделі.

ТМД елдерінің бірінші ұрпақ үздіксіз кең жолақты ыстық прокат станында прокаттау тұрақты жылдамдықпен жүргізілді [54]. Сондықтан жолақтың қозғалыс жылдамдығын реттемеген және асинхронды электродвигательдері бар қарапайым және арзан айнымалы ток жетектерін қолданған.

Белгілі болғандай [2, 10, 11], салыстырмалы жаңа станаларда прокат жылдамдығы кең ауқымда өзгеріп отырады (9 – 30 м/с). Бұл рольганг бойынша жолақтың қозғалыс жылдамдығын реттеу қажеттілігіне әкелді. Бұл мәселе туындаған кезде барлық кең жолақты станаларда тұрақты ток жетектері қолданылған.

[24] жұмыс материалдарынан, соңғы онжылдықтарда шетелде тиристорлық жиілікті реттеу жүйелерімен айнымалы ток жетектерінің кеңірек қолданылғаны көрінеді. Бұл жетектерде қарапайым, арзан және сенімді асинхронды электродвигательдер қолданылады. Тұрақты ток электроқозғалтқыштарының массасымен салыстырғанда, бұл двигательдердің массасы бірнеше есе аз. Бұл фланецті орындалуы бар двигательдерді қолдану және оларды роликтің мойынтірек тораптарына тікелей бекіту арқылы трансмиссияны айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді. Айнымалы ток жетектерінде қолданылатын тиристорлық түрлендіргіштер құны мен орындалуы жағынан тұрақты ток жетектерінің жүйелерімен салыстырғанда үлкен айырмашылық жоқ.

Қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын екі типті салқындату жүйесі бар [10, 11]. Олар душ жүйелері және ішкі салқындату жүйелері. Душ жүйелері коллекторлар түрінде роликтерге параллель орналастырылады. Коллекторларда роликтер мен ыстық прокатталған жолақтарға су беруге арналған тесіктер бар. Кейде коллекторларға ағынды жақсы ұйымдастыру үшін саптамалар, цилиндрлік және жазық форсункалар орнатылады. Коллекторлар роликтердің арасында немесе астында орнатылады, кейде екі нұсқаның комбинациясы қолданылады. Салқындату жүйесінің құрамдас бөліктері болып қысымдық және канализациялық магистральдар, сондай-ақ сорғы станциялары табылады. Жоғарыда аталған жұмыстарда салқындату жүйесінде судың үлкен шығыны бар екендігі атап өтілген. Роликтер санына байланысты су шығыны 700-1200 м<sup>3</sup>/сағ жетеді.

[21] жұмыста рольгангтарда мойынтіректерді майлау үшін орталықтандырылған жүйелер қолданылатыны атап өтіледі. Орталықтандырылған майлау жүйесі қосарланған жетектері бар 4-5 май станциясынан тұрады. Майлау мойынтіректерге штуцерлер арқылы корпуста немесе олардың қақпақтарына жеткізіледі. Штуцерлерге қысымды құбырлар арқылы май жеткізіледі. [21] жұмыста шетелдік рольгангтарда жылдам ажыратылатын қосылыстар мен икемді шлангтары бар автоматты клапандар қолданылатыны атап өтілген. Қысымды құбырлардың рольгангтың ішкі беттері бойынша таралуы мойынтірек торабымен рамалардың терезелеріндегі және корпустарының төменгі беттеріндегі тығыздалған тесіктер арқылы жүзеге асырылады.

АЖТМ инженерлері жаңа буындағы рольгангтарды әзірлеу кезінде мойынтіректерді ойластырған. Роликті орнату кезінде мойынтірек торабы автоматты түрде майлау жүйесімен қосылады. Бұл жүйемен байланыс болмағандықтан ақауларды жоюға және роликті ауыстыру уақытын едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттерді [25-49] талдау нәтижесінде, НШСГП рольгангтарын жетілдіруге арналған техникалық шешімдер келесі мәселелерге бағытталғаны анықталды:

- Жетекші рольгангтардың сенімділігін арттыру;
- Жетекші рольгангтардың жұмыс жағдайларын жақсарту;
- Электронды есептеуіш құрылғыларды қолдану арқылы рольгангтардың жұмысын басқару әдістерін дамыту.

Жүргізілген талдау нәтижесі бойынша, бұл саладағы көптеген өнертабыстар ТМД елдерінде, Жапонияда және Германияда жасалған. Соңғы елу жылдағы өнертабыстарды талдау НШСГП рольгангтарының сенімділігін арттыру ең маңызды және күрделі мәселе екенін көрсетеді. Роликтердің қызмет ету мерзімін ұзарту үшін әртүрлі конструкциялар ұсынылған [25, 27, 41, 42, 45-48, 50-55, 57, 59]. Мысалы, үлкен және кіші диаметрлі цилиндрлермен алмастырылған немесе құрастырылған бөшкелер түріндегі профилді роликтер. Құрастырылған бөшкелердегі роликтер сақиналы элементтерден тұрады. Бұл сақиналы элементтер ыстық металлмен тікелей

байланысады. Сақиналы элементтер керамикалық материалдардан немесе металды материалдардан жасалған әртүрлі жабындармен қапталған.

Роликтердің сенімділігін арттыру, оның құнын төмендету және жөндеу жұмыстарын жеңілдету үшін құрастырылған роликтер ұсынылған [32, 51]. Бұл роликтер валдан және жұмыс беткейінен тұрады. Жұмыс беткейі болаттан жасалған оңай ауыстырылатын жолақ болып табылады.

Жапония мен Германияда роликтердің бөшекелеріне жабын жағу үшін әртүрлі материалдар әзірленген. Бұл жабындар рольгангтардың роликтерін тозудан және жарықтардан қорғауға мүмкіндік береді [31, 42, 43, 46, 47, 50]. Жарықтардан қорғау үшін ролик бетінде арнайы жасалған ойықтар түріндегі профильдер және лазер сәулесімен қатайту қолданылады. Бұл термиялық кернеулерден пайда болатын жарықтар роликтердің істен шығуына әсер етпейтін бағыттарға таралады.

Рольгангтардың сенімділігін арттыруға арналған техникалық шешімдер [33-38, 56] жұмыстарында ұсынылған. Қажетті сенімділік жетекті жетілдіру арқылы қамтамасыз етіледі. Дегенмен, бұл рольгангтардың құрылымын едәуір күрделендіреді. Автор [21] жұмыста рольганг жетектерінің элементтерінің істен шығуының көп жағдайда техникалық қызмет көрсету деңгейінің жеткіліксіздігіне, әсіресе мойынтірек тораптарының қанағаттанарлық майлануын қамтамасыз етпеуіне байланысты екенін атап өтеді. Мұның бәрі мойынтіректердің және муфталардың серпімді қабықшаларының тез істен шығуына әкеледі.

Кейбір жұмыстар жолақтың жетекші рольганг арқылы тасымалдау кезінде орталықтандыру мәселелеріне арналған [40, 45, 49]. [45] жұмыста кең жолақты станның жетекші ролигінің букса конструкциясына авторлық куәлік алынған. Бұл буксада тесіктің осі параллель тірек жазықтықтарына қатысты берілген ауытқу мөлшеріне сәйкес ығыстырылған. Автор [10] жұмыста тек қалыңдығы 2 мм дейінгі парақтарды ұсынылған орталықтандыру әдісімен орталықтандыруға болатынын атап өтеді. Оның пікірінше, "арна" жетекші рольгангты пайдаланғаннан кейін 2-3 ай ішінде жойылады.

Роликтердің тозуын азайту, олардың істен шығуын қысқарту және НШСГП жетекші рольгангтарының сенімділігін арттыру үшін [15] жұмысында ыстықтай илектелген жолақтарды тасымалдау әдісі ұсынылған. Бұл әдіс жетекші рольгангта белгілі бір қадаммен көтеру механизмдерімен жабдықталған бос роликтерді орнатуды көздейді. Бос роликтер жолақтың моталкамен ұсталуы кезінде рольганг осіне перпендикуляр жазықтықта қозғалады. Мұндай қозғалыс жолақ басқа роликтермен жанасудан шыққанға дейін жалғасады. Жолақтың артқы ұшы соңғы станнан шыққанға дейін, жолақ стан және барабан моталка арасында созылу кернеуіне ұшырайды. Бұл кезеңде рольгангта көтеру роликтері ғана қолдаушы роликтер ретінде жұмыс істейді. Жолақтың ұшы соңғы станнан шыққаннан кейін, бұл роликтер бастапқы орнына түседі. Жолақпен байланыста болмайтын роликтердің тозуы азаяды және жолақтың сапасы артады.

[34, 35] жұмыстарында жолақты станның жетекші рольгангы ұсынылған, мұнда кейбір роликтер прокаттау деңгейінен 20 мм жоғары көтерілген. Авторлардың пікірінше, ең тиімдісі - іргелес секциялардың шеттерін көтеру. Бұл жағдайда, жолақтың алдыңғы ұшы моталкамен ұсталғаннан кейін, жолақтың артқы ұшымен, ол соңғы станнан шықпаған кезде, созылу жүзеге асырылады. [60] жұмыста ұсынылған жетекші рольганг 1989 жылы АО «АрселорМиттал Темиртау» НШПС 1700 станында енгізілген және 1995 жылға дейін қолданылғаны атап өтіледі. Бұл рольгангты қолдану нәтижесінде роликтердің бөшкелерінің тозу жылдамдығы тәулігіне 0,11 мм-ден 0,045 мм-ге дейін төмендеді. Алынған нәтижелерді талдау көрсеткендей, қатты тозған роликтердің саны 17 %-дан 49 %-ға дейін өсті. Жаңа жетекші рольгангты қолдану және сол арқылы жаңа тасымалдау әдісін қолдану роликтердің бөшкелерінің баяу тозуына әкелді. Нәтижесінде, роликтерді ауыстыру саны айына 30-дан 15-20-ға дейін азайды, ал жылдық шығын 100 және одан аз болды.

Патенттер мен авторлық куәліктерді пайдаланудың техникалық-экономикалық әсері жолақтарды жетекші рольгангта тасымалдау кемшіліктерін ішінара жойды, қосалқы бөлшектерді сатып алу және жөндеу жұмыстарына шығындарды азайтты. Дегенмен, кейбір мәселелер шешілген жоқ. Бұл кемшіліктерге жолақтардың алдыңғы ұштарының рольганг арқылы тасымалдау кезінде бүгілуі, жолақтардың және роликтердің жылдамдықтарының сәйкестігі, істен шыққан роликтерді қалпына келтіруге шығындарды одан әрі қысқарту, сондай-ақ жөндеу жұмыстарының үлкен көлемі жатады. Қазіргі уақытта бұл мәселелерді жою өзекті болып табылады.

20 ғасырда ТМД елдерінде НШСГП жетекші рольгангтарының жалғыз өндірушісі АО «АЗТМ» болды [10, 11]. Бұл зауытта келесі технологиялар бойынша роликтер өндірілді:

- Роликтердің чугун бөшкелерін құю;
- Құймаларды термиялық өңдеу;
- Бөшкелерді механикалық өңдеу;
- Ступицалар мен цапфтарды құю, механикалық өңдеу;
- Ступицаларды бөшкелерге орнату;
- Роликтерді құрастыру;
- Статикалық және динамикалық теңгерімдеу.

АЗТМ ТУ 24-І-09-318-79 (АЗТМ) пайдаланып, НШСГП жетекші рольгангтарының роликтерінің бөшкелерін құю жүзеге асырылды [10, 11]. Бұл кезде арнайы төмен легирленген ЖЧХН маркалы шойыннан роликтердің бөшкелері құйылды. Пеште хром және никельмен легірлеу және ферросилицием ФС-75 көмегімен модификациялау ЖЧХН шойынын дайындаудың ерекшелігі болды.

Индукциялық пеште хромоникелді немесе өңдеу шойынынан ЖЧХН шойыны балқытылды [10, 11]. 1400-1420°C температурада дайын шойынды пештен шығару жүргізілді. Центрден тепкіш құю машиналарында рольганг



бөшкелерін құю жүзеге асырылды. Пішіннің айналу жиілігі 650-700 об/мин болды, ал пішінді құю температурасы 1300-1360°C құрады.

Материалдардан [5-10, 62] көрініп тұрғандай, құймаларға келесі талаптар қойылады:

- Құймалардың қаттылығы HB 170-241 аралығында болуы керек;
- Мықтылық шегі 350 МПа және одан жоғары болуы керек.

Зауыттық технологиялық нұсқаулықты ТМ-ПТЛ-84 пайдаланып және құймалардың бөшкелерінің қажетті қаттылығына байланысты термиялық өңдеу жүргізіледі.

Автордың [10] пікірінше, термиялық өңдеудің мақсаты:

- Қатаюу процесінде пайда болатын ішкі кернеулерді жою;
- Механикалық қасиеттерін арттыру;
- Өңдеуге қабілетін жақсарту.

[11] жұмыста роликтердің бөшкелерін механикалық өңдеу токарлық станоктарда жүргізілетіні, содан кейін ступицалар мен цапфаларды ыстықта отырғызу жүзеге асырылатыны атап өтілген.

АО «АрселорМиттал Темиртау» технологиялық нұсқаулығына сәйкес [60], 1700 станның қабылдағыш рольгангінде роликтердің 10 %-ға дейінгі шығындарына, яғни шамамен 40 дана роликтің істен шығуына жол беріледі. [60] жұмысында келтірілген материалдарға сәйкес, НШПС 1700 станында істен шыққан роликтердің саны 40 данаға жетеді, ал кейбір жағдайларда 300 данаға дейін көтеріледі.

[61] жұмыстың авторлары атап өткендей, автомобильдік листтерді, трансформаторлық және басқа болаттарды 2000 НЛМК станында прокаттау кезінде цех инженерлері қабылдағыш рольгангтің жұмысына ерекше көңіл бөледі. НЛМК инженерлері дұрыс санайтыны, ыстықтай илектелген жолақтардың кейінгі суықтай прокаттау кезінде ақаусыз бетінің бетінде көптеген сызаттар пайда болады. Ыстықтай илектелген жолақтардың ақауларының саны роликтердің кедергілену санына байланысты. Осыған байланысты зауыт инженерлері 2000 НЛМК станында ұйымдастырушылық-техникалық шараларды енгізе алды, бұл қабылдағыш рольгангте ауысым сайын 600 роликтен тек 2 жұмыс істемейтін роликті ауыстыруға мүмкіндік берді.

Қазақ ұлттық техникалық университетінің (ҚазҰТУ) қызметкерлері НШПС 1700 АО «АрселорМиттал Темиртау» материалдары қабылдағыш рольгангті жұмыс жағдайында ұстаудың күрделілігін дәлелдейді [7,8]. Осы мәліметтерге сәйкес, 1700 станында әр айда кем дегенде 30 ролик істен шығып, ауыстырылды және жылына кем дегенде 300 ролик ауыстырылды.

[62] жұмысындағы материалдардан көрініп тұрғандай, ТМД елдерінде орнатылған қабылдағыш рольгангтің жылдық ролик шығыны бірнеше есе өзгереді. Жаңа орнатылған қабылдағыш рольгангтің барлық пайдалану талаптарына сәйкес жолақтарды тасымалдау роликтердің минималды ауыстырылуына әкеледі. Мұндай қабылдағыш рольгангтің пайдалану кезінде НЛМК АО АЗТМ-нен жылына 100 данадан аз роликтерге тапсырыс береді.

Кейінгі кезеңде роликтердің ауыстыру саны 300-350 данаға дейін күрт өседі, бұл қабылдағыш рольгангтің толық ауыстырылуына әкеледі. Қабылдағыш рольгангтің құрылымы жылдар өте айтарлықтай өзгереді. Сондықтан моральды ескірген жабдықты жаңасына ауыстыру орынды болып табылады.

[5-10, 62] жұмыстарында ҚазҰТУ қызметкерлерінің НЛМК және АО «АрселорМиттал Темиртау» қабылдағыш рольгангтерінде жүргізген көптеген зерттеулері роликтердің бөшкелерінің орташа тозу жылдамдығын және рольгангтің ұзындығы бойынша роликтердің істен шығу санын анықтады. ҚазҰТУ зерттеушілері жүргізген эксперименттік зерттеулер АО «АрселорМиттал Темиртау» НШПС 1700 станында орташа есеппен тәулігіне ролик бочкасының бетінен 0,11 мм металл тозатынын көрсетті. Жаңа диаметрі 285-300 мм роликтер үшін тәулігіне 0,09-0,12 мм тозу болды, орташа тозған диаметрі 285-270 мм роликтер үшін тәулігіне 0,07-0,055 мм тозу болды, ал ұзақ уақыт пайдаланылған диаметрі 270-255 мм роликтер үшін тәулігіне 0,050-0,030 мм тозу болды. Зерттеулердің нәтижелері негізінде жаңа диаметрі 300 мм роликтердің үлкен жүктеме сезінетінін көрсетеді. Сондықтан олардың шойын бочкасының металл тозуы ең үлкен. Авторлар роликтердің диаметрі азайған сайын тозу жылдамдығы төмендейтінін анықтады. [5-10, 62] жұмыстардың авторлары НШСП-1700 АО «АрселорМиттал Темиртау» қабылдағыш рольгангінің жұмысын бақылаған. Зерттеу қысқа уақыт пайдалану кезеңінен кейін көптеген роликтердің істен шығатынын көрсетті. Белгілі бір сан роликтер біраз уақыт ақаусыз пайдаланылады. Дегенмен, бочка тозғаннан кейін бірнеше миллиметрден кейін роликтердің бетінде жарықтар пайда болады және біраз уақыт өткеннен кейін роликтер бұзылады. Көптеген роликтердің жоғары тұрақтылыққа ие екенін атап өткен жөн. Олардың істен шығуы бочкасының қалыңдығы 3,5-5 мм дейін біртіндеп тозуымен жүзеге асады. [5-10, 62] жұмыстардың авторларының пікірінше, аз тозған роликтердің істен шығуының себебі бір жағынан пайдалану жағдайлары, екінші жағынан, өндіріс процесінің мұрагерлік ақаулары болып табылады.

Әдебиеттің [10, 11] талдауы қабылдағыш рольгангтердің жұмысын қолданыстағы әдістермен жетілдіру олардың жұмыс қабілетін күрт арттыруға мүмкіндік бермейтінін көрсетеді. [10, 11] жұмыстардың авторларының пікірінше, жолақтардың сапасын жақсарту және роликтердің қызмет ету мерзімін ұзарту қабылдағыш рольгангтердің принципті жаңа конструкциясын қолдану арқылы мүмкін болады.

## **2 Рольгангты есептеу**

Металлургтердің алдына саланың техникалық деңгейін көтеріп, металл сапасын арттыру міндеті тұр. Ол үшін ескірген негізгі қорларды белсендірек жаңартып, озық технологиялар мен жабдықтарды енгізу қажет.

Қойылған міндеттерді шешу металлургиялық машина жасаудағы ғылыми-техникалық прогресті жеделдетумен, үнемді, жоғары өнімді машиналар мен сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі жоғары агрегаттарды жасаумен тығыз байланысты.

Жалға берілетін жабдыққа деген қажеттілік өсуде. Бұл прокаттың процестің үздіксіздігіне, жоғары өнімділігіне және әртүрлі пішіндегі және жоғары сапалы өнімдерді шығару мүмкіндігіне байланысты металды өңдеудің барлық әдістерінің ішінде ең кең таралғаны екендігімен түсіндіріледі. Болаттан да, түсті металдан да прокат ең үнемді өнім болып табылады – металлургиялық кәсіпорындар үшін соңғы өнім және машина жасаудағы бастапқы өнім.

Металлургиялық машина жасауда металл шығынын азайту қазіргі техникалық прогрестің бағыттарының бірі болып табылады. Бұл құлдыраудың негізгі көрінісі ауыр машиналар өндірісінен әрлеу машиналары мен механикаландыру жабдықтарының ассортиментін кеңейте отырып, неғұрлым заманауи және жеңілдірек машиналарды шығаруға көшуден көрінуі керек. Сондай-ақ тез тозатын бөлшектердің сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыру арқылы прокат стандартының жұмыс істейтін металл шығынын азайту маңызды.

### **2.1 Роликті конвейердің мақсаты мен құрылымы**

Роликті үстелдер металды прокатқа тасымалдау, металды орамдарға беру, орамдардан қабылдау және қосалқы станоктарға (қайшы, ара, түзеткіш станоктар) ауыстыру үшін қолданылады. Қазіргі прокат стандарты металды өңдеудің желілік технологиялық процесімен сипатталады, сондықтан роликті үстелдердің жалпы ұзындығы өте маңызды. Ал олардың салмағы кейде бүкіл прокат станының механикалық жабдықтарының салмағының 20-30 % жетеді.

Мақсаты бойынша роликті конвейерлер жұмыс және көлік болып бөлінеді. Жұмысшылар - бұл жұмыс стендінің тікелей жанында орналасқан және металды орамдарға айналдыру және оны орамдардан қабылдау үшін қолданылатын роликті үстелдер. Тасымалдау жұмыс стендінің алдында және оның артында орнатылған және диірменнің жеке қосалқы станоктары мен құрылғыларын қосатын барлық басқа роликті үстелдер деп аталады.

Конструкциясы бойынша роликті үстелдер топтық және жеке роликті жетектермен және бос тұрған роликтермен жасалады.

Роликтердің топтық жетегімен 4 - 10 және одан да көп роликтерден тұратын роликті конвейердің бір секциясы конусты берілістер арқылы бір электр қозғалтқышынан роликті жетекпен және беріліс білігімен

жабдықталған. Топтық жетек тек қиын жағдайларда жұмыс істейтін роликті үстелдер үшін қолданылады, мысалы, блюминг және доңғалақты илемдеу стандартының қоректендіру роликтері.

Жеке жетекпен роликті конвейердің берілген секциясының әрбір роликі немесе екеуі жеке электр қозғалтқышынан қозғалады. Оларды өндіру және пайдалану оңайырақ. Олар прокаттан кейінгі ұзындығы айтарлықтай болатын металды жылжытуға арналған көлік роликті үстелдері ретінде, сонымен қатар сығымдау стандартында жұмысшы роликті үстелдердің алғашқы роликтері ретінде кеңінен қолданылады.

Тасымалдаушы ретінде бос тұрған роликтері бар роликті конвейерлер қолданылады, олар көлденеңге қарай аздап еңіспен орналасады және олардың бойымен металдың қозғалысы өздерінің ауырлық күшінің әсерінен жүреді, сондықтан бұл роликті конвейерлер гравитациялық деп те аталады.

Роликті үстел роликтері қатты соғылған, құйылған немесе құбырлардан жасалған.

Біз тұтастай илектелген темір жол доңғалақтарына арналған доңғалақты илемдеу қондырғысының қыздыру пешінің бөлімінде жұмыс істейтін топтық жетегі бар роликті конвейер жетекті роликті қарастырамыз.

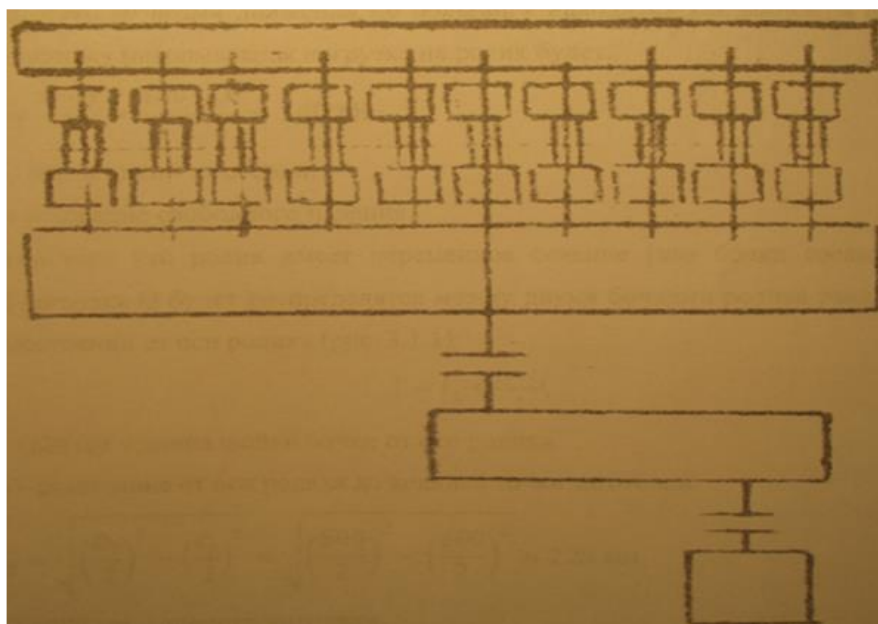
Бастапқы материал салмағы 3500 кг және диаметрі 500 мм болатын көміртекті болат немесе төмен легирленген болат құймалар болып табылады. Құйма кесетін көп кескіш станоктарда құймаларды жеті кескішпен бір уақытта кесіп, әрқайсысының салмағы шамамен 480 кг болатын алты дайындаманы алады. Жартылай автоматты желілерде 4,15 МН күші бар пресс-құйма ажыратқыштарда сыналарды пайдалана отырып, құймалар бөлек дайындамаларға бөлінеді. Роликті конвейерде тиеу машиналарының көмегімен дайындамалар айналмалы сақиналы ошағы бар қыздырғыш айналмалы пештерге беріледі; бұл ретте жүк түсіру машиналарының көмегімен 1250 °С температураға дейін қыздырылған дайындамалар пештерден бір-бірден түсіріліп, роликті конвейер бойымен жоғары қысымды сумен гидроскалировкаға арналған құрылғыға, содан кейін гидравликалық қондырғыға беріледі. штамптау пресстері, оларда келесі операциялар бірізді түрде орындалады: дайындаманы тұндыру және қақты қосымша жою. Орталық саңылауды тесу және дайындамаға өрескел дөңгелек пішінін беру, күпшек, диск және жиекті қалыптау.

Одан әрі доңғалақты прокат станында жиек пен фланецті соңғы прокаттау және доңғалақ дискісін шығару орындалады. Домаланған доңғалақ роликті үстелдің бойымен диск иілген пресске беріледі, жиегі калибрленеді және хабтың орталық тесігінен кішкене секіргіш алынады. Маркировкадан кейін дөңгелектер 900 - 950 °С температурада термиялық өңдеу бөліміне жіберіледі. Жылу бөлімінде дөңгелекті тасымалдау ілмекті аспалы конвейерлермен жүзеге асырылады.

Атқылау, стендтерде тексеру және ақауларды анықтау, барлық дөңгелек элементтерін станоктарда түпкілікті өңдеу, камераларда коррозияға қарсы жабын жағу және конвейерлік пештерде жабынды кептіруден кейін

дөңгелектер дайын өнім қоймасына жіберіледі.

Жетекші ролик (2 - сурет) жүк тиеу машиналарының көмегімен дайындамаларды аралық қоймадан айналмалы қыздыру пештеріне тасымалдайтын тасымалдау роликті конвейердің бөлігі болып табылады. Топтық жетекпен 10 шығыршықтан тұратын бір роликті конвейер секциясы бір электрқозғалтқыштан доңғалақ берілістер мен беріліс біліктері арқылы қозғалады. Топтық жетек тек қиын жағдайда жұмыс істейтін роликті конвейерлер үшін қолданылады. Бұл роликті конвейерде қозғалатын дайындаманы бағыттауға арналған басқарылмайтын роликтер түріндегі бағыттағыштар бар.



Сурет 2 - Роликті үстел қимасының диаграммасы

## 2.2 Роликті жетек моменті

Роликті конвейер роликтерінің жетек моменті мен қуаты үш факторды ескере отырып анықталады:

– роликті конвейер бойымен металды жылжыту кезінде мойынтіректердегі үйкеліс шығындары;

– металл кездейсоқ кедергіге соғылған кезде роликтердің металлға сырғып кетуі мүмкін, мысалы, роликті конвейердің ұзындығы бойынша орнатылған бағыттаушы сызғыштар; Бұл сәттер жетектің статикалық жүктемесін құрайды;

– металды үдеумен тасымалдау мүмкіндігі, ол үшін роликтерге динамикалық моментті қолдану қажет.

Мойынтіректердегі үйкеліс моменті

$$M_{\text{үйк}} = (Q + n \cdot G) \cdot \mu \cdot \frac{d_n}{2} \quad (1)$$

$Q$  – тасымалданатын металдың салмағы  $N$ ;  
 $G$  - роликтің салмағы  $N$ ;  
 $n$  - бір электр қозғалтқышымен қозғалатын роликтер саны;  
 $\mu$  - роликті мойынтіректердегі үйкеліс коэффициенті;  
 $d_p$  - роликті мойынтіректердегі үйкеліс диаметрі, м.

$$M_{\text{үйк}} = (4800 + 10 \cdot 1530) \cdot 0,008 \cdot \frac{0,07}{2} = 5,63 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Роликтің металға сырғанау сәті

$$M_{\text{б}} = Q \cdot \mu_{\text{б}} \cdot \frac{d}{2} \quad (2)$$

$Q$  – бір роликтегі металдың салмағы,  $N$ ;  
 $d$  – роликті бөшкенің диаметрі, м;  
 $\mu_{\text{б}}$  – сырғанау кезіндегі роликтің үйкеліс коэффициенті: ыстық металда – 0,3, суық металда – 0,2.

$$M_{\text{б}} = 1600 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,195}{2} = 46,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Статикалық сәт

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{үйк}} + M_{\text{б}} = 5,63 + 46,8 = 52,43 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3)$$

Роликті үстел роликтерінің айналуы жылдамдағанда, олардағы металл үдеумен алға жылжиды. Аудармалы қозғалатын металдың инерция моментін роликтің айналу осіне келтіру үшін есептейміз. Металл массасы роликтің шеңберіндегі нүктеге (генератрица бойымен) түсірілгені.

Динамикалық сәт

$$M_{\text{д}} = (J_p + J_m) \cdot \varepsilon = \frac{1}{4} \cdot [n \cdot (m_p \cdot D^2) + m_m \cdot d^2] \cdot \varepsilon \quad (4)$$

$m_p$  – роликтің массасы, кг;  
 $m_m$  - металл массасы, кг;  
 $D$  - цилиндр пішіні бар айналмалы бөліктің инерция диаметрі, м;  
 $\varepsilon$  - бұрыштық үдеу,  $s^{-2}$ ;  
 Инерция диаметрі

$$D = 1,4 \cdot \frac{d}{2} = 1,4 \cdot \frac{0,195}{2} = 0,136 \text{ м} \quad (5)$$

Бұрыштық үдеу

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a}{d} \quad (6)$$

мұндағы  $a$  – ролик бойымен ілгерілемелі қозғалатын металдың үдеуі,  $\text{м/с}^2$  үшін роликтер металдың инерция күшін жеңуі керек.

$$F_u = m_m \cdot a \quad (7)$$

Бірақ металл роликтер бойымен (тайғанақсыз) қозғалғанда, инерциялық күш ролик пен металл арасындағы үйкеліс күшінен артық болмайды.

$$F_{\text{үйк}} = \mu \cdot m_m \cdot g \quad (8)$$

Яғни,

$$F_u \leq F_{mp} \text{ немесе } a \leq \mu \cdot g = 9.81 \cdot \mu.$$

Бұл роликті үстелдің роликтеріндегі металдың максималды үдеуі роликтің металға үйкеліс коэффициенті мен еркін түсу үдеуінің көбейтіндісінен артық болуы мүмкін емес дегенді білдіреді.

Ыстық метал үшін  $\approx 3 \text{ м/с}^2$  шығады.

Бұрыштық үдеу

$$\varepsilon = \frac{2,3}{0,195} = 30,77 \text{ с}^{-2} \quad (9)$$

Динамикалық сәт

$$M_d = \frac{1}{4} \cdot [10 \cdot (153 \cdot 0,136^2) + 480 \cdot 0,195^2] \cdot 30,77 = 358 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (10)$$

Роликті конвейер роликтерінің жалпы жетек моменті

$$M = M_{cm} + M_d = 52,43 + 358 = 410,43 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (11)$$

### 2.3 Шаршауға, төзімділікке роликті есептеу

Осьтің жобалық диаграммасы 2.2-суретте берілген. Остің оң және сол жақ тіректері туралы момент теңдеулерін құру арқылы тірек реакцияларын анықтайық.

Тік жазықтық

$$R_1 = \frac{\frac{Q}{2} \cdot 0.37 + \frac{Q}{2} \cdot 0.71 - P_r \cdot 0.185}{1.04} = \frac{1200 \cdot 0.37 + 1200 \cdot 0.71 - 2873 \cdot 0.185}{1.04} = 735 \text{ H.} \quad (12)$$

$$R_2 = \frac{\frac{Q}{2} \cdot 0.33 + \frac{Q}{2} \cdot 0.67 + P_r \cdot 1.225}{1.04} = \frac{1200 \cdot 0.33 + 1200 \cdot 0.67 + 2873 \cdot 1.225}{1.04} = 4538 \text{ H.}$$

Көлденең жазықтық

$$R_1 = \frac{P_1 \cdot 0.185}{1.04} = \frac{7803 \cdot 0.185}{1.04} = 1404 \text{ H} \quad (13)$$

$$R_2 = \frac{P_1 \cdot 1.225}{1.04} = \frac{7893 \cdot 1.225}{1.04} = 9297 \text{ H} \quad (14)$$

Жалпы реакция

$$R_1 = \sqrt{(R_1')^2 + (R_1'')^2} = \sqrt{735^2 + 1404^2} = 1585 \text{ H.} \quad (15)$$

$$R_2 = \sqrt{(R_2')^2 + (R_2'')^2} = \sqrt{4538^2 + 9297^2} = 10345 \text{ H.}$$

Иілу моменттері (4-сурет)

$$M_1 = R_1 \cdot 0.33 = 735 \cdot 0.33 = 243 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = R_1 \cdot 0.67 - \frac{Q}{2} \cdot 0.34 = 735 \cdot 0.67 - 1200 \cdot 0.34 = 85 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (17)$$

$$M_3 = R_1 \cdot 1.04 - \frac{Q}{2} \cdot 0.37 - \frac{Q}{2} \cdot 0.71 = 735 \cdot 1.04 - 1200 \cdot 0.37 - 1200 \cdot 0.71 = -532 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (18)$$

$$M_4 = R_1 \cdot 1.04 = 1404 \cdot 1.04 = 1460 \text{ H} \cdot \text{м} \quad (19)$$

Осьтің көлденең қимасын тексерейік.

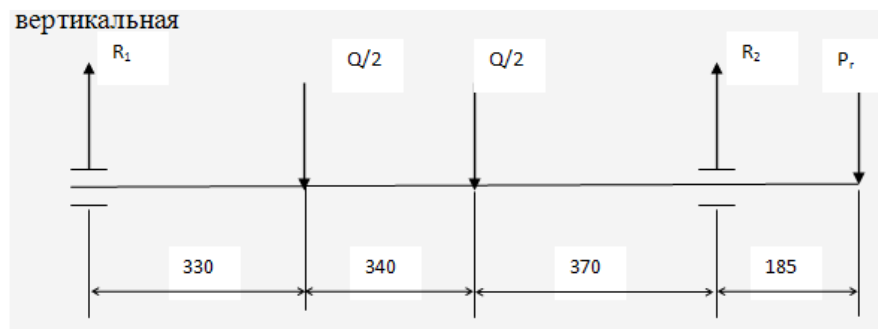
Бөлім модулі иілу

$$W_u = \frac{\pi \cdot d^3}{32},$$

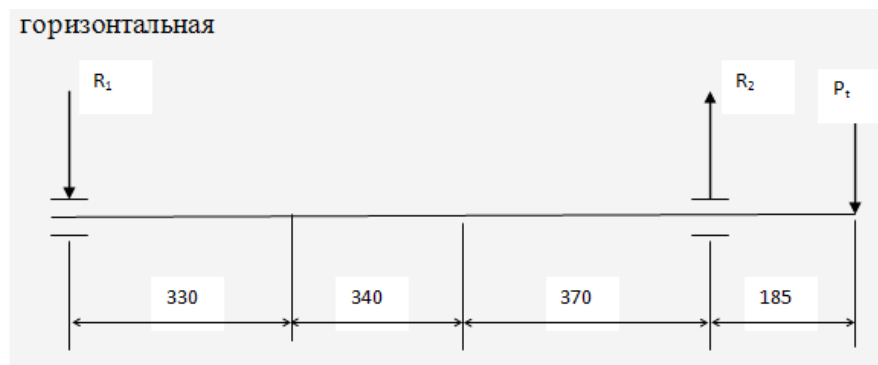
мұндағы  $d$  – берілген қимадағы біліктің диаметрі, мм.



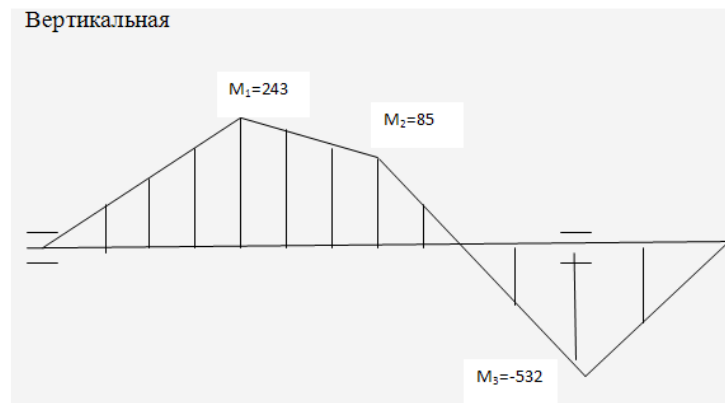
$$W_u = \frac{\pi \cdot 125^3}{32} = 191748 \text{ мм}^3.$$



Сурет 3 - Тірек реакцияларын анықтаудың есептеу схемасы



Сурет 4 – Горизонтальды реакцияларын анықтаудың есептеу схемасы



Сурет 5 - Иілу моменттерінің диаграммасы

1 нүктедегі толық иілу моменті

$$M_u = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = \sqrt{243^2 + 463^2} = 523 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Берілген қимада пайда болатын иілу кернеулері

$$\left\{ \sigma_u = \frac{M_u}{W_u} \right., \quad (22)$$

$$\left\{ \sigma_u = \frac{523000}{191748} = 27 \text{ МПа} \right.$$

Бұралмалы кернеу

$$\tau_v = \frac{M_k}{W_k}, \quad (23)$$

Бөлім модулі білік бұралу:

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_m^3}{16}, \quad (24)$$

$$W_k = \frac{3.14 \cdot 125^3}{16} = 383496 \text{ мм}^3$$

$$\tau_v = \frac{663000}{383496} = 17 \text{ МПа}$$

Қауіпсіздік шекаралары

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a} \cdot k;$$

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a} \cdot k, \quad (25)$$

мұндағы  $\sigma_{-1}$  және  $\tau_{-1}$  стандартты сынақ жағдайларында иілу және бұралу үшін төзімділік шегі, МПа;

$\sigma_a$  және  $\tau_a$  - бөліктегі номиналды айнымалы кернеу (кернеу амплитудасы), МПа;

$k$  – коэффициент. бөлшектердің нақты жұмыс жағдайында төзімділік шегіне және номиналды кернеуге барлық факторлардың бірлескен әсерін ескере отырып.

Ролик 40X ГОСТ 4543-88 болаттан жасалған. Содан кейін

$$n_\sigma = \frac{400}{27} \cdot 0,6 = 8,8,$$

$$n_{\tau} = \frac{200}{8,5} \cdot 0,6 = 14,1$$

Симметриялы кернеу циклдері кезінде қалыпты және тангенциалды кернеулердің бір мезгілде әрекеті кезіндегі қауіпсіздік шегі

$$n_{\sigma} = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{8,8 \cdot 14,1}{\sqrt{8,8^2 + 14,1^2}} = 7,5.$$

### 2.3.1 Жаңа шығару рольгангтың ролигын беріктікке есептеу

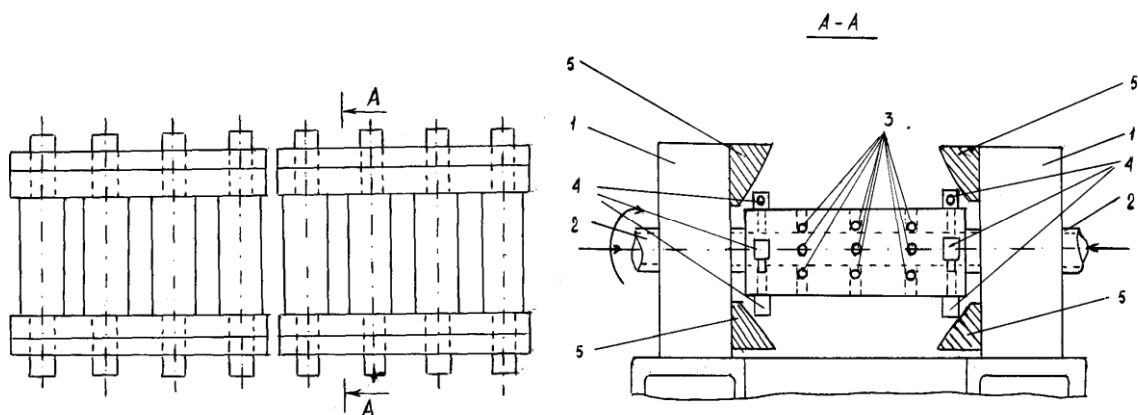
Белгілі кең жолақты станоктардың шығарып тастау роликтері үздіксіз қатарлы секциялардан тұрады, олар тұтас роликтермен жабдықталған, тұрақты немесе айнымалы ток қозғалтқышынан айналады [63]. Алайда, бұл роликтер жоғары осьтік инерция моментіне байланысты және температуралық деформациялардан теңгерімсіздікке бейім болғандықтан, мойынтіректер мен электр қозғалтқыштарының жиі істен шығуына әкеледі. Кең жолақты прокаттық станоктардың шығарып тастау ролигінің конструкциясы қызығушылық тудырады, олар тұрақты немесе айнымалы ток қозғалтқышынан айналатын қуыс роликтермен жабдықталған секциялардың үздіксіз қатарларымен жабдықталған [64]. Алайда, бұл роликтің кемшілігі тасымалданатын жолақ пен роликтердің тікелей байланысынан роликтердің біркелкі тозуы болып табылады, бұл роликтердің әртүрлі диаметрлерінің бір уақытта роликте болуына әкеледі, бұл жолақ пен жұмыс бетіндегі роликтердің жылдамдықтарының сәйкестігін бұзады. Үлкен тозу аймақтарында жолақтың тежелуінен жылдамдықтардың сәйкес келмеуі апаттық жағдай жасайды, ал жұмыс беттерінің қатты тозуы беткі ақаулардың пайда болуына әкеледі. Белгілі шығарып тастау роликтерінде роликтер үшін жеке жетегі пайдаланылады, бұл кезде жолақтың бетін мәжбүрлі түрде салқындату үшін ламинарлық типтегі орнату қолданылады, яғни тасымалдау және салқындату (металл сапасын арттыру үшін) күрделі конструкциялы жабдық пайдаланылады. Аталған себептер ыстықтай илектелген жолақтарды тасымалдау және салқындату процесін едәуір қиындатады, бұл ретте роликтің жұмысы үлкен материалдық және энергетикалық шығындарды талап етеді. Біз кең жолақты прокаттық станоктарға арналған шығарып тастау роликтерін жасадық [65], оларды металлургиялық комбинаттардың прокат цехтарында ыстықтай илектелген табақтарды өндіру кезінде пайдалануға болады. Біздің ойымызша, жаңа конструкциядағы шығарып тастау роликтерін пайдалану алынатын ыстықтай илектелген жолақтардың сапасын арттырады, жолақтарды тасымалдау және салқындату шығындарын төмендетеді.

Ұсынылған кең жолақты прокаттық станоктардың шығарып тастау роликтері жеке жетектері бар қуыс роликтері бар секциялардың қосылған. Әр ролик цилиндрлік барабанның орталық бөлігінде дөңгелек немесе тікбұрышты

қималы радиалды саптамалары, ал шеттерінде ыстықтай илектелген жолақтың қозғалысына қарсы бағытталған Г-тәрізді саптамалар бар. Әр ролик секциясында Г-тәрізді саптамалары бар роликтің бөліктері орналасқан дискілі су шағылдырғыш экрандары бар.

Кең жолақты прокаттық станоктардың шығарып тастау ролигінің схемасы 1-суретте көрсетілген, а (шығарып тастау ролигі) және б (роликтің конструкциясы). Кең жолақты прокаттық станоктардың шығарып тастау ролигі 1 радиалды дөңгелек немесе тікбұрышты қималы саптамалары 3 және Г-тәрізді саптамалары 4 бар роликтерден 2 тұрады. Бұл роликте Г-тәрізді саптамалары бар роликтің бөліктері орналасқан дискілі су шағылдырғыш экрандары 5 бар.

Ыстықтай илектелген жолақтарды тасымалдау және салқындату келесі түрде жүзеге асырылады. Сорғы орнатпасынан шығарып тастау ролигіне 1 жоғары қысымды су беріледі, ол радиалды саптамалар 3 және Г-тәрізді саптамалар 4 арқылы өтіп, роликтің бетінде күш пен айналу моментін жасайды, бұл роликтің ыстықтай илектелген жолақтың тасымалдау бағытына айналуына әкеледі. 4 саптамасынан жоғары қысыммен шығатын су, су шағылдырғыш экранға 5 түсіп, ағынды шашырауымен ыстықтай илектелген жолақты салқындатады. Белгілі бір бөлігіндегі қысым астындағы су радиалды саптамалар арқылы 3 өтеді, бұл табақ прокатын тік бағытта көтеруге және жолақ пен ролик арасындағы үйкелісті азайтуға әкеледі.



а – шығарып тастау ролигі; б – роликтің конструкциясы

Сурет 6 – Кең жолақты прокаттық станоктардың шығарып тастау ролигі

Жоғары қысымдағы суды пайдалану роликтердің бетінде күштер мен айналу моменттерін жасайды, бұл роликтердің айналу қозғалысын қамтамасыз етеді, осылайша, электр қозғалтқышпен жеке жетектерді пайдаланбай ыстықтай илектелген табақтарды тасымалдауға мүмкіндік береді. Су шағылдырғыш экраннан су ағынын шағылыстырып, ыстықтай илектелген металдың бетіне түсуі арнайы мәжбүрлі салқындату орнатпасын пайдаланбай жолақты салқындатуға мүмкіндік береді (шығарып тастау

ролигінде салқындату арқылы механикалық қасиеттерді жақсарту жұмыста жақсы сипатталған [66]). Суды радиалды саптамалар арқылы беру салқындатуға да ықпал етеді. Ыстықтай илектелген табақты тік бағытта көтеру және жолақ пен ролик арасындағы үйкелісті азайту прокатталатын табақтың бетіндегі сапаны арттырады және роликтердің тозуын азайтады және олардың істен шығуын төмендетеді. Мұның бәрі алынатын ыстықтай илектелген жолақтардың сапасын арттырады, жолақтарды тасымалдау және салқындату шығындарын азайтады.

Біркелкі бөлінген ішкі және жергілікті сыртқы қысымға ұшыраған қалың қабырғалы роликтер жаңа шығарып тастау ролигінің элементтері болып табылады. Қарастырылатын роликтердегі кернеулерді анықтау осьтік симметриялы серпімділік және материалдардың кедергісі теориясының тапсырмаларына жатады [67]. Роликтің жартылай жабық қабырғаларының нүктелерінде біркелкі бөлінген ішкі қысым  $p_1$  және жергілікті өзгертін сыртқы қысым  $p_2$  әрекет еткенде үш осьтік кернеулі күй пайда болады. Роликтің қабырғасының кез келген нүктесінде негізгі жазықтықтар сәйкес келеді [67]: роликтің радиусы арқылы өтетін шеткі жазықтықпен (меридиональді кесінді); роликтің сыртқы беттеріне центрлі цилиндрлік бетке жанасатын жазықтықпен және осы нүкте арқылы өтетін роликтің көлденең кесіндісімен. Шеңберлік және радиалдық кернеулер ролик қабырғасының қалыңдығы бойынша гиперболалық заңмен өзгереді, олардың шамалары ағымдағы радиусқа байланысты формулалар бойынша анықталады

Осьтік Вольтаж біркелкі таратылды Авторы бәрі көлденең бөлім ролик.

- Үшін аймақтар қысу ашық қысым  $p_2$ .

Ашық роликте (түбі жоқ), анық, осьтік кернеулер болмайды, қабырғаның көп нүктелерінде жазық кернеулі күй пайда болады. Қарастырылып отырған жағдайда ролик жартылай жабық болып табылады. Сондықтан осьтік кернеулерді елемеуге болады.

Есептеулер пішінді өзгерту энергиясы бойынша орындалды, бұл жаңа кең жолақты стана роликтерінің беріктігін анықтады. Есептеу кезінде келесілер қабылданды: біркелкі ішкі қысым  $p_1$  ( $p_1$  қысымын сорғы қысымына тең деп қабылдады); жергілікті сыртқы қысу қысымы  $p_2$ , оның мөлшері тасымалданатын жолақтың қысымына тең; жергілікті сыртқы тарту қысымы  $p_2$ ; роликтердің радиустары  $r_1 = 100$  мм;  $r_2 = 300$  мм. Жергілікті сыртқы қысу қысымы  $p_2$  әдістеме бойынша анықталды [68]. Жолақтың шығарып тастау ролигі бойынша ілгерілемелі қозғалысы кезінде жолақтың белгілі бір бөлігінің ауырлық орталығы  $h_p$  шамасына көтеріледі және түседі. Жолақтың белгілі бір бөлігінің төмендеуінің соңында, яғни оның роликпен жанасу сәтінде, оның құлау кинетикалық энергиясы келесідей тең:

$$E_0 = 2m\vartheta^2 = Qhn \quad (26)$$

мұнда  $v_0$  – жолақтың роликпен жанасу сәтіндегі құлау жылдамдығы, м/с;  $m$  және  $Q$  – бір роликке келетін металдың массасы (кг) және салмағы (Н).

Жолақ роликке соғылғаннан кейін соққы энергиясының бір бөлігі жолақтың пластикалық деформациясына (сығылуы) жұмсалады, ал жолақ роликпен бірге  $v_1$  жылдамдықпен қозғалады, өйткені ролик серпімді түрде иіледі. Белгілі [68], тұрақты қимасы бар арқалықтың иілуін есептегенде арқалықтың салмағының әсерін ескеру үшін арқалықтың ортасында әсер ететін жүктемеге оның салмағының жартысын (нақтырақ 17/35) қосу керек. Осылайша, жолақ пен ролик жүйесінің соққыдан кейінгі кинетикалық энергиясы келесідей болады [68]:

$$E_y = m + k_1 \cdot m_p \cdot v^2 \quad (27)$$

мұнда  $k_1 \approx 0,3$  – ролик массасын жолақ массасына келтіру коэффициенті. Бұл энергия ролик пен оның тіректері серпімді деформациясының потенциалды энергиясына айналады. Айқын,  $E_0 - E_y$  айырмасы жолақтың пластикалық деформациясына (сығылуына) жұмсалған энергия болып табылады. (28) теңдеуінде белгісіз шамасы соққыдан кейінгі жүйенің  $v_1$  жылдамдығы. Импульс сақталу заңына сәйкес, соққыға дейінгі жүйенің импульсы соққыдан кейінгі импульсына тең [68]:

$$m v_0 = (m + k_2 \cdot m_p) \cdot v_1 \quad (28)$$

мұнда  $k_2 = 0,625$  – ролик жылдамдығын метал жылдамдығына келтіру коэффициенті. Бұл мәнді (6) теңдеуіндегі  $v_1$  орнына қойып, келесі формуланы аламыз [68]:

$$E_y = E_0 \cdot (1 + k_2 \cdot m \cdot m_{p1}) \quad (29)$$

(29) формуласынан көрініп тұрғандай, соққыдан кейінгі жүйенің энергиясы жолақ массасына қатысты ролик массасы аз болған сайын көп болады. Мысалы,  $m_p = 0,3 \cdot m$  болғанда,  $E_y \approx 0,95 \cdot E_0$ , яғни соққы энергиясының 95% ролик пен оның тіректері қабылдайды, тек 5% жолақтың сығылуына жұмсалады. Бұл роликтің иілу кезінде онда едәуір кернеулер пайда болатынын білдіреді. Рольганг роликтерін әдетте қатты тірекке (домалау мойынтіректері) орнатады, сондықтан кинетикалық энергия  $E_y$  толығымен роликтің иілуінің потенциалдық энергиясына өтеді деп санауға болады (тірек деформациясын елемеуге болады). Роликті тұрақты қимасы бар екі тіректі арқалық ретінде бейнелеп, оның иілуінің потенциалды энергиясы соққының динамикалық күшінің иілу мөлшеріне көбейтіндісінің жартысына тең болады, яғни:

$$U = 2P \cdot f \quad (30)$$

Екі тіректі арқалықта иілу әсер ететін күшке пропорционалды [68]:

$$F = 48EJP \cdot l_3 \quad (31)$$

сондықтан соққы кезінде роликтің потенциалдық энергиясы келесідей болады [68]:

$$U = 96EJP_2 \cdot l_3 \quad (32)$$

мұнда  $l_1$  – арқалық (ролик) тіректерінің ара қашықтығы;  $EJ$  – арқалықтың қаттылығы. Кинетикалық энергияны потенциалды энергияға теңестіріп, яғни

$E_y = U$ , динамикалық соққы күшін анықтау формуласын аламыз [68]:

$$P = K_{\text{дин}} \cdot Q \quad (33)$$

мұнда  $K_{\text{дин}}$  – динамикалық коэффициент. Ол формула бойынша анықталды:

$$K_{\text{дин}} \approx 9.8$$

Динамикалық соққы күшін жолақ пен роликтің жанасу алаңына бөліп, жергілікті сыртқы қысу қысымы  $p_2$  анықталды. Қауіпті нүкте бойынша есептеу кезінде – мұнда дәл осы әдіс қарастырылады – роликтің қауіпті нүктесі үшін беріктік қорының коэффициенті мәні қызмет етеді. Белгілі [67], бұл коэффициент беріктік гипотезасына сәйкес анықталған эквивалентті кернеуге беріктік шегінің қатынасы болып табылады. Жартылай жабық ролик үшін қауіпті нүктелер ішкі және сыртқы беттер болып табылады, мұнда жергілікті сыртқы тарту қысымдары пайда болады. Қауіпті нүктеде көлемдік кернеулі күй пайда болады, бұл кезде қалыпты кернеу  $\sigma_\theta$  және басты кернеу  $\sigma_2$  сәйкесінше шеңберлік және радиалдық кернеулерге тең болады және (27) формуласы бойынша анықталады. Көлденең және радиалдық қималарда пайда болатын жанама кернеулер [67] формуласы бойынша анықталады.

$$T_{\text{max}} = W_p \cdot M_z = \pi d^3 16 (1 - (d_2/d_1)^2) \quad (34)$$

мұнда  $d_1$  – роликтің ішкі диаметрі;  $d_2$  – роликтің сыртқы диаметрі;  $T$  – жаңа кең жолақты стана роликтерінің жетегі моменті. Белгілі формула бойынша  $t$  анықталды [66]:

$$\tau = P_p \cdot l \quad (35)$$

мұнда  $P_p$  – жаңа кең жолақты стана ролигін айналдыруға қажетті толық күш;  $l$  – роликтің радиусы мен  $\Gamma$ -тәрізді саптаманың биіктігін қосу арқылы анықталатын иін. Ішкі беттің көлденең және радиалды қималарында пайда болатын жанама кернеулер белгілі [67], роликтің кез келген радиусы бойымен сызықтық заң бойынша өзгереді, сондықтан:

$$\tau = \tau_{\max} \cdot r_2 \quad (36)$$

Қарастырылып отырған нүктеде көлемдік кернеулі күй пайда болады. Бастапқы жазықтықтардың бірі – негізгі ( $\sigma_r$  – негізгі кернеу), сондықтан  $r=r_1$  және  $r=r_2$  үшін векторға параллель жазықтықтар жиынтығы үшін негізгі кернеулерді жеңілдетілген жазық кернеулі күйге арналған формулалар бойынша анықтауға болады [67]:

$$\sigma_{1,2} = \sigma_{\theta}(r=r_1)^2 \pm \sigma_r(r=r_1)^2 \quad (37)$$

$$\sigma_{1,2} = \sigma_{\theta}(r=r_2)^2 \pm \sigma_r(r=r_2)^2$$

Жартылай жабық роликтің қауіпті нүктелері үшін эквивалентті кернеулер пішінді өзгерту энергиясы гипотезасы немесе бесінші беріктік теориясы бойынша анықталды [67]:

$$\sigma_{\text{eq}}(r=r_1) = 12(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \quad (38)$$

$$\sigma_{\text{eq}}(r=r_2) = 12(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2$$

Беріктік қорының коэффициенті формула бойынша анықталды [67]:

$$nv = \sigma_T \sigma_{\text{eq}} \geq [n] \quad (39)$$

мұнда  $\sigma_T$  – материалдың аққыштық шегі (втулка 45 болаттан жасалғандықтан,  $\sigma_T = 360$  МПа). Есептеулердің нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Роликтің кернеулі күйі және беріктік қорының коэффициенті

| $r_1$ , мм | $r_2$ , мм | $p_1$ , МПа | $p_2$ , МПа | $\sigma_{\theta}$ (r = $r_1$ ), МПа | $\sigma_r$ (r = $r_1$ ), МПа | $\sigma_{\theta}$ (r = $r_2$ ), МПа | $\sigma_r$ (r = $r_2$ ), МПа | $\tau_{\max}$ , МПа |
|------------|------------|-------------|-------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 75         | 150        | 70          | 0,05        | 116,7                               | -69,9                        | 46,7                                | 0,1                          | 35,5                |

| $\tau$ , МПа | $\sigma_1$ (r = $r_1$ ), МПа | $\sigma_2$ (r = $r_1$ ), МПа | $\sigma_1$ (r = $r_2$ ), МПа | $\sigma_1$ (r = $r_2$ ), МПа | $\sigma_{\text{eq}}$ (r = $r_1$ ), МПа | $\sigma_{\text{eq}}$ (r = $r_2$ ), МПа | $nv_1$ | $nv_2$ |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|--------|--------|
| 17,75        | 126,65                       | -9,95                        | 65,84                        | -19,14                       | 136,6                                  | 94,98                                  | 2,3    | 3,76   |

Роликтің ішкі және сыртқы диаметрлері мен материалдың аққыштық шегі бойынша есептелген беріктік қорының коэффициенті талап етілетін коэффициенттен аспайды. Сондықтан ұсынылған кең жолақты стана ролигі қолдану кезінде оның роликтерінің бұзылуы күтілмейді.



### 2.3.2 Берілістерді есептеу

Номиналды қозғалтқыш моменті

$$M = \frac{N}{\omega}, \quad (40)$$

$$M = \frac{N}{\omega}$$

мұндағы  $N$  – жетек қозғалтқышының қуаты, Вт;  
 $\omega$  - жетек қозғалтқышының бұрыштық жылдамдығы,  $s^{-1}$ .

$$M = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 30}{\pi \cdot 710} = 148 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Төмен жылдамдық білігіндегі момент

$$M_2 = M \cdot u,$$

мұндағы  $u$  – беріліс қатынасы;

$$M_2 = 148 \cdot 4,48 = 663 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Доңғалақ қадамының диаметрі

$$d_k = z \cdot m = 28 \cdot 6 = 168 \text{ мм}; \quad (41)$$

мұндағы  $z$  – тістердің саны;

$m$  – беру модулі.

Әрекет етуші күштер аудан

$$P_1 = \frac{2 \cdot M_2}{d} = \frac{2 \cdot 663}{0,168} = 7893 \text{ Н}. \quad (42)$$

радиалды

$$P_r = P_t \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 7893 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 2893 \text{ Н}. \quad (43)$$

Тікелей берілістердің жұмысы кезінде пайда болатын жанасу кернеуі

$$\sigma_H = \frac{310}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot M_1}{b \cdot u}} \cdot \sqrt{\frac{(u+1)^3}{u}} \leq [\sigma]_H$$

мұндағы  $a_w$  – беріліс жетегінің осьаралық қашықтығы;

$b$  – беріліс ені;

$K_H$  – тістер арасындағы жүктеменің біркелкі бөлінбеу коэффициенті.

Мұндағы  $z_1$  және  $z_2$  – доңғалақтың тістері мен беріліс қорабының берілістерінің саны.

Тістердің арасындағы жүктеменің біркелкі таралу коэффициенті

$$K_H = K_a \cdot K_\beta \cdot K_v,$$

мұндағы  $K_a$  дөңгелекті беріліс үшін 1,0-ге тең;

$K_\beta$  – біркелкі емес таралуды ескеретін коэффициент

сақиналы берілістің ені бойынша жүктемелер;

$k_v$  – перифериялық жылдамдыққа байланысты коэффициент.

$$K_H = 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,05 = 1,102.$$

Содан кейін төмен жылдамдықты кезең үшін контакт кернеуі болады

$$\sigma_H = \frac{310}{168} \cdot \sqrt{\frac{1,102 \cdot 663000}{80 \cdot 4,48}} \cdot \sqrt{\frac{(4,48+1)^3}{4,48}} = 505 \text{ МПа.}$$

Азотталған болат үшін рұқсат етілген жанасу кернеуі

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{[n]} = 1050 \text{ МПа.} \quad (44)$$

Міне  $\sigma_{Hlim}$ , 40Х болаттың төзімділік шегі, одан жанасу үшін беріліс жасалған;

$[n]$  - қауіпсіздік коэффициенті.

Сонымен,  $\sigma_H = 505 \text{ МПа} < [\sigma_H] = 1050 \text{ МПа}$ .

Тісті беріліс тістеріндегі иілу кернеуі

$$\sigma_F = \frac{P_t \cdot Y_F \cdot k_F}{m \cdot b} \leq [\sigma]_F,$$

мұндағы  $Y_F$  – тіс пішінінің коэффициенті;

$k_F$  – жүктеме коэффициенті.

$$k_F = k_\beta \cdot k_v$$

мұндағы  $k_\beta$  – біркелкі емес таралуды ескеретін коэффициент  
тістің ұзындығы бойынша жүктемелер;

$k_v$  – перифериялық жылдамдыққа байланысты коэффициент.

$$k_F = 1,15 \cdot 1,2 = 1,38.$$

Тісті беріліс тістерінің саны  $z = 28$  болғанда, тіс пішінінің коэффициенті  
 $Y_F = 4,09$  болады.

Сонда төмен жылдамдықты беріліс үшін иілу кернеуі тең болады

$$\sigma_F = \frac{7893 \cdot 4,09 \cdot 1,38}{6 \cdot 80} = 93 \text{ МПа} \leq [\sigma]_F = 337 \text{ МПа}.$$

Азотталған болат үшін рұқсат етілген иілу кернеуі

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flim}}{[n]} = \frac{1.35HB+100}{1.5} = \frac{1.35 \cdot 300+100}{1.5} = 337 \text{ МПа}. \quad (45)$$

Мұнда  $\sigma_{Flim}$  тісті материалдың иілуге төзімділік шегі;

$[n]$  - қауіпсіздік коэффициенті.

Шаршау қисығының теңдеуі

$$\sigma_H^m \cdot N_0 = \sigma_H^m \cdot N, \quad (46)$$

мұндағы  $N_0$  – циклдердің базалық саны;

$m$  - шаршау қисығының еңіс бұрышының котангенсі .

Жанасу кернеулеріне негізделген тісті тістердің беріктігі циклдар.

$$N = \frac{[\sigma]_H^m \cdot N_0}{\sigma_H^m} = \frac{1050^3 \cdot 10^4}{505^3} = 9 \cdot 10^4$$

### 2.3.3 Мойынтіректердің қызмет ету мерзімін анықтау

Ролик үшін ортаңғы сериядағы 3614 ГОСТ 5721-75 екі қатарлы  
сфералық роликті мойынтірегі қабылданды

Саңылаудың диаметрі  $d = 70$  мм,

Сыртқы диаметрі  $D = 150$  мм, Ені  $B = 51$  мм,

Динамикалық жүк көтергіштігі  $C_0 = 184000$  Н.

Эквивалентті жүктеме

$$P_3 = R \cdot X \cdot V \cdot K_\beta \cdot K_t, \quad (47)$$

мұндағы  $R$  – мойынтіректегі радиалды жүктеме,  $N$ ;  
 $X=1$  - радиалды жүктеме үшін, бірақ осьтік жүктеме жоқ;  
 $V=1$  - ішкі сақина қозғалыссыз;  
 $K_b=2$  - қауіпсіздік коэффициенті;  
 $K_t=1.1$  - температура коэффициенті.

$$P_3 = 10345 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1,1 = 22759 \text{ Н}$$

Миллиондаған айналыммен есептелген мойынтіректердің қызмет ету мерзімі

$$L = 0,55 \cdot \left(\frac{c}{P_3}\right)^{3,33} = 0,55 \cdot \left(\frac{184000}{22759}\right)^{3,33} = 579 \text{ млн.об.} \quad (48)$$

Мұнда  $3,33=10/3$  - роликті мойынтіректерге арналған шаршау қисығының еңісі котангенсі.

Сағатпен есептелген мойынтіректің қызмет ету мерзімі

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{579 \cdot 10^6 \cdot 4,48}{60 \cdot 710} = 79819 \text{ сағ.}$$

мұндағы  $n$  – мойынтіректердің айналу саны, айн/мин.

Бос беріліс үшін орта сериялы 3612 ГОСТ 5721-75 екі қатарлы сфералық роликті мойынтірегі қабылданды

Саңылау диаметрі  $d = 60$  мм,

Сыртқы диаметрі  $D = 130$  мм,

Ені  $B = 46$  мм,

Динамикалық жүк көтергіштігі  $C_0 = 130000$  Н.

Баламалы жүктеме

$$P_3 = \frac{8399}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9239 \text{ Н.}$$

Миллиондаған айналыммен есептелген мойынтіректердің қызмет ету мерзімі

$$L = 0,55 \cdot \left(\frac{C}{P_3}\right)^{3,33} = 0,55 \cdot \left(\frac{130000}{9239}\right)^{3,33} = 3667 \text{ млн.об.}$$

Сағатпен есептелген мойынтіректің қызмет ету мерзімі

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{3667 \cdot 10^6 \cdot 4,48}{60 \cdot 710} = 385595 \text{ сағ}$$

мұндағы  $n$  – мойынтіректердің айналу саны, айн/мин.

Қорытындылай келе:

1. Роликті конвейердің құрылымы, құрылымы және жұмыс істеу принципі қарастырылады.
2. Дайындаманы тасымалдау кезінде роликке әсер ететін жүктемелер анықталады.
3. Орам шаршауға төзімділік үшін есептелді.
4. Берілістерді беріктікке есептеу жүргізілді.
5. Роликті мойынтіректердің және бос тісті берілістердің төзімділігі анықталды.

#### **2.4 Дайындауды тасымалдау кезіндегі прокаттың біліктегі конвейінің біліктегі жүктемесін анықтау**

Ролган конструкцияларының әртүрлілігі, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерімен тікелей пайдалану кезіндегі атқаратын міндеттерімен байланысты. Сонымен қатар, әрбір конструкция элементтерінің ретімен қосылуымен қалпына келтірілетін бұйымдарға жатады.

Ролгангтардың конструкциясына байланысты олар электрқозғалтқыштан (ЭҚ), төмендеткіш редуктордан (ТР), тарату редукторынан (ТР), рамадан (Р), трансмиссиялық біліктен (ТБ), роликтен (РО) тұрады.

Құжаттаманы алға жылжыту ыңғайлылығы үшін ролгангтарды жөндеу жұмыстарын жүргізгенде, олардың құрылымдық моделі қажет, ол дереккөзге сәйкес [69] келесідей көрініске ие:

$$\text{ЭҚ} + \text{ТР} + \text{ТР} + \text{Р} + \text{ТБ} + \text{РО},$$

және үздіксіз кең жолақты ыстықтай илемдеу станындағы (ҮКЖИ) ролгангтарға қатысты [70] құрылымдық модельдер келесідей көрініске ие: клеттер арасындағы дәрекі ролгангтар үшін

$$\text{ЭҚ} + \text{ТР} + \text{ТР} + \text{Р} + \text{ТБ} + \text{РО};$$

аралық ролгангтар үшін

$$\text{ЭҚ} + \text{Р} + \text{ТБ} + \text{РО};$$

пештік ролгангтар үшін

$$\text{ЭҚ} + \text{ТР} + \text{ТБ} + \text{Р} + \text{РО}.$$

Рольгангтер прокат стандарттарының қосалқы операцияларын механизациялауда маңызды мәнге ие, және оларсыз прокат цехінде жұмыс

істеу мүмкін емес. Басқа үздіксіз тасымалдау машиналарымен салыстырғанда рольгангтер маңызды артықшылықтарға ие, сондықтан олар кеңінен таралған.

Прокат станында әр түрлі рольгангтер атқаратын функцияларына сәйкес, оларды шартты түрде келесі негізгі түрлерге бөлуге болады: жұмысшы, тасымалдаушы, пакеттеуші, тастау, пештік, көтеріп-түсіретін, көтеріп-теңселетін, айналмалы және жылжымалы, топтық немесе жеке жетекті (сурет 1).

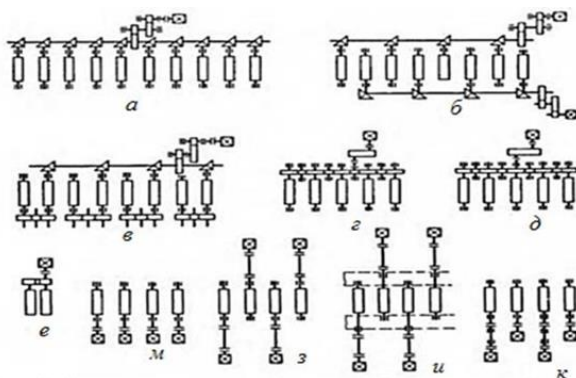
Рольгангтердің артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады:

1. Жоғары температуралы ауыр жүктің тасымалдану мүмкіндігі.
2. Реверсивтілік және рольгангтің әртүрлі жерлерінде орналасқан прокаттың қозғалыс жылдамдығын тәуелсіз реттеу. Рольгангтің басында орналасқан дайындаманы жылдамдатуға, ал соңындағыларды баяулатып, оларды пакеттерге жинауға болады.
3. Жүктеме мен жұмыс шарттарына байланысты рольгангтың жеке учаскелерінің конструкцияларын таңдауға сараланған тәсілді қамтамасыз ету.
4. Іргелес жабдықтарды тиімді іріктеу.
5. Холостой жүрістегі энергия шығынының аздығы.
6. Майлау және техникалық қызмет көрсету ыңғайлылығы, үйкеліс тораптарының қозғалмауымен қамтамасыз етіледі.

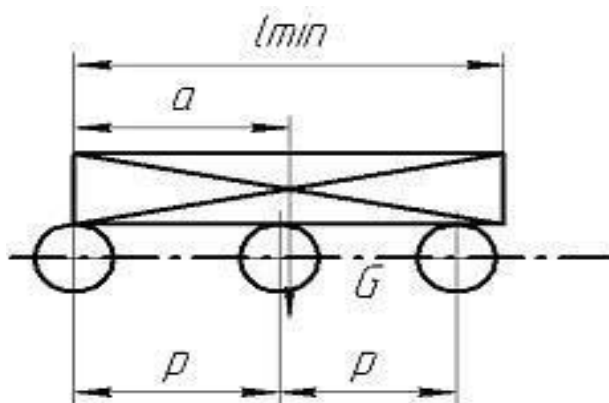
2–4 суреттерде дайындаманы тасымалдау кезінде рольганг роликтерінің жүктелу схемаларының әртүрлі нұсқалары көрсетілген.

Рольганг роликіне дайындаманың әсер ету күштері 5 және 6 суреттерде көрсетілген.

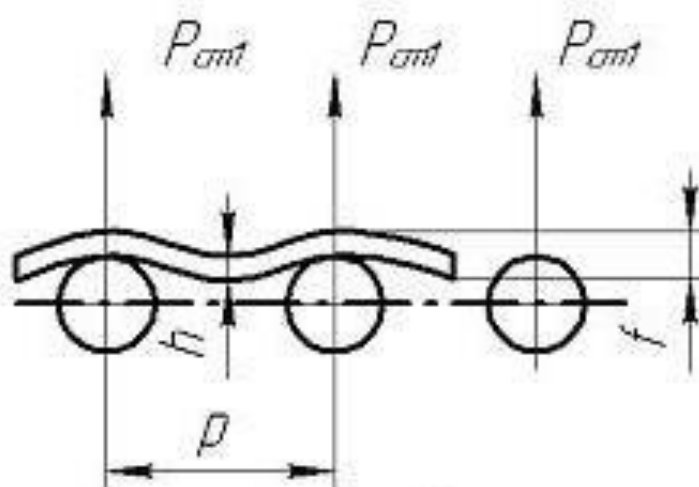
Дайындаманың тірелу кезіндегі әсер ету күші 7 суретте көрсетілген.



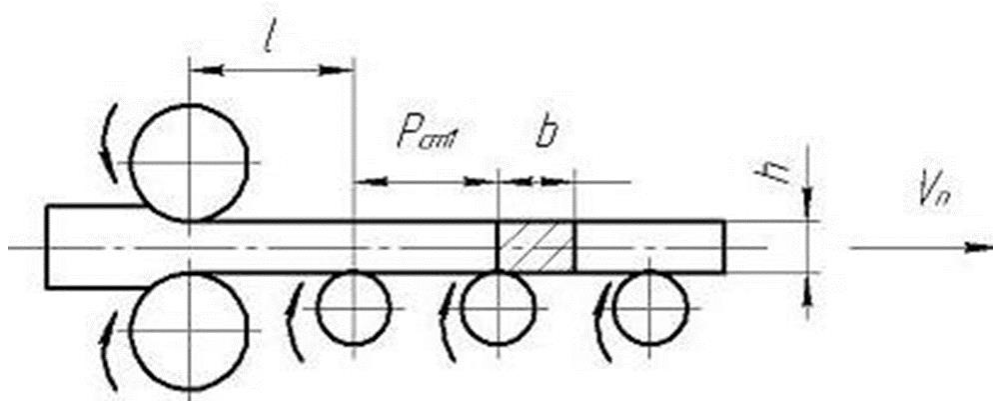
Сурет 7 - Тасымалдаушы роликті конвейерлердің жетек диаграммалары [71]



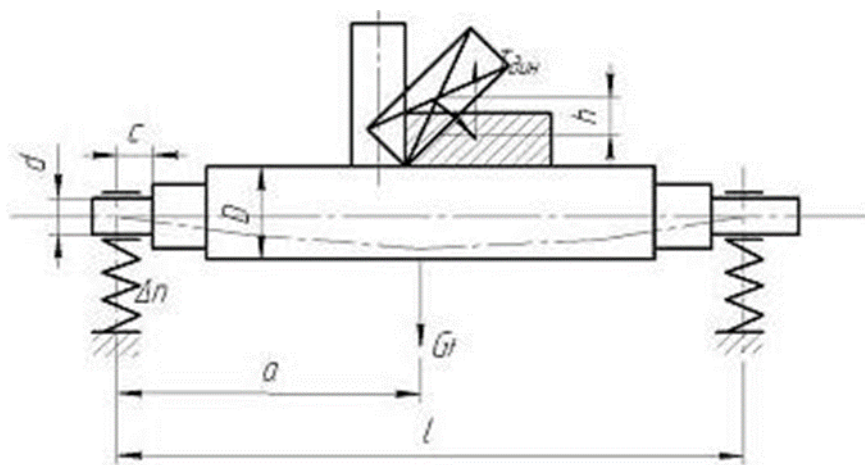
Сурет 8 - Тасымалдау кезіндегі бастапқы құйманың орналасуы



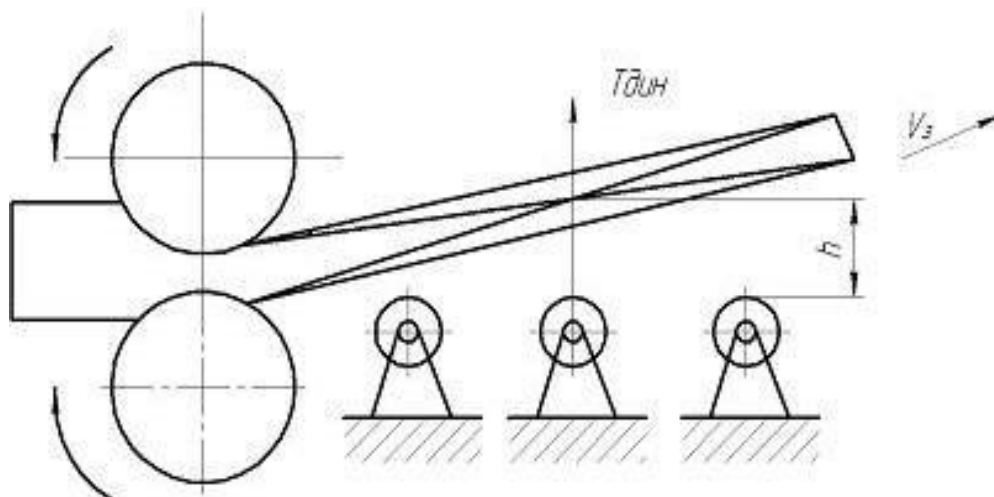
Сурет 9 - Прокатты тасымалдау кезіндегі құйманың орны



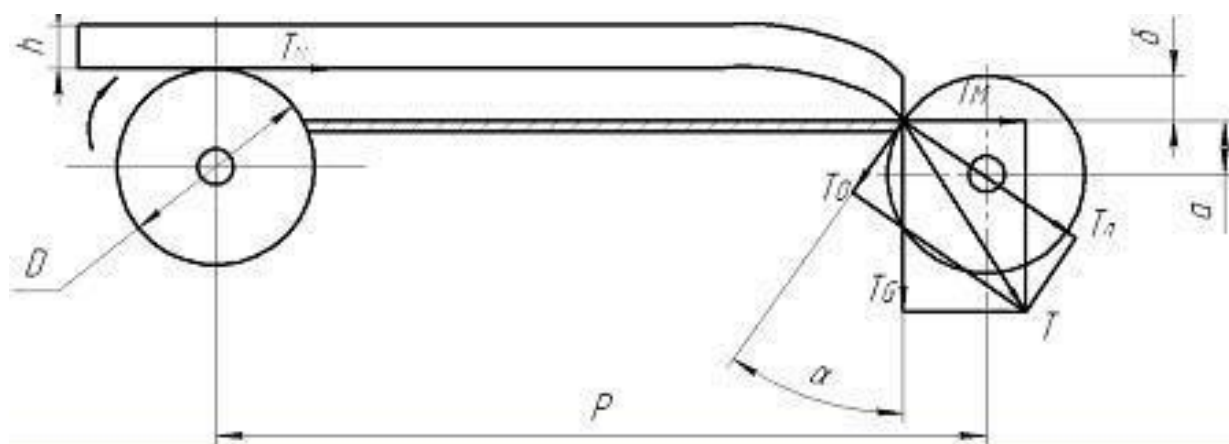
Сурет 10 - Домалау орамдарынан шығатын құйманың ролик үстеліндегі орны



Сурет 11 - Дайындаманы айналдыру кезінде шығыршық үстелінің роликіне құйманың әсер ету күштері.



Сурет 12 - Төменгі қысыммен илемдеу кезінде шығыршық үстелінің роликіне құйманың әсер ету күштері



Сурет 13 - Прокатты роликке басқан кездегі құйма күштері [69]



Құйманың массасы, оны жылжыту кезінде, 8-суретке сәйкес үш роликпен қабылданады [72].

Құйманың роликтер санына бөлінген массасы (10-сурет) дайындама ұзындығы екі ролик қадамынан асқанда қабылданады.

Дайындаманың қисық сызықтылығы себебінен, роликтердің бір бөлігі оның бетімен жанаспайды, сондықтан роликке түсетін жүктемені анықтау кезінде роликтердің жалпы санының 70%-ы ескеріледі.

Раскатты кантовкалау кезінде (12-сурет) роликтер клеттен раскатты қабылдау кезінде рольганг роликтеріне әсер ететін жүктемелерді сезінеді.

Клеттен раскаттың шығу нұсқалары 11 және 13 суреттерде көрсетілген [69].

Қазіргі уақытта кең жолақты және қалың табақты прокат стандартының рольгангтарының электрқозғалтқыштарының параметрлерін таңдауда бір роликке келетін металл салмағын анықтау бойынша [73, 74] жұмыстардың ұсыныстарына сәйкес орындалады. Мұндай есептеудің ерекшелігі дайындаманың массасын бір рольганг роликтеріне есептеу кезінде барлық дайындама массасын рольганг роликтерінің санына бөлу арқылы жүзеге асырылады, бұл ретте дайындама бойлық қалыңдықтың біркелкісіздігіне ие емес деп есептеледі.

Рольгангтардың электржетектерін жобалау практикасында бір роликке келетін металл салмағын анықтауда әдетте төменде кестеде келтірілген [75] ұсыныстар басшылыққа алынады.

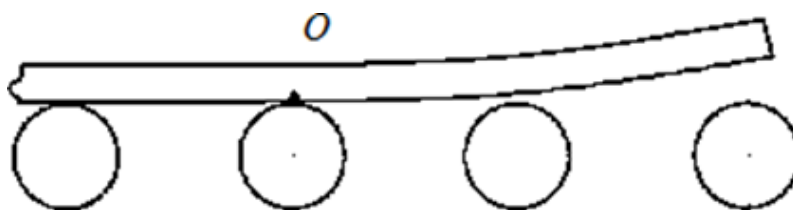
Осыған байланысты бір рольганг роликтеріне келетін металл салмағын дәлірек анықтау қызығушылық тудырады.

Бұл таңдалған электрқозғалтқыштың номиналды сипаттамаларын - қуатын, массасын және құнын азайтуға мүмкіндік береді, сонымен қатар рольганг жұмысының сенімділігіне қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Егер металл сүйенетін тіректер саны белгілі болса, оның бір роликке келетін орташа салмағы металл салмағын тіректер санына біреуіне кем бөліп анықталады. Ал тіректер саны [76] деректеріне сәйкес пластикалық иілу шарттарына негізделі отырып анықталуы мүмкін.

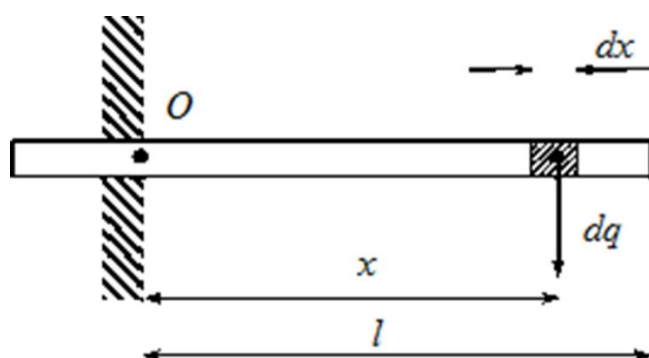
15-суретте көрсетілгендей, алдыңғы ұшы жоғары қарай иілген және О нүктесінде тіреуіші бар раскатты қарастырайық.

Өз салмағының әсерінен пластикалық деформация орын алатын алдыңғы ұштың ұзындығын анықтайық, нәтижесінде раскаттың алдыңғы ұшы қосымша тіреуішке ие болады.



Сурет 14 - Алдыңғы шеті жоғары иілген прокатты тасымалдау кезінде бір роликтегі металдың салмағын есептеу.

Штанганың соңын 15-суретте көрсетілгендей қысылған арқалық түрінде елестетейік.



Сурет 15 - Қысқыш арқалық түріндегі илемдеу схемасы

[74] деректері бойынша бір роликті үстелдің роликтеріне металл салмағының үлесінің есептелген мәндері

Кесте 2 – Роликтің сипаттамалары

| Роликтің сипаттамалары   | Салмақ үлесі<br>$\kappa = G_M / G_{сл}$ |
|--|---|
| 1. Ұзындығы 3 роликті қадамнан аз және көлденең қимасы 1000 мм <sup>2</sup> -ден асатын орам       | 0,75                                    |
| 2. Ұзындығы 3 роликті қадамнан астам және көлденең қимасы 2000 мм <sup>2</sup> -ден астам жолақтар | 0,5                                     |
| 3. Ұзындығы 4 роликті қадамнан астам және көлденең қимасы 2000 мм <sup>2</sup> -ден астам жолақтар | 0,3                                     |
| 4. Ұзындығы 9 ролик қадамынан асатын жұқа және жұқа жолақтар                                       | 3 қадам салмағы                         |

О нүктесіндегі орамның салмағынан иілу моментін алу қиын емес, ол мынаған тең:

$$M_{и} = B \cdot h \cdot \gamma \cdot g \cdot \frac{l_2}{2} \quad (49)$$

мұнда  $B$  – орамның ені;

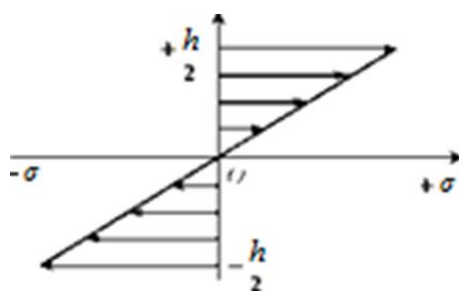
$h$  - - орамның қалыңдығы;

$\gamma$  - прокат материалының тығыздығы;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Алдыңғы жақтың пластикалық деформациясы беткі қабаттағы кернеулер  $\sigma_{s0}$ . аққыштық шегінің мәніне жеткен сәттен басталады деп есептейміз.  $O$  нүктесіндегі орамның көлденең қимасындағы кернеу диаграммасы 10-суретте көрсетілген.

Берілген кернеу диаграммасы үшін  $O$  нүктесіндегі пластикалық иілу моменті үшін өрнек белгілі және келесі түрде болады:

$$M_{\text{пл.и}} = \sigma_{s0} \cdot B \cdot \frac{h^2}{6} \quad (50)$$



Сурет 16 -  $O$  нүктесіндегі орамның көлденең қимасындағы кернеулердің диаграммасы

(49) және (50) теңдеулерді теңестіру арқылы пластикалық иілу орын алатын және алдыңғы ұшы қосымша тіреуішке ие болатын раскаттың максималды ұзындығын аламыз:

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\sigma_{s0}} \cdot \frac{h}{3} \cdot \gamma \cdot g \quad (51)$$

Осылайша, егер раскаттың алдыңғы ұшының ұзындығы  $l_{\text{max}}$  болса, ал қалған бөлігі оның астындағы барлық роликтерге сүйенетін болса, минималды тіреуіш саны келесідей болады:

$$n_1 = \frac{L_p - l_{\text{max}}}{l_{\text{ш}} + 2} \quad (52)$$

мұндағы  $l_{\text{ш}}$  - рольганг роликтерінің қадамының шамасы.

(52) теңдеуі бойынша есептелген тіреуіш саны пластикалық иілу нәтижесінде иілген алдыңғы ұшының да тіреуішін есепке алады.

Бір роликке келетін металл салмағы келесідей:

$$G_M = \frac{G_{\text{сл}}}{n_1 - 1} = G_{\text{сл}} \cdot \frac{l_{\text{ш}}}{L_p - l_{\text{max}} + l_{\text{ш}}}, \quad (l_{\text{max}} > l_{\text{ш}}) \quad (53)$$

Егер раскатта екі иілген ұшы болса, минималды тіреуіш саны келесідей болады:

$$n_2 = \frac{L_p - 2 \cdot l_{\max}}{l_{\text{ш}} + 3}, (l_{\max} > l_{\text{ш}}) \quad (54)$$

(55) теңдеуі екі иілген алдыңғы және артқы ұштардың пластикалық иілуінен кейінгі тіреуіштерін де есепке алады.

Бұл жағдайда бір роликке келетін металл салмағы келесідей:

$$G_M = \frac{G_{\text{сл}}}{n_2 - 1} = G_{\text{сл}} \cdot \frac{l_{\text{ш}}}{L_p - 2 \cdot l_{\max} + 2 \cdot l_{\text{ш}}}, (l_{\max} \geq l_{\text{ш}}) \quad (55)$$

(53) - (56) теңдеулері раскаттың ұзындығы  $l_{\max}$  шамасымен салыстырғанда аз болған жағдайда қолданылады, яғни, раскаттың ортаңғы бөлігі сенімді түрде роликтерге сүйеніп, иілген учаскелері жоқ болған кезде. Сондықтан (53) - (56) формулаларын  $L_p = (2 \div 3) l_{\max}$  ұзындығына тең раскат үшін ұсынуға болады.

Ұзын раскаттардың ортаңғы бөлігінде иілген учаскелер болуы мүмкін, бұл рольгангтағы тіреуіштер санын азайтады. 11-суретте ортаңғы бөлігінде иілген учаскесі және  $O_1$  және  $O_2$  нүктелерінде тіреулері бар раскат мысалы көрсетілген.

Бұл жағдайда раскаттың салмағының иілу моментін оның пластикалық иілу моментіне теңестіріп, пластикалық иілу нәтижесінде қосымша тіреуге ие болатын иілген учаскенің максималды ұзындығын аламыз.

Рольганг роликтерінің мойындарында пайда болатын максималды моменттер буксовка моменттері болып табылады. Электрқозғалтқышты немесе рольгангтың электроприводын ажыратпай-ақ буксовка моменттерін жеңу рольгангтың сенімді жұмысының міндетті шарты болып табылады. Сондықтан буксовка моменті рольгангтардың электрқозғалтқыштарының номиналды параметрлерін анықтайтын негізгі шама болып табылады.

Жақындатылған түрде рольганг ролигінің мойнындағы буксовка моменті келесідей болады:

$$M_6 = 1.05 \cdot F_6 \cdot D_p / 2 = 1.05 \cdot G_M \cdot \mu_6 \cdot D_p / 2; \quad (56)$$

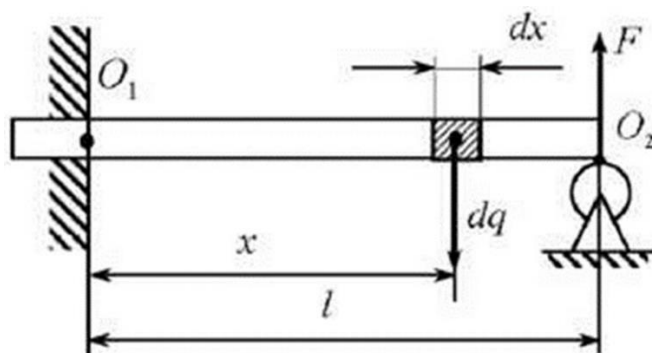
мұндағы  $F_6$  – ролик бетіндегі сырғанау күші;

$D_p$  - роликті бөшкенің диаметрі;

1,05 - роликті конвейердің мойынтіректеріндегі үйкелісті есепке алатын коэффициент;

$G_M$  – роликті конвейердің бір шығыршығына түсетін жүктеме;

$\mu_6$  – роликті конвейер ролик тасымалданатын металдың беті бойымен сырғанау кезіндегі үйкеліс коэффициенті.



Сурет 17 - Ортаңғы бөлікте қисық кесіндіні тасымалдау кезінде бір роликтегі металл салмағын есептеу.

Формуладан сырғанау моменті, демек, роликті үстелдің электр қозғалтқышының номиналды параметрлері, негізінен, бір роликті үстелдің роликіне металл  $G_m$  салмағын анықтау дәлдігіне байланысты екені анық.

$$l_{\max} = 2\sqrt{\sigma_{s0} \cdot h / 3 \cdot \gamma \cdot g}. \quad (57)$$

Пластикалық иілу нәтижесінде  $O_1$  және  $O_2$  нүктелері арасында басқа тірек пайда болатынын ескере отырып, тіректер арасындағы максималды қашықтық  $l_{\max}/2$  тең болады. (52) және (57) өрнектерін салыстыра отырып,  $l_{\max} = 2l_{\max}$  екені анық.

Осылайша, бүкіл ұзындығы бойынша жолақ иілісі бар ұзын жолақтар үшін тіректердің ең аз саны мынаған тең болады:

$$n_3 = (2 \cdot L_p / l_{\max}) + 1 = L_p / l_{\max} + 1; (l_{\max} \geq l_{ш}). \quad (58)$$

Тиісінше, келетін металдың салмағы бір роликтің ұзақтығы мынаған тең:

$$G_m = G_{сл} \cdot l_{\max} / L_p, (l_{\max} \geq l_{ш}). \quad (59)$$

Жалпы жағдайда, ұзақ қашықтықта болған кезде орамның ортаңғы бөлігінде қисық ұштары мен иілулері, тіректердің ең аз саны мен салмағы бар

шығыршықтағы метал да сәйкесінше (58) және (59) өрнектерімен анықталады.

Бір шығыршықтағы металдың салмағын есептеу үшін  $G_m'$  салыстырмалы мәнін, яғни  $G_m$  бір роликтегі металл салмағының металдың  $G_m$  теориялық минималды салмағына қатынасын қолданған ыңғайлы.  $G_m$ . *мин*, роликті конвейердің екі көршілес роликтері арасындағы металдың салмағына сәйкес келеді.

Теориялық тұрғыдан металдың ең аз салмағы:

$$G_{M. \text{ мин}} = G_{\text{сл}} \cdot l_{\text{ш}} / L_p. \quad (60)$$

(53), (55) және (59) өрнектерді (60) өрнекке бөлсек, түрлендірулерден кейін роликті конвейердің бір шығыршығына шаққандағы металдың салыстырмалы салмағы үшін өрнектерді аламыз: егер  $L_p = (2 \div 3)l_{\text{макс}}$  болса, орамның бір иілген ұшы болады:

$$G_M' = 1/[1 - (l_{\text{макс}} - l_{\text{ш}})/L_p]; \quad (61)$$

егер  $L_p = (2 \div 3) \cdot l_{\text{макс}}$  болса, орамның екі иілген ұшы болады:

$$G_M' = 1/[1 - (2 \cdot (l_{\text{макс}} - l_{\text{ш}})/L_p)]; \quad (62)$$

егер  $L_p > 3l_{\text{макс}}$  болса, орамның бүкіл ұзындығы бойынша иілулері, сондай-ақ иілген ұштары бар:

$$G_M' = l_{\text{макс}} / l_{\text{ш}}. \quad (63)$$

Жұмыста кең жолақты немесе қалың табақты стандағы раскаттың әртүрлі орналасу жағдайларында бір рольганг ролигіне түсетін жүктемені анықтау туралы мәліметтер келтірілген. Бұл прокаттау кезінде туындайтын буксовка моменттерін дәлірек анықтауға және рольганг роликтерінің жетегі электрқозғалтқыштарының номиналды параметрлерін азайтуға мүмкіндік береді.

### **3 Тасымалдаушы рольгангтың кернеулі-деформациялық күйін есептеу**

#### **3.1 Роликтің кернеулі-деформациялық күйін есептеу**

Роликтер – алып шығу роликтарының ең жауапты бөлшектері. Парақтарды тасымалдау кезінде алып шығу роликтерінде пайда болатын қысым роликтермен қабылданады. Сондықтан роликтерді жобалау және дайындау кезінде олардың беріктігі мен қаттылығына ерекше назар аударылады.

Есептеу үшін бастапқы деректер болып табылады: алып шығу роликтары секциясының қатты дене геометриялық формасы, бекіту шарттары және тасымалданатын параққа және алып шығу роликтеріне әсер ететін күштер.

Есептеу кезінде есептелетін секцияның геометриялық және соңғы элементтер моделі, бекіту шарттары, тасымалданатын параққа күштерді қолдану және роликтердің кернеулі-деформацияланған күйін есептеу және алып шығу роликтарының беріктігін бағалау орындалады

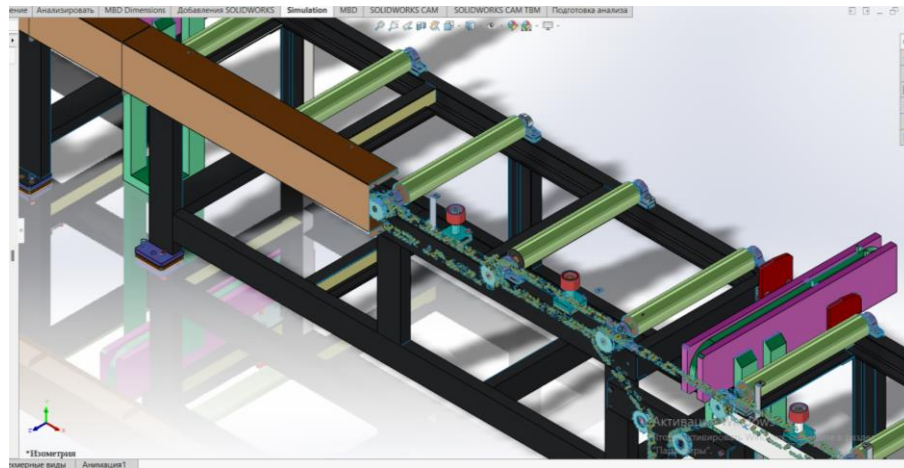
##### **3.1.1 Роликті модельдеу**

Роликті конвейердің 3D дизайн сызбасына сәйкес қолданыстағы ролик жобаланған. Оңтайландыру үшін біз роликті жинақтағы білік дизайнын өзгерттік. Модельдеу келесі кезеңдерден тұрады:

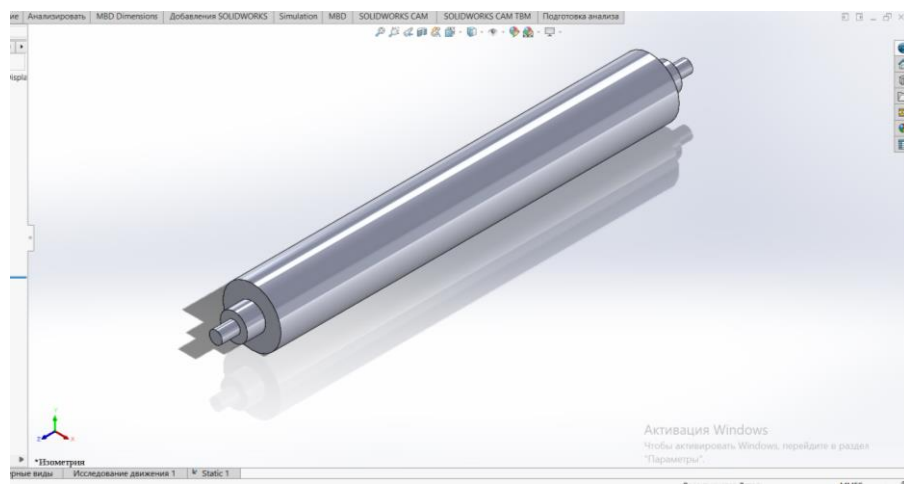
Роликті құрастыру симуляциясы бар конвейердегі 1 роликті, 1 білік пен 2 мойынтіректерді және оңтайландырылған роликтегі бірдей бөліктерді қамтиды: ролик, мойынтірек және 2 оңтайландырылған білік. Төмендегі суреттерде роликтің екеуі де көрсетілген.

Қолданыстағы роликті модельдеу және сызу үшін бұл әдісте біз енгізу алдында тестілеу құралдарының болуын талдаймыз. Сәйкес орынды таңдау үшін бастапқы орналасу жасалады. Жобаның негізгі бөліктері ролик болып табылады. Біз ішкі және сыртқы диаметрлерді дұрыс таңдай отырып, роликтердің материалдары мен дизайнын мұқият зерттейміз, сонымен қатар роликтердің жүктемелерге, ластануға және иілуге төзімділігін тексереміз.

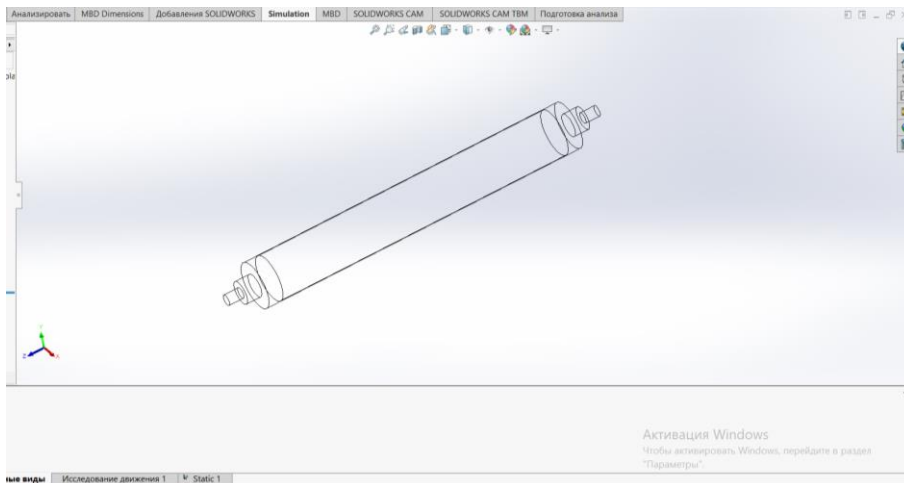
Оңтайландырылған модельдеу және роликтерді сызу үшін ұжымдық ақпаратты пайдалана отырып, біз роликтің дизайнын және оның материалын жүзеге асырамыз. Роликті конвейерді, роликтерді, мойынтіректерді, жұлдызшаны және шынжырды және түйреуіштерді теңестіруді ескере отырып, шектеулі дизайн ретінде тұжырымдалған мәселе сериялық бағдарламаланған және машинаның дизайны мәселесін шешу және қозғалтқышты құрастыру желісінің жалпы схемасын анықтау үшін пайдаланылған.



Сурет 18 - Тізбекті жетегі бар роликті үстелдің 3D моделі

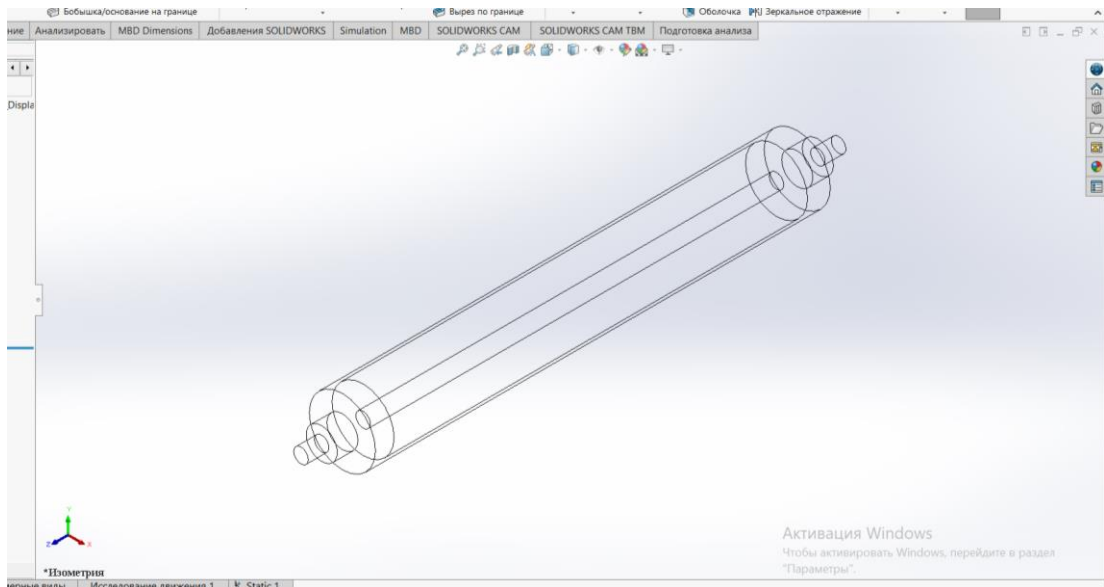


Сурет 19 - Ролик моделінің көрінісі



Сурет 20 - Қолданыстағы роликтің моделінің сымдық көрінісі





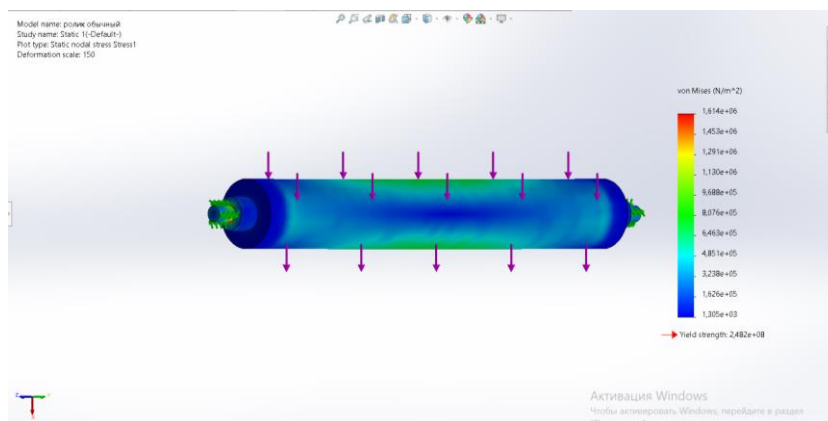
Сурет 21 - Оңтайландырылған роликтің моделінің сымдық көрінісі

### 3.1.2 Кернеулі-деформациялық анализ

Шекаралық шарттарды орнатқаннан кейін, жүктеп, түйіндер арқылы торды жасағаннан кейін бізде әртүрлі нәтижелерді алуға мүмкіндік бар. Мысалы, біз Solidworks Simulation бағдарламалық құралын пайдаланып әртүрлі кернеулерді аламыз. Ақырғы элементтер нәтижелерін алу үшін ең қолайлы бағдарламалық құрал Solidworks Simulation деп айта аламыз. Қолданыстағы және оңтайландырылған роликтердің қысу кернеулері төмендегі суретте көрсетілген. Олар сондай-ақ екі нәтиже арасындағы айырмашылықты анық көрсетеді.

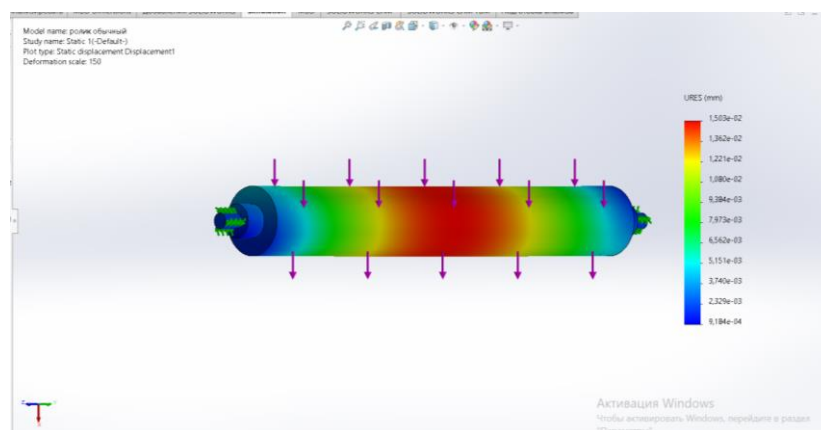
Кесте 3 – Материал характеристикасы

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| Аты:                          | Көміртекті болат             |
| Модель түрі:                  | Сызықтық серпімді изотропты  |
| Әдепкі сәтсіздік критерийі:   | Макс фон Мизес стресс        |
| Өнімділік күші:               | 2,48168e+08 Н/м <sup>2</sup> |
| Беріктік шегі:                | 4,82549e+08 Н/м <sup>2</sup> |
| Серпімділік модулі:           | 2e+11 Н/м <sup>2</sup>       |
| Пуассон қатынасы:             | 0,32                         |
| Масса тығыздығы:              | 7 800 кг/м <sup>3</sup>      |
| Ығысу модулі:                 | 7,6e+10 Н/м <sup>2</sup>     |
| Термиялық кеңею коэффициенті: | 1,2e-05 /Келвин              |



Сурет 22 – Қолданыстағы роликтің кернеулі күйі

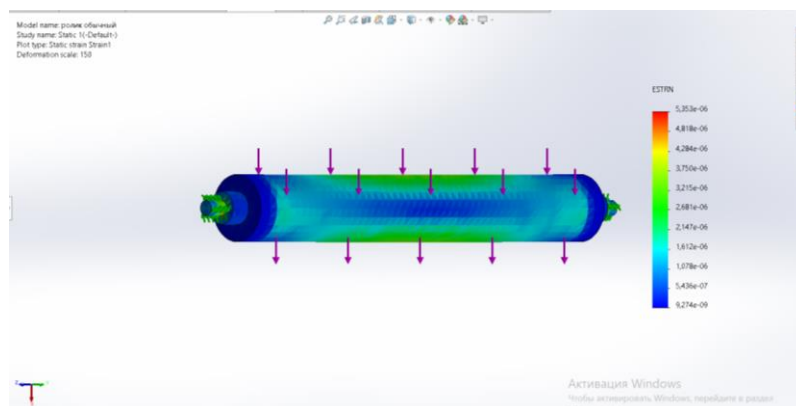
Фон: фон Мизес Стресс: Мин.=1,305e+03N/m<sup>2</sup>; Макс.=1,614e+06N/m<sup>2</sup>



Сурет 23 – Қолданыстағы роликтің деформациялық күйі

Кесте 4 - Нәтижелі орын ауыстыру

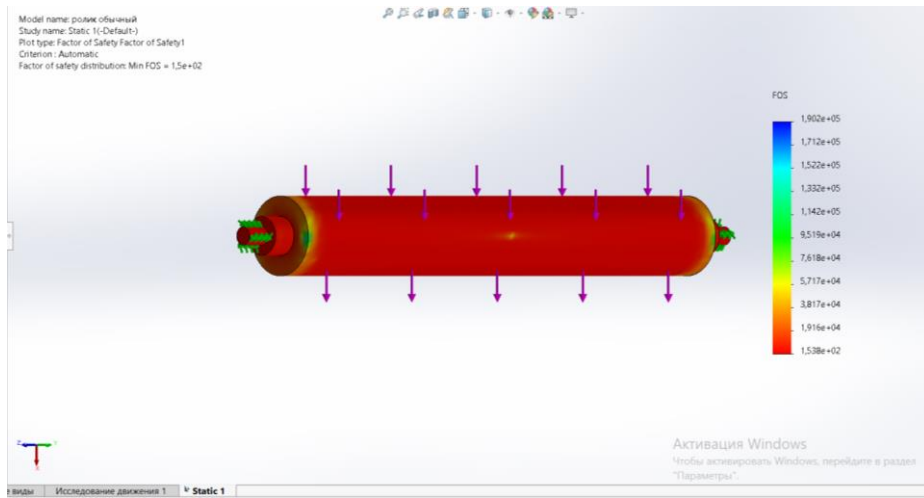
|                              |             |            |
|------------------------------|-------------|------------|
| URES: Нәтижелі орын ауыстыру | 9,184e-04мм | 1503e-02мм |
|------------------------------|-------------|------------|



Сурет 24 – Қолданыстағы роликтің эквивалентті деформациясы

## Кесте 5 - Эквивалентті деформация

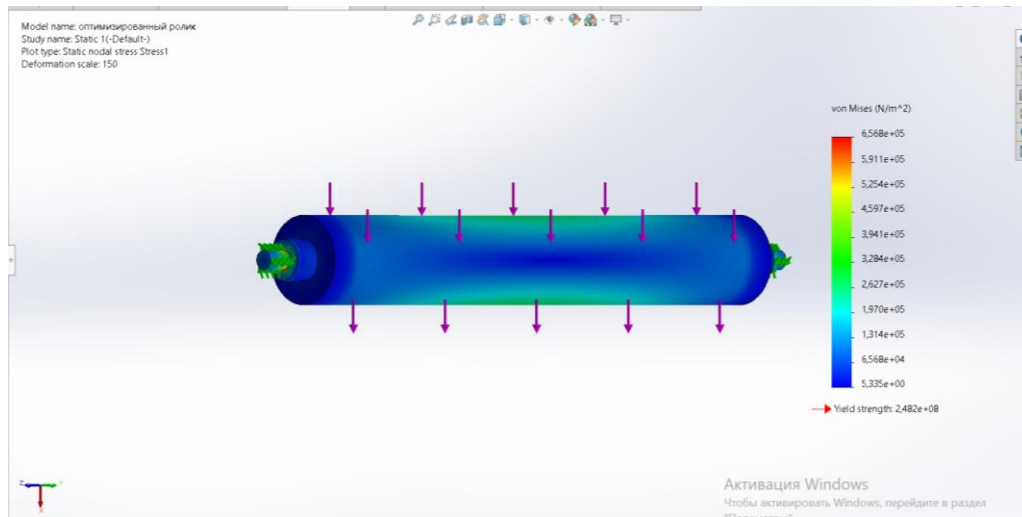
|                      |              |                            |                            |
|----------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| ESTRN:<br>деформация | эквивалентті | 9,274e-09<br>Элемент: 5817 | 5,353e-06<br>Элемент: 4615 |
|----------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|



Сурет 25 – Қолданыстағы роликтің қауіпсіздік факторы

## Кесте 6 - Қауіпсіздік факторы

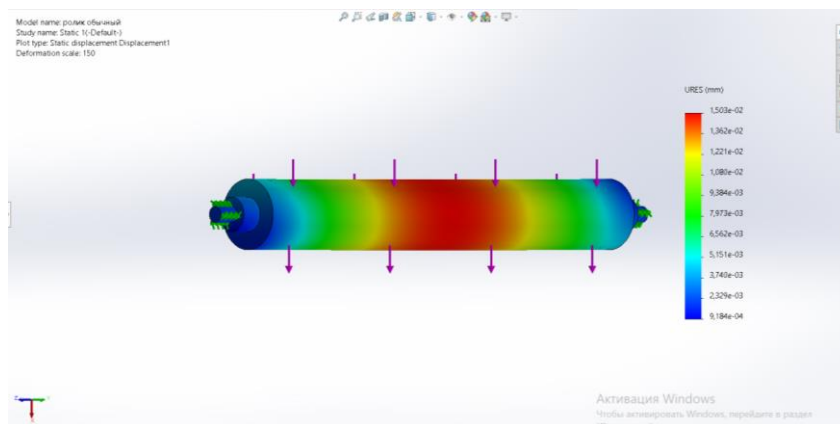
|                       |                           |                           |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Қауіпсіздік факторы 1 | 1,538e+02<br>Түйін: 16790 | 1,902e+05<br>Түйін: 10190 |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|



Сурет 26 – Оңтайландырылған роликтің кернеулі күйі

## Кесте 7 – Фон Мизес Стресс

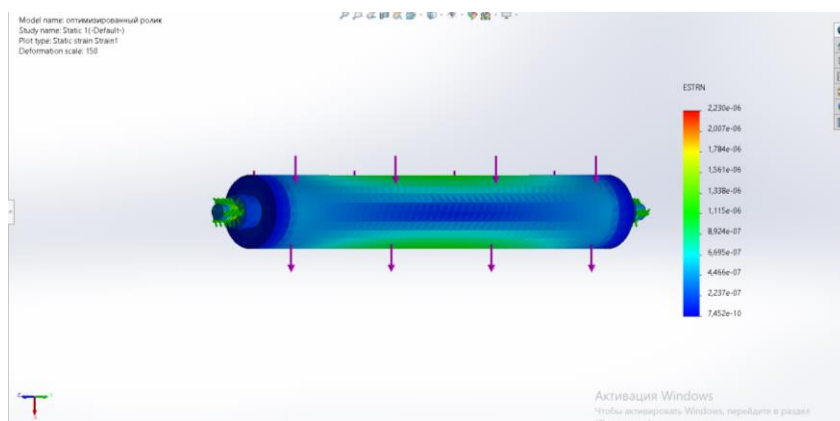
|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Фон Мизес Стресс | 5,335e+00N/m <sup>2</sup><br>Түйін: 2865 | 6,568e+05N/m <sup>2</sup><br>Түйін: 17143 |
|------------------|--|---|



Сурет 27 – Оңтайландырылған роликтің деформациялық күйі

Кесте 8 – Нәтижелі орын ауыстыру

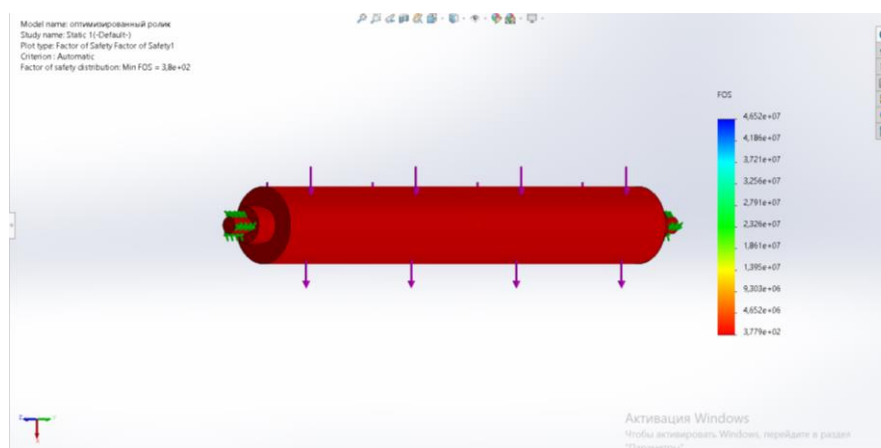
|                              |                           |                           |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| URES: Нәтижелі орын ауыстыру | 9,351e-04мм<br>Түйін: 564 | 5,604e-03мм<br>Түйін: 634 |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|



Сурет 28 – Оңтайландырылған роликтің эквивалентті деформациясы

Кесте 9 – Эквивалентті деформация

|                                |                            |                            |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ESTRN: эквивалентті деформация | 7,452e-10<br>Элемент: 6451 | 2,230e-06<br>Элемент: 4029 |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|



Сурет 29 – Оңтайландырылған роликтің қауіпсіздік факторы

Кесте 10 – Қауіпсіздік факторы

|                       |                           |                          |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Қауіпсіздік факторы 1 | 3,779e+02<br>Түйін: 17143 | 4,652e+07<br>Түйін: 2865 |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|

Есептеу әдісі Solidworks Simulation бағдарламасындағы соңғы элементтер анализін пайдалану арқылы жүзеге асырылды. Solidworks Simulation компьютерлік модельдеу жүйесі механизмдердің кинематикасын, динамикасын және жекелеген элементтер мен бүкіл конструкцияның кернеулі-деформацияланған күйін зерттеуге мүмкіндік береді.

Алып шығу роликтарының құрастырылған үш өлшемді геометриялық моделі Solidworks CAD бағдарламасында құрылды. Алып шығу роликтарының геометриясын автоматты түзету мүмкіндігі үшін геометриялық өлшемдерді параметризациялау әдісі қолданылды. Бұл әдіс беріктікке есептеу нәтижелері бойынша алып шығу роликтарының конструкциясына тиісті өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді.

Осылайша, алып шығу роликтерінің жұмысын алдын ала талдау барысында ең жүктелген күш элементі – ролик есепке алынды.

Роликтер материалы ретінде Solidworks материалдар базасынан таңдалған көміртекті болат пайдаланылды.

### 3.1.3 Нәтижелер мен талқылау

Бұл зерттеуде шойын көміртекті болаттан жасалған роликті конвейер роликтерінің кернеулі-деформациялық күйіне сандық талдау жүргізіледі. Ақырлы элементтер әдісін қолдану критикалық кернеулерді, деформацияларды және қауіпсіз жобалық факторларды анықтауға мүмкіндік берді.

1. Кернеуді салыстыру:

- Оңтайландыру алдында фон Мизес кернеуі  $1,614e+06$  Н/м<sup>2</sup> болды, ол материалдың созылу беріктігінен төмен болды, бұл қауіпсіздік коэффициентін қамтамасыз етеді.

- Оңтайландырудан кейін кернеу  $656,8e+05$  Н/м<sup>2</sup> дейін төмендеді, бұл құрылымның қауіпсіздік коэффициентін одан әрі арттырады.

2. Орын ауыстырулар мен деформацияларды салыстыру:

- Оңтайландырудан кейін максималды орын ауыстыру және эквивалентті деформация да төмендеді, бұл құрылымның қаттылығы мен тұрақтылығының жақсарғанын көрсетеді.

- Бұл өзгерістер оңтайландырылған роликтің деформацияға жақсы қарсы тұратынын және жүктеме кезінде пішінін сақтайтынын көрсетеді.

3. Қауіпсіздік факторы:

- Қауіпсіздік коэффициенті өсті, бұл оңтайландырудан кейінгі қауіпсіздік маржасының одан да жоғары екенін көрсетеді. Бұл құрылымның сенімдірек бола түскенін және бұзылу қаупінсіз жоғары жүктемелерге төтеп бере алатынын көрсетеді.

- Дизайнды оңтайландыру оның өнімділігін айтарлықтай жақсартты, кернеу мен деформацияны азайтты, сонымен қатар қауіпсіздік коэффициентін арттырды.

- Бұл оңтайландырудың таңдалған тәсілінің дұрыстығын және талдау үшін соңғы элементтер әдісін қолдануды растайды.

- Алынған нәтижелерді металлургия өнеркәсібінде роликті үстелдердің конструкциясын одан әрі жетілдіру үшін пайдалануға болады.

- Жабдықтың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыру үшін өндіріске оңтайландырылған роликтерді енгізу ұсынылады.

Жалпы алғанда, зерттеу роликті конвейерлердің дизайнын талдау және оңтайландыру үшін соңғы элементтер әдісін пайдалану тиімді екенін және олардың өнімділік сипаттамаларын айтарлықтай жақсартуға болатындығын көрсетті.

### **3.2 Рольганг шынжырларын кернеулі-деформациялық күйін зерттеу**

Теориялық тұрғыдан алғанда, шынжыр - бұл екі берілістің тістерімен ілінісетін үздіксіз икемді тірек. Әрине, тісті дөңгелек шынжырмен үйлесетін тістері бар дөңгелек болып табылады, бұл берілістің бір түрі. Тарихы мен дамуына негізделе отырып, шынжыр - тісті дөңгелектердің үстінен өтетін механикалық белдік, ол қуатты жеткізу немесе материалдарды тасымалдау үшін қолданылуы мүмкін. Шынжыр жолақтары жоғары кернеулі жүктемелерге, үйкелуге және кейде агрессивті жұмыс ортасына (мысалы, ылғалдылық, теңіз суы, химиялық заттар) ұшырайтын машина элементтері болып табылады. Тартылу жүктемелерінен бөлек, қосарланған ығысу да төмен жүктемелерде болатын маңызды бұзу механизмі болып табылады. Шынжыр - қуатты жеткізу және материалдарды тасымалдау үшін қажетті өнеркәсіптік

процестердің ең маңызды элементі. Бұл шынжырлар әртүрлі күштер әсерінде жұмыс істегендіктен, шынжыр жинағының істен шығуы басты мәселе болып табылады. Бұл істен шығулардың себептері дұрыс емес материалды таңдау, өндірістегі белгісіздіктер, ақаулы өндіріс процестері болып табылады. Шынжырдың беріктігіне әсер ететін осы параметрлерді зерттеу маңызды, себебі олар шынжырдың істен шығу режимдерін анықтайды. Ақаулы өндіріс процестері де істен шығу бастамасының көзі болып табылады.

Ледвина және Хаммел [75] роликті шынжыр үшін кездейсоқ тісті дөңгелекті жасап шығарған. Роликті шынжыр және кездейсоқ тісті дөңгелегі бар жетек роликтің радиалды орындық орнын өзгерте отырып, тұрақты аккордалы өлшемді сақтай отырып, роликтің тісті дөңгелектегі орнын модуляциялайды. Пайет [76] қант қамысын диірмен пойызында азықтандыруға арналған процесс пен конвейер құрылғысын жасаған. Қант зауыттарында қант қамысын диірмендерге азықтандыру немесе бір диірменнен келесі диірменге багассты тасымалдау үшін әртүрлі белгілі процестер қолданылған. Бұл өнертабыстың мақсаты өте жоғары тасымалдау жылдамдығын алуға мүмкіндік беретін және үш-роликті ұсақтау диірмендеріне тұрақты азықтандыруды қамтамасыз ететін құрылғыны жасау болды. Уайт және Фрабони [77] роликті шынжырдың тісті дөңгелектерін шынжырдың ұзындығын өзгертуге минимизациялау үшін көрсеткен. Роликті шынжырлардың тісті дөңгелектермен ілінісуінен пайда болатын радиациялық шу деңгейін төмендету үшін көптеген әдістер жасалған.

Мостер және басқалар [78] роликті шынжырдың жолақ пластинасының профилін жасаған. Жолақ пластинасының профиліне шаршау бұзылуы пайда болатын орынға материал қосылған. Қосылған материал максималды стресс деңгейін төмендетіп, жолақ пластинасын күшейтеді, бұл шынжырды күштірек етеді. Ногучи және басқалар [79] статикалық стресс талдауын және салмақ үнемдеу үшін кейбір дизайн ұсыныстарын жасаған. Роликті шынжырлар механикалық элементтер ретінде беріліс үшін ұзақ тарихқа ие. Олар белдіктерге қарағанда өнімділік пен тиімділік тұрғысынан айқын артықшылықтарға ие болғанымен, олардың үлкен салмағы әрқашан кемшілік болған. Материалдағы ақаулардың болуына байланысты инженерлік компоненттердің істен шығуы ортақ мәселе болған. Сужата және басқалар [80] конвейер шынжыры жолақтарының істен шығуын зерттеген. Бұл ақаулар материалда құю кезеңінен бастап немесе кейінгі ыстық өңдеу және термиялық өңдеу операциялары кезінде пайда болған.

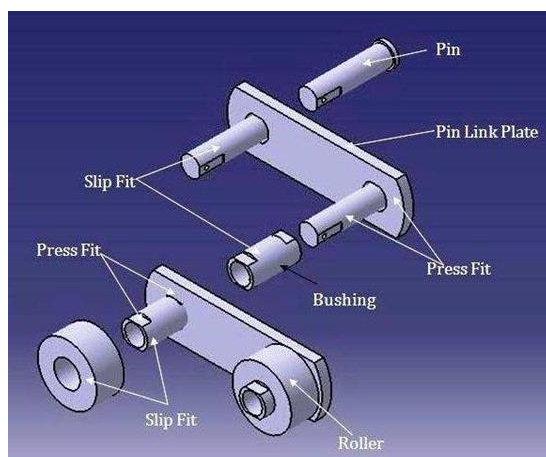
Бхоите және басқалар [81] радиалды өзгерудің роликті шынжыр жолақ жинағындағы әсерін FEA негізінде зерттеген. Олар жолақтың қабырға қалыңдығы, жолақтың үзілу ауданы және жолақтың пішіні сияқты әртүрлі дизайн айнымалыларын жүйенің идеясы ретінде жинақтаған. Сапате және Дидолкар [82] көмір диірменінің сүйретпе шынжыр штырының бұзылуын металлургиялық зерттеуді ашқан. Олар цемент зауытының көмір диірменінде шикі көмір бункерінен зіл қақпағына көмір тасымалдау үшін қолданылатын

сүйретпе шынжыр конвейерлерінің сынған байланыстырушы штырларын металлургиялық зерттеуді жасаған.

### 3.2.1 Роликті конвейер шынжырының негізгі құрылымы

Шынжырлар инженерлік тәжірибеде әртүрлі қолдануларда қолданылады. Жалпы алғанда, үш негізгі жүйе түрі бар; көтеру және бекіту шынжырлары, тасымалдау және көтеру шынжырлары және қуатты жеткізу шынжырлары. Конвейер шынжырлары материалдар жиі белгілі нүктелер арасында қозғалуы керек болғанда қолданылады. Тасымалданатын материалдарға және орындалатын қозғалысқа байланысты әртүрлі конвейерлер қолданылуы мүмкін. Барлық роликті шынжырлар шынжыр бойымен роликтердің біркелкі орналастырылуы үшін жасалған. Конвейерлерде әртүрлі роликті шынжырлар қолданылады, көптеген бір қадамды немесе екі қадамды конвейер шынжырлары, бірақ төменде

1-суретте роликті конвейер шынжырының негізгі құрылымы көрсетілген.



Сурет 30 - Роликті конвейер шынжырының негізгі құрылымы

Жоғарыда көрсетілген 30-суретте роликті конвейер шынжырының негізгі құрылымы мен компоненттері және жұмыс жағдайларында жиналған әртүрлі қосылыстар көрсетілген. Роликті конвейер шынжырының негізгі компоненттері - түйреуіш, жалғаушы пластина (жолақ), втулка және ролик. Түйреуіш жалғаушы пластинасы, яғни жолақ - екі түйреуіштің екі түйреуіш жалғаушы пластиналардың тесіктеріне престеліп бекітілген жиналмасы. Түйреуіш пен түйреуіш жалғаушы пластинаның арасындағы престелген қосылыс түйреуіштің айналуына жол бермейді. Әдетте, қайталанатын жүктеме болады, кейде соққымен бірге жүреді. Түйреуіш пластина арқылы берілетін ығысу және иілу күштеріне ұшырайды. Втулка мен түйреуіштің арасында сырғанау қосылысы бар.

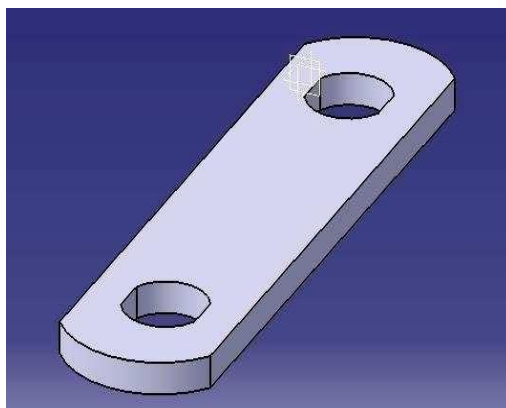


Втулка пластина мен ролик арқылы берілетін ығысу және иілу кернеулеріне ұшырайды, сонымен қатар шынжыр тісті дөңгелекке ілінген кезде соққы жүктемелерін алады. Сонымен қатар, шынжыр қозғалмалы болған кезде ішкі беті түйреуішпен бірге жүктеме көтеретін бөлікке айналады. Сыртқы беті де роликтің ішкі бетімен бірге жүктеме көтеретін бөлікке айналады, ролик рельс немесе тісті дөңгелекпен ілінісуде айналған кезде. Втулка мен роликтің арасында сырғанау қосылысы бар. Ролик тісті дөңгелектің тістеріне соғылған кезде соққы жүктемелеріне ұшырайды. Ілінісуден кейін ролик жанасу нүктесін және тепе-теңдікті өзгертеді. Ол тісті дөңгелектің тістері мен втулканың арасында ұсталып, қысу жүктемесін алып, тістің бетімен қозғалады. Роликті шынжырдың басты артықшылығы - тісті дөңгелектің тістерімен жанасқанда роликтердің айналуы.

### 3.2.2 Шынжыр жолағын аналитикалық зерттеу

Роликті конвейер шынжыры немесе втулкалы роликті конвейер шынжыры - бұл тұрмыстық, өнеркәсіптік және ауыл шаруашылығы машиналарында, соның ішінде конвейерлерде, сым және түтік тарту машиналарында, басу машиналарында, автомобильдерде, мотоциклдерде және велосипедтерде механикалық қуатты жеткізу үшін ең жиі қолданылатын шынжыр жетегінің түрі. Ол қысқа цилиндрлік роликтер сериясынан тұрады, оларды біз 30-суретте көргендей, бүйір жолақтармен, яғни жалғаушы пластиналармен біріктірілген.

Ол тісті дөңгелек деп аталатын тісті доңғалақпен қозғалады. Бұл қуатты жеткізудің қарапайым, сенімді және тиімді құралы.



Сурет 31 – Таспа моделі

Сурет 31-де көрсетілгендей 55мм x 150мм (қадам) x 10мм өлшемді жолағы көрсетілген. Енді аналитикалық формулаларды қолдана отырып, біз максималды кернеудің мәнін, яғни созылу беріктігін табамыз.

Жобалық деректер кітабындағы мәндер

- Созылу беріктігі = 67 - 71 кгф = 630 N/мм<sup>2</sup> - ден 710 N/мм<sup>2</sup>-ге дейін
- Серпімділік модулі = 2,05×10<sup>5</sup> N/мм<sup>2</sup>

- Пуассон коэффициенті = 0,3.

Қауіпсіздік факторы

Жұмыс кернеуі = 5

Жұмыс кернеуі = 473,33N/mm<sup>2</sup>.

Жоғарыдағы аналитикалық есептеулерге сәйкес, жұмыс кернеуі 473,33 N/mm<sup>2</sup> құрайды. Енді осы жұмыс кернеуінің мәнін қолданып, жолақ көтере алатын жұмыс жүктемесін төмендегі формулаларды пайдаланып есептейміз.

Жоғарыдағы аналитикалық есептеулерге сәйкес, жұмыс жүктемесі 127,799 N құрайды. Енді бұл мәндерді эксперименттік және сандық нәтижелермен салыстыруға болады.

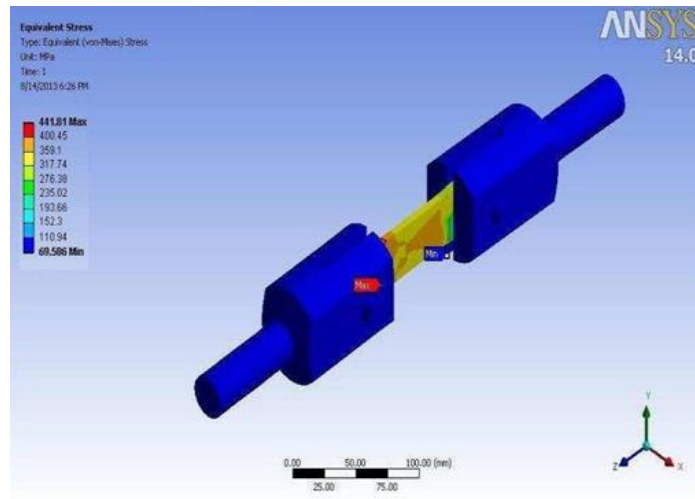
### 3.2.3 Жолақтың сандық нәтижелері

Роликті конвейер тізбегінің жинағында сыртқы жолақтарға, яғни жолақтарға, түйреуіштер арқылы тесікшелерге енгізілген кернеу күштері әсер етеді. Жолақтардағы тесіктер елеулі кернеу көтергіштері болып табылады. Сыртқы жолақтар негізінен кернеу элементтері болып табылады және олар сондай-ақ тесіктердің айналасындағы елеулі иілу және кернеу шоғырлануларына ұшырайды. Сыртқы жолақтар деформациясыз немесе сынусыз кернеу күштеріне төтеп беруі керек және олар елеулі иілуді және шаршауға қарсы тұру үшін жеткілікті икемділікке ие болуы керек.

Кесте 4 – Кіріс параметрлары

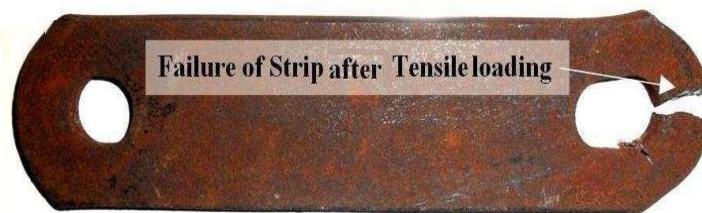
| КІРІС ПАРАМЕТРЛЕР  |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| Серпімділік модулі | 2,05e+005 N / mm <sup>2</sup> |
| Пуассон            | 0.3                           |
| Анықтау            | Компоненттер                  |
| Координат жүйесі   | Ғаламдық координаттар жүйесі  |
| X компонент        | 0. N                          |
| Y компонент        | 0. N                          |
| Z компонент        | 128000N                       |

Таспа алдымен CATIA V-5 бағдарламасында модельденіп, кейін ANSYS-ке экспортталады, онда ол әрі қарай торланады, шектеледі, жүктеледі және симуляцияланады. Жүктеу және таспаның геометриясы бойынша үш өлшемді талдау жүргізу қажет. Сондықтан таспа майда торланады. EN353 материалдық қасиеттері енгізу ретінде енгізіледі. Жоғарыдағы Кесте 1-де симуляцияға қажетті енгізу параметрлері көрсетілген.

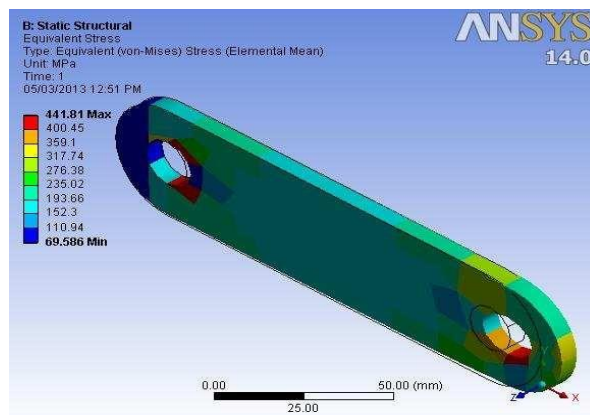


Сурет 32 - FEA қондырғысы мен бекіту элементтері

Таспаның соңғы элементтер әдісі (FEA) арқылы талдауы жоғарыдағы 5-суретте көрсетілген. Шекаралық шарттар бойынша жалпы 128000N статикалық жүктеме таспаның бір шетіне, яғни бекіту элементіне, оң Z бағытында қолданылады. Қызыл түсті көрсеткіштер қолданылған күштердің реакциясын көрсетеді. Таспада дамыған максималды кернеу анықталды. Сондай-ақ, симуляциядан кейін таспаның бұзылу аймағы анықталды.



Сурет 33 - Таспаның бұзылуы



Сурет 34 - Таспа

Жоғарыдағы 33-суретте таспаның созылу жүктемесі кезінде нақты бұзылуы көрсетілген. Таспаның дөңгелек тесігі созылу жүктемесі кезінде эллипстік пішінге ие болғаны байқалады. Жүктемені біртіндеп арттырған кезде ол эллипстік тесікке жақын жерде бұзылады.

Жоғарыдағы 34-суреттен таспадағы эллипстік тесікке жақын жерде кернеу концентрациясы бар екені байқалады, сондықтан таспа сол аймақта бұзылады. Ол 441,81 N/mm<sup>2</sup> максималды кернеуге төтеп бере алады. Егер таспаның кез келген нүктесіндегі кернеу мәні 441,81 N/mm<sup>2</sup> асса, таспа ағара бастайды және ол бұзылады.

Қорытындылай келе:

Біз таспаның созылу жүктемесі астындағы аналитикалық, эксперименталдық және сандық мінез-құлқын зерттедік. Шаршау алдымен байланыс бөлігінің сыртқы жарықтарында пайда болып, кейіннен кенет сынғанға дейін байланыстардың ішіне таралды. Төмендегі кестеде салыстыру нәтижелері көрсетілген.

Кесте 5 - Нәтижелерді салыстыру

| Тесттер                             | Аналитикалық нәтиже | Эксперименттік нәтиже | Сандық нәтиже |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Созылу кернеуі (N/mm <sup>2</sup> ) | 473,33              | 490                   | 441,81        |

Жоғарыдағы кестеде көрсетілгендей, барлық нәтижелер есептелген жұмыс кернеуінен +/- 10 % шегінде, сондықтан таспа 128000 N максималды жұмыс жүктемесі кезінде қауіпсіз. Роликті тізбектер барлық созылу жүктемелеріне ұшырауы мүмкін, сондықтан роликті тізбекке әсер етуі мүмкін кең ауқымды созылу жүктемелеріне төтеп беру үшін бірнеше созылу беріктігі қасиеттері болуы керек.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертацияда рольгангтің кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу мақсатында компьютерлік модельдеу әдістері қолданылды. Зерттеу нәтижелері рольгангтің әртүрлі жұмыс шарттарында қалай әрекет ететінін түсінуге мүмкіндік берді. Компьютерлік модельдеудің нәтижелері рольгангтің құрылымдық беріктігін арттыру және оның жұмыс тиімділігін жақсарту үшін маңызды ақпарат берді. Жүргізілген зерттеу барысында рольгангтің әртүрлі жүктемелік шарттардағы кернеулі-деформацияланған күйі талданды. Модельдеу нәтижелері нақты жұмыс шарттарын имитациялауға және рольгангтің құрылымдық элементтерін оңтайландыруға мүмкіндік берді. Бұл жұмыста металлургия өнеркәсібіндегі шығыс роликті үстелдің дизайнын жетілдірудің негізгі бағыттары қарастырылады. Зерттеу нәтижесінде келесі негізгі нәтижелерге қол жеткізілді:

Роликті конвейердің құрылымы мен жұмыс принципі қарастырылады: Роликті конвейердің құрылымдық элементтеріне егжей-тегжейлі талдау жүргізіледі. Тасымалдау кезінде роликтерге әсер ететін негізгі жүктер анықталды және талданды. Жұмыс жүктемелері кезінде ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ететін роликтердің шаршау беріктігіне есептеулер жүргізілді. Жүйенің сенімді жұмысын қамтамасыз ететін беріліс күшін анықтау үшін қажетті есептеулер жүргізілді. Мойынтіректер мен берілістердің рұқсат етілген мәндері белгіленді, бұл құрылымның сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға көмектеседі. Зерттеу кең ленталы немесе пластиналы прокат станында әртүрлі илемдеу позицияларында бір роликке түсетін жүктің сипатын анықтады. Бұл илемдеу кезінде пайда болатын сырғанау моменттерін дәлірек анықтауға және роликті конвейерлердің жетекші қозғалтқыштарының номиналды параметрлерін азайтуға мүмкіндік берді.

Шойын көміртекті болаттан жасалған роликтердің кернеулі-деформациялық күйін сандық талдау мынаны көрсетті:

### 1. Кернеуді салыстыру:

Оңтайландыру алдында фон Мизес кернеуі  $1,614e+06$  Н/м<sup>2</sup> болды, бұл материалдың созылу беріктігінен төмен болды.

Оңтайландырудан кейін кернеу  $656,8e+05$  Н/м<sup>2</sup> дейін төмендеді, бұл құрылымның қауіпсіздік коэффициентін одан әрі арттырды.

### 2. Жылжулар мен деформацияларды салыстыру:

Оңтайландырудан кейін максималды орын ауыстыру және эквивалентті деформация да төмендеді, бұл құрылымның қаттылығы мен тұрақтылығының жақсарғанын көрсетеді.

Бұл өзгерістер оңтайландырылған роликтің деформацияға жақсы қарсы тұратынын және жүктеме кезінде пішінін сақтайтынын көрсетеді.

### 3. Қауіпсіздік факторы:

Оңтайландырудан кейін қауіпсіздік маржасының ұлғаюын көрсететін қауіпсіздік коэффициенті өсті. Бұл құрылымның сенімдірек болғанын және бұзылу қаупінсіз жоғары жүктемелерге төтеп бере алатынын көрсетеді.

Шынжыр таспасының созылу жүктемесі астындағы аналитикалық, эксперименталдық және сандық мінез-күлқын зерттелді. Шаршау алдымен байланыс бөлігінің сыртқы жарықтарында пайда болып, кейіннен кенет сынғанға дейін байланыстардың ішіне таралды. Барлық нәтижелер есептелген жұмыс кернеуінен +/- 10% шегінде, сондықтан таспа 128000 N максималды жұмыс жүктемесі кезінде қауіпсіз.

Алынған нәтижелерді металлургия өнеркәсібінде роликті үстелдердің конструкциясын одан әрі жетілдіру үшін пайдалануға болады. Жабдықтардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыру үшін өндіріске оңтайландырылған роликтерді енгізу ұсынылады. Жалпы алғанда, зерттеу роликті конвейерлердің дизайнын талдау және оңтайландыру үшін соңғы элементтер әдісін пайдалану тиімді екенін және олардың өнімділік сипаттамаларын айтарлықтай жақсартуға болатындығын көрсетті.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Машины и агрегаты металлургических заводов В 3-х томах, т.3 Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для ВУЗов А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. - М: Металлургия, 1988. - 487 с.
- 2 Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. – М.: Металлургия, 1985. - 539 с.
- 3 Королев А.А. Механическое оборудование прокатных цехов. - М.: Металлургия, 1987. - 481 с.
- 4 Механическое оборудование цехов по обработке металлов давлением. А.А. Королев, А.Г. Навроцкий, В.А. Вердеревский и др. - М.: Металлургия, 1989. - ч.3. - 624 с.
- 5 Давильбеков Н.Х. Металлургические машины и оборудование. Раздел: Механическое оборудование прокатных цехов: Учеб.пособ. – Алматы: КазНТУ, 2003. - 374 с.
- 6 Давильбеков Н.Х. Повышение срока службы роликов отводящего рольганга листопркатных станов. – Алматы: Каз ПТИ, 1976. - 117 с.
- 7 Давильбеков Н.Х., Курапов Г.Г., Ескулов С.С. Исследование работы отводящего рольганга стана 1700 Карметкомбината. // Сб.металлургические машины и оборудование. - Алматы: КазНТУ- 1994. - С. 23 – 28.
- 8 Состояние отводящего рольганга непрерывного широкополосного стана 1700 горячей прокатки Карметкомбината/ Давильбеков Н.Х., Курапов Г.Г., Клементьев В.А. и др. // Сб. вопросы исследования и эксплуатации металлургического оборудования. - Алматы, 1990. - С.33 – 37.
- 9 Ескулов С.С. Разработка и внедрение методов повышения эффективности работы отводящих рольгангов непрерывных широкополосных станов. Дисс. канд. техн. наук. – Алматы: КазНТУ, 1995. - 126 с.
- 10 Бейсенов Б.С. Разработка высокоэффективных способов транспортировки горячекатаных -стальных полос/ Дисс. канд. техн. наук. – Алматы: КазНТУ, 1998. - 138 с.
- 11 Абсадыков Б.Н. Разработка ресурсосберегающих технологических и технических решений для повышения эффективности процессов листовой прокатки / Дисс. докт. техн. наук. – Алматы: КазНТУ, 2010. - 289 с.
- 12 Проблемы транспортировки горячекатаных полос и их решение путем разработки перспективных конструкции отводящих рольгангов /ДьяХенрык,С.А.Машеков, А.Б. Алимбетов и др. //Труды Международной научно-практической конференции IV том, «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века» Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 12 апрель 2013. – 2013. - С.91-93.
- 13 Мелешко В.И.Дачайлов А.П. Мазур В.Л. Прогрессивные методы прокатки и отделки листовой стали.-М.: Металлургия, 1980. – 192 с.
- 14 Беньковский М.А., Мазур В.Л., Мелешко В.И. Производство автомобильного листа. -М.: Металлургия, 1979. – 256 с.

15 Увеличение стойкости роликов отводящего рольганга листопрокатных станов / Н.Х.Давильбеков, В.А. Клеменьтьев, Г.Г. Курпанов и др. //Сталь. – 2003. - № 10. - С. 44-47.

16 Эксплуатационная стойкость роликов чистовых рольгангов широкополосных станов горячего проката /Куликов В.И., Ковалевич Е.В, СульменевВ.С. и др. // Труды ЦНИИТМАШ. - 1980. - №160. - С.48–56.

17 Ткаченко А.С., Антонов В.М., Кавыгин В.В. Влияние взаимногорасположения роликов отводящего рольганга широкополосногостана горячей прокатки на увод полосы. - Липецк, 1981. - 9 с.Деп. в ВИНТИ. - №861.

18 Ткаченко А.С., Антонов В.М., Кавыгин В.В. К анализу работы отводящего рольганга с перекошенными роликами//Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1983. - №1. - С. 51–53.

19 Заявка Великобритании №1491574. Отводящий рольганг // Бюллетень изобретений. - 1977. - №14. – 100 с.

20 Заявка ФРГ №3427707. Ролик с внутренним охлаждением / Е. Планкер// Бюллетень изобретений. - 1987. - №1. – 100 с.

21 Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: Учебник. - Магнитогорск: МГТУ, 2002. - 330 с.

22 ПишнограевР.С. Система диагностирования электропривода отводящего рольганга широкополосного стана горячей прокатки // Дис. канд. техн. наук. -Магнитогорск:ГОУВПО «МГТУ». - 2006. – 120 с.

23 Лукьянов С.И., Швидченко Н.В. Снижение износа бочек роликов отводящего рольганга стана горячей прокатки средствами электропривода // Электротехнические системы и комплексы: межвуз. сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2009. - Вып. 16. - С.178- 184.

24 ЛукьяновС.И., Швидченко Н.В. Технологические требования к электроприводам роликов отводящего рольганга стана горячей прокатки // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика // Двенадцатая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез.докл. в 3-х т. - М.: МЭИ, 2006. - Т.2. - С. 151-152.

25 А.С. №1049132 СССР, МКИ4 В21 В39/00. Рольганг прокатного стана / Брехов Е.В. и др. (СССР). - 3451542/22-02: Опубл. 1983, Бюл. №39.

26 Заявка Япония №60-133909. Метод и устройство регулирования скорости роликов рольганга / ИсикаваИосидзо // Бюллетень изобретений. - 1986. - №9. – 105 с.

27 Патент ГДР №156220. Ролик рольганга // Бюллетень изобретений. - 1983. - №8. – 88 с.

28 Заявка Япония №54-24593. Устройство для планового регулирования скорости рольганга. /ИманФусоко // Бюллетень изобретений. - 1980. - №2. – 95 с.

29 А.С. №845916. СССР, МКИЗ В21 В39/00. Ролик рольганга / И.И. Кобца (СССР). - 2725746/22-02: Заявлено 05.02.79. - 1981. - Бюл. №26. – 94 с.

30 Заявка Япония №61-262416. Способ управления рольгангом на



прокатном стане / КуботаИосиюки // Бюллетень изобретений. - 1987. - №12. 129 с.

31 А.С. №871863. СССР, МКИЗ В21 В39/00. Ролик рольганга для транспортировки толстолистого горячего металла /И.И. Кошеленко (СССР).-22899186/22-02: Оpubл. 1981. Бюл. - №38. – 100 с.

32 А.С. №10186235. СССР, МКИ4 В21 В27/01. Ролик рольгангапрокатного стана / В.И. Набутовский и др. (СССР). - 3383284/22-02: Оpubл. - 1983. - Бюл. №19. – 120 с.

33 А.С. №1308415. СССР, МКИ4 В21 В39/00. Способ транспортирования полосы отводящим рольгангом листопркатного стана/Сосковец О.Н. и др. (СССР). - 3995118/22-02: Оpubл. – 1987. - Бюл. №17. – 110 с.

34 А.С. №1748896. СССР, МКИ5 В21 В39/00. Отводящий рольганг листопркатного стана / Давильбеков Н.Х. и др. (СССР). - 4732967/27: Оpubл. 23.07.92. – 1993. - Бюл. №27. – 101 с.

35 Патент РК № 4322. Давильбеков Н.Х. и др. Отводящий рольганг листопркатного стана 1700. 18.05.94.

36 А.С. №1253921 СССР, МКИ В65 Н21/24. Устройство для транспортирования и укладки листового материала в стопу/Калашников А.А. (СССР). - № 3759628/25-12: Оpubл. – 1986. - Бюл. №32. – 105 с.

37 Заявка Япония №60-174210. Устройство управления скоростьюрольганга прокатного стана. /МиваНарихара // Бюллетень изобретений. - 1986 .- №12. – 100 с.

38 Заявка Япония №62-197212. Способ и устройство для контролирования скорости роликов рольганга в процессе горячей прокатки // Бюллетень изобретений. - 1988. - №8. – 101 с.

39 Заявка ФРГ №2516536. Роликовый конвейер // Бюллетень изобретений. -1987.- №12. – 105 с.

40 А.С. №921654. СССР, МКИ4 В39/00. Устройство для центрирования и транспортировки проката. / Щелкин Ю.К., Путинцев В.И.. (СССР). -2965485/22-02: Оpubл.- 1982. - Бюл. № 15. – 105 с.

41 Заявка Великобритания №1491574. Отводящий рольганг // Бюллетень изобретений. - 1977. - №14. – 100 с.

42 А.С. №1289573. СССР, МКИ4 В21 В39/00. Ролик для транспортировки горячекатаного листового проката /Н.В. Гончаров (СССР), - 3950270/22-02: Оpubл. – 1987. - Бюл. №6. – 94 с.

43 Заявка Япония №57-167063. Ролик для транспортирования горячего проката. /КуракиХирюхэи, Метода Цугио, МицуиТосихиса // Бюллетень изобретений. - 1984. - №4. – 101 с.

44 Заявка Япония №48-10293 Рольганг. /МазбараСинчитиро и др. // Бюллетень изобретений. - 1974. - №3. – 150 с.

45 А.С. №377282. СССР, МКИЗ В65 В13/00. Букса ролика отводящего ролика широкополосного стана / Бобылев А.С. и др. (СССР) - 16в3952/00-2: Оpubл. – 1973. - Бюл. №16. – 105 с.

- 46 Заявка ФРГ №270759. Ролик для транспортирования горячего проката // Бюллетень изобретений. - 1979. - № 9. - 130 с.
- 47 Заявка Япония №59-127957. Ролик для транспортирования горячего металла. /Арии Кудзуеси, ХираисиХисаси // Бюллетень изобретений. -1995. - № 10. – 132 с.
- 48 Заявка Япония №61-189853 Ролик рольганга. /ЯбукоТакахиро // Бюллетень изобретений. - 1987. - № 12. – 130 с.
- 49 А.С. №1719119. СССР, МКИ4 В21 В39/00.Способ центрирования полосы на отводящем рольганге широкополосного стана / Поляков Б.А. и др. (СССР). -3769070/00-2: Оpubл. – 1986. - Бюл. №4. – 124 с.
- 50 Заявка Япония №58-119449. Ролик для горячей обработки /КурокиТаконори // Бюллетень изобретений. - 1984. - №9. – 119 с.
- 51 Заявка Япония №60-174209. Сборный ролик для транспортирования горячего проката. /Китадзава Набору и др. // Бюллетень изобретений. - 1986. - № 12. – 105 с.
- 52 Заявка ФРГ №3427707. Ролик с внутренним охлаждением / Е.Планкер// Бюллетень изобретений. - 1987. - №1. – 101 с.
- 53 А.С. №1068353. СССР, МКИ4 В65 В13/00, 39/00. Ролик рольганга /Черепанцев К.Т. (СССР). - 3440844/27-11: Оpubл. – 1984. - Бюл. № 3. -110 с.
- 54 Заявка Япония №1-37312. Ролик рольганга. /НисисанаАнихино// Бюллетень изобретений. - 1987. - №2. – 28 с.
- 55 А.С. №850245. СССР, МКИЗ В21 В39/00. Ролик рольганга / Бринза В.Н. и др. (СССР). - 2759639/22-02: Оpubл. – 1981. - Бюл. №28. – 100 с.
- 56 А.С. №1047166. СССР, МКИ4 В21 В39/00. Отводящий рольганг листопркатного стана/ Антонов В.М. и др. (СССР). - 2960170/00-02: Оpubл. – 1983. - Бюл. № 38. – 104 с.
- 57 А.С. №1411226. СССР, МКИЗ В21 В39/00. Ролик рольганга /Бринза В.Н. и др. (СССР). - 2759639/22-02: Оpubл. – 1981. - Бюл. №28. – 140 с.
- 58 А.С. №1063497. СССР, МКИ4 В21 В39/00. Рольганг широкополосного непрерывного стана / Брехов Е.В. и др. (СССР). - 3476727/22-02: Заявлено 28.07.82. Оpubл. – 1983. - Бюл. №48. – 130 с.
- 59 А.С. №1171133 СССР, МКИ4 В21 В39/00. Ролик рольганга /Тригубчук В.М. и др. (СССР). - 3711531/22-02: Оpubл. – 1985. - Бюл. №29. – 97 с.
- 60 Давильбеков Н.Х., Курапов Г.Г. Надежность работы механического оборудования листопркатных станов. Алматы: КазНТУ имени К.И. Сатпаева. - 2002. - 199 с.
- 61 Разработка технологических требований кэлектроприводуотводящего рольганга с целью снижения износа бочек роликов / С.И.Лукиянов, Н.В. Швидченко, А.П. Мухин и др. // Труды V Международной конференции по автоматизированному электроприводу: 18-21 сентября 2007 г. - Спб., 2007. - С. 350-352.
- 62 Давильбеков Н.Х., КлементьевВ.А. Увеличение стойкости роликов отводящего рольганга листопркатных станов //Сталь. - 1994. - №2. - С. 44-47.

63 Макогон В.Г., Фомин Г.Г., Гринчук Л.С., Глазков В.С. Технология листовой прокатки. - М., Металлургия. – 1969. - 240 с.

64 Давильбеков Н.Х. и др. 4732967/27: Заявлено 01.09.1989. Оpubл. в Б.И. 23.07.92. – 1989. - Бюл. № 27. – 89 с.

65 Решение о выдаче предварительного патента на изобретение «Отводящий рольганг широкополосного стана» по заявке № 2005/0529.1 от 28.06. 2006 г. Авторы: Байгунचेков Ж.Ж., Машеков С.А., Абсадыков Б.Н. и др.

66 Машеков С.А., Кузьминов И.И., Абсадыков Б.Н., Смаилова Г.А., Курмангалиева Л.А. Технология прокатного производства. - Алматы: ТETAPRINT, 2007. - 334 с.

67 Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов /Под ред. Л.С. Минина. - М., Высшая школа, 1999. - 592 с.

68 Королев А.А. Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии. - М., Металлургия, 1976. - 544 с.

69 Задорожный В.Д. Унифицированный транспортный рольганг повышенной ремонтпригодности с индивидуальным приводом: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Магнитогорск, 2006. - 20 с.

70 Чупров В.Б. Реконструкция металлургических производств. Современное оборудование листопрокатных цехов с широкополосными станами горячей прокатки. / Чупров В.Б., Каретный З.П., Третьякова Н.З. - Учебное пособие. - Липецк, 2007. - 463 с.

71 Глазов В.С. Машины непрерывного транспортирования для прокатки станов. - М.: «Металлургия», 1979. – 248 с.

72 Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Ф.К. Іванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяєв. - К.: Вища шк., 1995. – 455 с.

73 Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник для вузов. В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник [и др.]. - М.: Металлургия, 1988. - 680 с.

74 Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. - М.: Металлургия. - 1985. - 462 с.

75 Дружинин Н. Н. Электрооборудование прокатных цехов / Н. Н. Дружинин. - М.: Металлургиздат, 1956. - 456 с.

76 Сонькин М. А. Исследование индивидуального электропривода роликов рольгангов. Книга 80. Прокатные станы /М. А. Сонькин //ЦНИИТМАШ. - М.: Машгиз, 1956. - 242 с.

77 Ledvina T. J. and Hummel J. A. (2002) Randomized Sprocket for Roller Chain, European Patent # EP0907041. – 2002. – 100 p.

78 Payet P. R. (1964) Process and Conveyor Device for Feeding Sugar Cane in a Mill Train, U. S. Patent # 3,120. – 1964. – 173 p.

79 Moster A. and Ledvina T. J. (2003) Roller Chain Link Plate Profile, European Patent # EP0833078. – 2003. – 100 p.

80 Noguchi S, Nagasaki K., Nakayama S., Kanada T., Nishino T., Ohtani T.,

“Static Stress Analysis of Link Plate of Roller Chain Using Finite Element Method and Some Design Proposals for Weight Saving”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. – 2009. - Vol. 3. - №2. – 100 p.

81 Sujata M., Venkataswamy M., Parameswara M., Bhaumik S., “Failure Analysis of Conveyor Chain Links”, Engineering Failure Analysis. – 2006. - 13(6). - 914-924 p.

82 Bhoite T., Pawar P., Gaikwad B., “FEA Based Study of Effect of Radial Variation of Outer Link in A Typical Roller Chain Link Assembly”, International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE). - 2012. - Vol-1. - Issue-4. - 2231 –6477 p.

83 Sapate S., Didolkar V., “Metallurgical Investigation of Failure of Coal Mill Drag Chain Pin”, Materials and Design. – 2009. - 30(7). - 2623-2629 p.