

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

Ибадулла А.Б.

Прокаттау білдегінің жетегін есептеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071200 – Машина жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

**ҚОРҒАУ А ЖІБЕРІЛДІ**
Кафедра меңгерушісі
физ.-мат. ғылым. профессор
А. Қалтаев
«06» 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Прокаттау білдегінің жетегін есептеу»

5B071200 – Машина жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Ибадулла А.Б.

Ибадулла А.Б.

Ғылыми жетекші
техн. ғыл. к-ты, ассоц.проф.

Е.Т. Бекенов

«06» 05 2019ж

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Онеркәсіптік инженерия институты

Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

5B071200 – «Машина жасау»



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Ибадулла Абылайхан Балтабайұлы

Тақырыбы: Прокаттау білдегінің жетегін есептеу

Университет ректорының «06» қараша 2018 ж. № 1252-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «13» мамыр 2019 жылы

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: _____

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Кіріспе. Дипломдық жұмысқа бастапқы шолу ;
- б) Негізгі бөлім ;
- в) Редуктор және белгіленген параметрлердің теориялық есебі;
- г) Білік тістегерішті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу;
- д) Жұмыс қорытындысы;

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсетумен):


Жұмыс презентациясы _____ слайдтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 7 атаулардан

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жұмысқа бастапқы шолу	31.01.19 – 10.02.19	
Негізгі бөлім	10.02.19 – 3.03.19	
Редуктор және белгіленген параметрлердің теориялық есебі	3.03.19 – 25.03.19	
Білік тістегерішті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу	25.03.19 – 2.04.19	

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

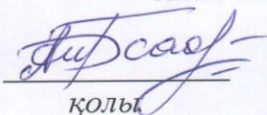
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылаушы	Е.Т. Бекенов техн. ғыл. канд., ассоц.проф.	06.05.2019	

Ғылыми жетекші


қолы

Е.Т. Бекенов
Аты-жөні

Білім алушы тапсырманы орындауға алды


қолы

А.Б. Ибадулла
Аты-жөні

Күні

“ 14 ” қараша 2018 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: «Прокаттау білдегінің жетегін есептеу».

Бұл жұмыс прокаттау әдісімен өндірісті зерттеу үшін кең материалды ұсынады, сондай-ақ цилиндрлік редуктор қолданылатын машиналар мен механизмдердің жұмыс принципін нақты түсіну үшін ұсынады.

Дипломдық жұмыста илемдеу білдегінің жетегінің беріктігі, сондай-ақ стандартдың осы түрінің негізгі мақсаты қарастырылады.

Цилиндрлік редуктордың беріктігін зерттеу ресурстар мен энергияны неғұрлым тиімді жұмсауға мүмкіндік береді және өндірістегі авариялар санын қысқартуға мүмкіндік береді.

Компас-3D бағдарламасында білік тістегеріштің үш өлшемді моделі сызылған және де APM FEM қосымша бағдарламасы арқылы беріктікке есептелген.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: "Расчет привода прокатного стана".

Данная работа предоставляет обширный материал для изучения производства методом прокатки, а также предоставляет материал для более точного понимания принципа работы машин и механизмов, где используется цилиндрический редуктор.

В дипломной работе рассматривается прочность привода прокатного стана, а также основные назначения данного вида станов. Были произведены расчёты на прочность передачи, показавшие удовлетворительные результаты.

Исследования прочности цилиндрического редуктора позволит наиболее эффективно расходовать ресурсы и энергию, и позволит сократить число аварий на производстве.

В программе Компас-3D нарисована трехмерная модель шестерни вала и рассчитана на прочность через приложение APM FEM.

ABSTRACT

Thesis: "Calculation of the drive of the rolling mill."

This work provides extensive material for the study of production by rolling, as well as provides material for a more accurate understanding of the principle of operation of machines and mechanisms, which uses a cylindrical reducer.

The thesis discusses the strength of the drive of the rolling mill, as well as the main purpose of this type of mills. The strength of the transmission was calculated and the results were satisfactory.

The program Compass-3D drawn three-dimensional model of the shaft gear and is designed for strength through the application APM FEM.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 Прокаттау білдегінің жалпы сипаттамалары және қызметі	7
1.1 Прокаттау білдегінің құрылымы	7
1.2 Түзужүрісті механизмнің және клеттердің прокаттау білдегінде қолданылуы	9
1.3 Прокаттау білдегінің классификациясы және олардың қолдану аясы	10
2 Бір сатылы цилиндрлік редуктордың теориялық есебі	14
2.1 Редуктор туралы мағлұмат	14
2.2 Жетектің энергетика-кинематикалық есебі	15
2.3 Цилиндрлік тісті доңғалақтарды контакт беріктікке есептеу	17
2.4 Мойынтіректерді алдын ала таңдау және төзімділікке тексеру	19
2.5 Біліктерді беріктікке есептеу	22
3 Білік тістегерішті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу	24
3.1 Есептеу бойынша бастапқы мәлімет	24
3.2 Статикалық есептеудің нәтижелері	28
Қорытынды	30
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31

КІРІСПЕ

Металл сияқты берік және сенімді материалдың қажеттілігі үнемі өсіп келеді, бұл жаңа металлургиялық кәсіпорындарды ашу және қолданыстағы кәсіпорындарды жаңғырту қажеттілігіне әкеледі. Металды пайдалану барлық салада қолданатындықтан, олардың қажеттілігі шексіз арта түсуде. Бұл машина жасау, кеме жасау және құрылыс салалары.

Металл кенінің белгілі бір маркадағы металлды прокаттау үшін әр түрлі арнайы техникалар пайдаланылатын негізгі және қосалқы операцияларды жүргізу қажет. Металлургиялық жабдықтардың негізгі түрлерінің бірі, пластикалық деформация нәтижесінде металдың табақшасы ыстық прокаттан алынатын, прокаттау білдегі болып табылады. Міне, металлургиялық кәсіпорындар жүзеге асыратын жұмыстың негізгі бөлігі осы білдекпен жүзеге асырылуда.

Жалпақ металлды табақтар алу үшін заманауи прокаттау білдегі қолданылады. Олар тегіс роликтермен жабдықталған, олар арқылы дайындалған плиталар өтеді. Бүгінгі күні прокаттау білдектері үлкен ассортиментте шығарылады. Олар металл өнімдерінің нақты пішіндерін шығара алады. Мысалы, рельстерді өндіру үшін арнайы білдектері бар, олардың білікшелері қазірдің өзінде осы өнімді өндіруге арналған дайын пішімді болады. Өнім түпкі пішінін алғанға дейін бірнеше білікшелі жұптардан өтеді және олардың әрқайсысы түпкілікті нәтижеге ие болады.

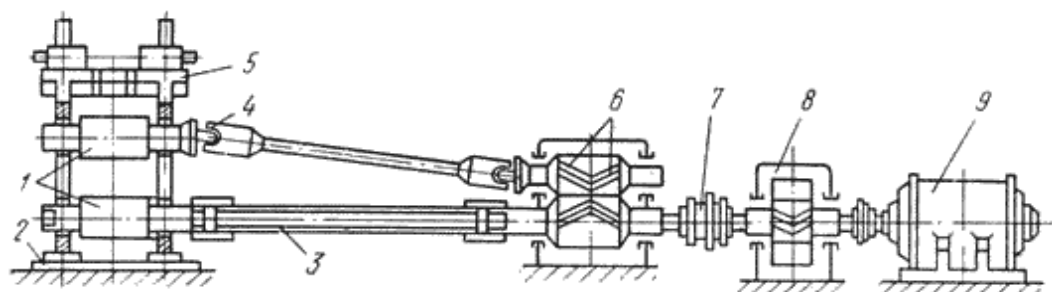
Прокаттау білдегінің құрылғысы қатты қиын емес. Бұл жабдық металды жалпақ жолақшаға айналдырады немесе қарапайым бөлшектелген металдың парақтарын жасайды. Технологиялық тұрғыдан алғанда, бұл процесс күрделі емес, сонымен қатар, бүгінгі күнде мұндай жабдықтар көптеген өзгерістерге ұшырап, көптеген модификациялардан өтті. Сондықтан, әдетте, осы типтегі барлық жабдықтар автоматты режимінде жұмыс істейді.

Прокаттау білдекте өңдеу барысында, парағының үстіне метал құйылған кезде ол біркелкі және тығыз болады, өйткені илектеу барысында құтыдағы барлық сызаттар мен кеңістіктер бітеліп, жабылады. Металды парақтарға өндегенде, ол бірқатар жылжымалы машиналар арқылы өтеді. Олардың бірі - блюмингті және слябингті машиналары деп аталады. Бұл жабдық бастапқы металл өңдеу болып табылады. Әдетте, мұндай жабдықты прокаттау үшін, құймақты бірнеше рет қыздырып алу керек, себебі икемдірек болады. Прокаттау білдектерінің осы түрінің өнімділігі жылына шамамен алты миллион тоннаға жетуі мүмкін. Бұл ретте құйманың салмағы бірден он сегіз тоннаға дейін өзгеруі мүмкін [1].

1 Прокаттау білдегінің жалпы сипаттамалары және қызметі

1.1 Прокаттау білдегінің құрылымы

Айналмалы білікшелер арасындағы металды деформациялауға қызмет ететін прокаттау жабдықтарын негізгі деп атайды, ал басқа операциялар үшін көмекші. Негізгі жабдық бір немесе бірнеше негізгі сызықтан тұрады, олардың әрқайсысында үш түрлі құрылғылар бар: жұмыс клеттері (бір немесе бірнеше) - олар мойынтіректермен, тұғырмен, орнату механизмдерімен, плиталармен, сымдармен жабдықталған білікшелерді камтиды, білікшелерді айналдыруға арналған электр қозғалтқыштары, электр қозғалтқыштарының тісті дөңгелекті клеттері, шпиндельдер мен муфтастардан тұратын және илек біліктеріне берілетін құрылғылар. Тістегеріштік пен электр қозғалтқышы арасында жиі редукторды орналастырады. Әрбір білікте өз электр қозғалтқышы бар болса, беріліс құрылғылары тек шпиндельден тұрады. Ең кең таралған - көлденең білікшелері бар екі білікшелі, үш білікшелі, төрт білікшелі және көп білікшелі. Металды бүйір беттерге қысу үшін эджер деп аталатын тік білікшелері бар клеттер қолданады. Көлденең біліктерге жақын тік орналасқан білдектер әмбебап деп аталады. Олар кең жолақтарды және кең сөрелері бар қоставрлы арқалықтарды прокаттау үшін қызмет етеді. Бұрандалы прокаттау білдектерінде білік беру бұрышындағы қиғаш клетінде орналасады. Мұндай стандар құбырларды, осьтерді, шарларды және т. б. прокаттау үшін қолданылады (1.1-сурет).



1.1 – сурет – Прокаттау білдегінің схемасы: 1 – прокаттау білікшелері, 2 – плита, 3 – трэфті шпиндель, 4 – әмбебап шпиндель, 5 – жұмыс клеті, 6 – тістегеріш клеті, 7 – муфта, 8 – редуктор, 9 – қозғалтқыш

Прокаттау білікшелері 1 прокаттау қысымын қабылдайтын 5 жұмыс клетінде орнатылған. Жұмыс клетінің анықтаушы сипаттамасы илектеу біліктерінің өлшемдері болып табылады: диаметрі (сұрыптық илектеу) немесе ұзындығы (табақты илектеу).

Прокаттау жылдамдығы әртүрлі және қажетті өнімділікке, прокатталатын өнімнің сұрыптамасына және технологиялық процестерге байланысты болады. Қысу, дайындау, қалың табақты, ірі сортты білдектерде прокаттау жылдамдығы 2-8 м/сек. Ең үлкен жылдамдық үздіксіз білдектерге тән: сортты металды

прокаттау кезінде 10-20 м/сек, жолақты 25-35 м/сек, сым 50-70 м/сек, қаңылтырды суықтай прокаттау кезінде 40 м/сек.

Прокаттау білішелерінің мойынтіректері өте жоғары жүктемеде жұмыс істейді, кейбір білдектерде 30-60 Мн дейін (3000-6000 тс дейін) жетеді. Олардың мүмкін өлшемдері орамдардың диаметрімен шектеледі. Олардың мүмкін габариттері біліктердің диаметрімен шектеледі. Мойынтіректер (тербелу немесе сұйық үйкеліс) жаппай корпустарда орнатылады, оларды тұғыр ойықтарында орналасқан жастықтар деп атайды.

Жұмыс столдың төсені металлды илеу кезінде туындайтын барлық күш-жігерді қабылдайды, сондықтан массивтер - 60-120 тоннаға дейін және одан да көп болады. Тұғырдың материалы – 0,25-0,35% С болат құю. Тұғыр – болатты плитаға орнатылады және оларды темір бетонға немесе бетонға болтпен қатырады. Сорттық орнақтар үшін алдын ала кернеулі жұмыс клеттері таратылады, оларда қаттылықты арттыруға тұғыр массивтілігінің артуымен емес, арнайы тарту механизмдерінің көмегімен қол жеткізіледі. Прокаттау біліктерінің айналуын беру Гук топсалары бар әмбебап шпиндельдер арқылы жүргізіледі.

Электр жабдығы үлкен қуаттармен және басты жетектердің өлшемдерімен (бір электрқозғалтқыштың қуаты 6-7 Мвт дейін және одан да көп, ал жалпы қуаты 200-300 Мвт дейін жетеді), ең алдымен машиналар жылдамдығының кең шегінде автоматты реттеу қажеттілігінен туындайтын электржетектерді басқару жүйесінің күрделілігімен сипатталады.

Білдектің майлау жабдығы механизмдердің барлық қиын бөлшектеріне майлаудың үздіксіз автоматты берілуін, ал түсті металдарды прокаттау және болатты суықтай прокаттау үшін білдекте – прокаттау білікшелерінің жұмыс бетіне технологиялық майлаудың берілуін қамтамасыз етеді. Майлау жүйелері әдетте арнайы жертөлелерде орналасады.

Ірі стандарттың автоматикасы технологиялық процестің барлық барысын басқару үшін бір қатар біріккен жергілікті жүйелерден тұрады, бастапқы материалды қоймадан және қоймадан жіберуден бастап, прокаттың дайын өнім қоймасына түсуіне және оны вагондарға тиеуге дейін жүзеге асады. Әрбір жергілікті жүйенің технологиялық процесінің барысы туралы – оның ішінде металдың температурасы, білікшедегі металдың қысымы, өңделетін материалдың параметрлері туралы – атап айтқанда прокаттау профилінің мөлшері, оның жағдайы және қозғалу сипаты туралы ақпаратты жинайтын және беретін, көптеген және әр түрлі аспапық датчиктері бар. Бұл ақпарат жергілікті жүйелердің есептеу машиналарына келіп түседі, содан кейін осы жергілікті жүйеге жататын машиналар мен механизмдерді басқару үшін командалар беріледі, басқа жергілікті жүйелермен басқарылатын машиналар мен механизмдердің жұмысын тиісті түзету үшін жергілікті жүйелерді біріктіретін жалпы есептеу машинасындағы ақпарат беріледі. Автоматтандырудың басты міндеттерінің бірі (экономикалық жағынан тиімді) — бейін өлшемдерінің үздіксіз жұмыс істейтін өлшеуішінің көрсеткіштері негізінде беларалық кеңістікті тиісті автоматты түрде өзгерту жолымен жүзеге

асырылатын прокаттау профилінің өлшемін реттеуді автоматтандыру. Осының арқасында профиль өлшемдерінің дәлдігі күрт жоғарылайды, осыған байланысты шақтама алаңдары төмендейді, металдың сапасы артады, металдың үлестік шығындары төмендейді. Әсіресе, жұқа табақты өнім өндіру кезінде үлкен нәтижеге қол жеткізіледі.

Бұл міндетті табысты шешу есептеуіш техниканы пайдаланудың арқасында мүмкін болды, өйткені прокаттаудың жоғары жылдамдығының (30-40 м/сек жуық) салдарынан кәдімгі адаптивті жүйелер (өздігінен бейімделетін жүйелер) білікше аралық кеңістікті уақтылы түзетуді қамтамасыз етпейді. Сондай-ақ, дайын илемнің сапасын бақылау мен қорғаныс жабындарын жағу да үлкен экономикалық әсер береді. Процестің үздіксіздігіне және көп мөлшерде бір типті өнімді шығаруға байланысты прокаттау білдегі толық автоматтандырылған өнеркәсіптік объектілердің алғашқы бірі болу үшін барлық қажетті алғышарттарға ие [2].

1.2 Түзужүрісті механизмнің және клеттердің прокаттау білдегінде қолданылуы

Машиналар, механизмдер және басқа да күрделі конструкциялар элементтерінің үдемелі орын ауыстыруы арнайы түзу жүрісті электр механизмдерінің көмегімен жүзеге асырылады. Мұндай құрылғыларды кез келген өндірісте қолдануға болады және оларды гидроцилиндрлердің орнына қолдану үстінде.

Түзужүрісті механизм құрамына келесі компоненттер кіреді:

- үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышы
- бұрандалы беру
- редуктор
- қол жетегінің торабы
- соңғы ажыратқыштардың блогы

Тура жүретін механизмдер металлургия және машинажасау өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Балқыту цехтарында металды балқытумен немесе өңдеумен тікелей байланысты жабдық бөліктерінің желілік орнын ауыстыру өте жиі талап етіледі. Жабдықтың қозғаушы жетектері ретінде тұрақты және айнымалы токтың электр қозғалтқыштары бар, электр принципі бар желілік жетектер қолданылады. Біліктің айналу жиілігін сатысыз реттеу талап етілмейтін жерде ауыспалы токтың асинхронды қозғалтқыштары қолданылады. Айналу жиілігін сатысыз реттеу үшін, әсіресе беру механизмдерінде, реттеу мүмкіндігімен тұрақты токтың электр қозғалтқыштары көбірек қолданылады. Әсіресе кең электр жетектер мен бұрандалы домкраттар домна, болат балқыту және илектеу өндірісінде қолданылады.

Прокаттау білдегінің клеті – бұл екі тіректі станның конструкциясы, олардың арасында илектеу үшін біліктер орналастырылады. Сызықтық стандартың клеттері бір, екі, үш және одан да көп сызықтарда орналасқан. Бірінші желі қысқыш деп аталады, одан кейін – қара және таза (әрқайсысы

бірнеше клеттерден тұруы мүмкін) және әрбір желі әдетте өзінің электр жетегіне ие болады. Клеттердің түрлері өте көп, олар көптеген параметрлер бойынша бөлінеді, мысалы, сызба және біліктің орналасуы бойынша – екі білікті, үш, төрт, алты, он екі, жиырма білікті болады. Сондай-ақ реверспен (прокат тікелей және қарама-қарсы бағытта жүреді) немесе реверссіз болады, бірте-бірте процестің үдеуі мен баяулауы болуы мүмкін.

Илектеудің екі түрін іске асыру үшін тұзужүрісті механизмнің электрондық басқару құрылғылары – датчиктері, түрлендіргіштері қосылған тікелей өзі жүретін механизмдері (желілік жетектер, тікелей өзі жүретін механизмдер) пайдаланылуы мүмкін. Сондай-ақ, оператор жылдамдықты реттей алады және қолмен басады. Тұзужүрісті механизм – біліктер механизмдері үшін, жұмыс біліктерінің арасындағы қысу мен қашықтықты өзгерту үшін пайдаланылады. Сонымен қатар, желілік жетектер илемдеу стандарты клетінің қақпақтарын көтеру-түсіру үшін қолданылады.

Механизмдер қосалқы операцияларды автоматтандыру үшін де пайдаланылуы мүмкін, мысалы, шлактан тазарту. Қож тазалау өте маңызды операция болып табылады, қож әдетте тотығу нәтижесінде қалыптасады. Аса ірі мөлшерде ол шөміштерге құйылады, одан ары арнайы шлак таситын көлікке түседі. Тура жүретін механизмдер қож тасығыш шөмішін басып алу және еңіс механизміне пайдаланылады. Пештің механизмі үшін – болат шығару және кожды түсіру [3].

1.3 Прокаттау білдегінің классификациясы және олардың қолдану аясы

Прокаттау білдектері мақсатына, яғни шығарылатын өнімнің түріне байланысты келесі үш топқа бөлуге болады.

Ыстықтай прокаттау білдектері, оларға қысу, дайындау, рельс-арқалық, сорттық, сым, штрипстік, табақты, кең жолақты жатады.

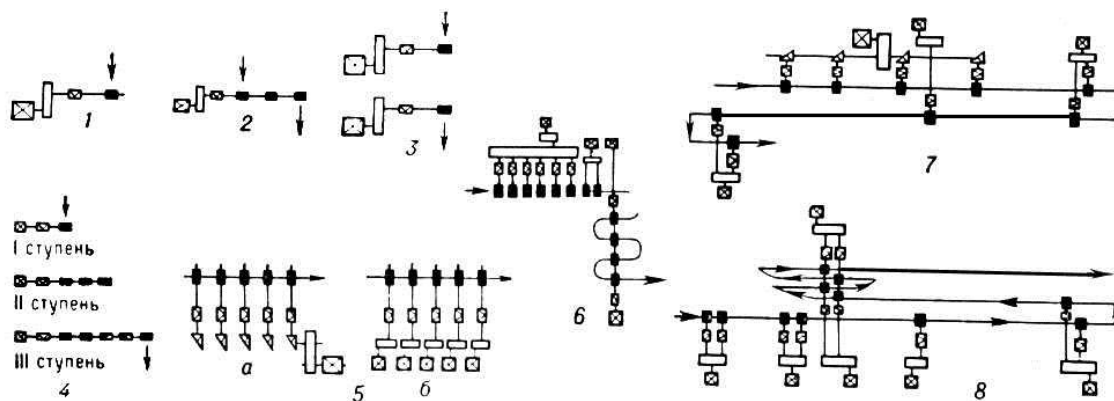
Табақты, қатты прокаттау – суықтай илектеу білдектері және жұқа лентаны илектеуге арналған орнақтар жатады.

Қысу, дайындау және сорттық білдектерінің негізгі параметрлері білікшелердің диаметрі және клеттердің білік тістегеріштері болып табылады.

Табақшалы білдектерінің негізгі параметрі білікшенің ұзындығы, ол білдекте прокатталатын табақтардың немесе жолақтардың ең үлкен енін анықтайды.

Прокаттау білдегінің қарапайым түріне бір клетті білдек жатады. Бұл жабдықтың құрамына бір жұмысшы клеті және білікше жетегінің желісі кіреді. Осы топқа жартылай өнімді (блюмингтер, слябинги, дайындау) және дайын прокатты (ыстық және суық прокаттау орнақтары) өндіруге арналған білдектер жатады.

Жұмыс клеттерінің саны мен орналасуы бойынша илемдеу орнақтары келесі бес топқа бөлінеді: бір клетті, сызықты көп клетті, тізбекті, жартылай үздіксіз және үздіксіз (1.2 – сурет).



1.2 – сурет – Илемдеу орнағының жұмыс клеткаларының орналасу сұлбасы: 1 — бір кілетті, 2 — сызықты, 3 — қосарланған, 4 — сатылы, 5 — үздіксіз (а — топтық жетегі бар, б — жеке), 6 — жартылай үздіксіз, 7 — тізбекті, 8 — шахмат тәріздес.

Ең қарапайым болып жұмыс клеттері бір немесе одан да көп сызықтарда орналасқан желілік көп клетті прокаттық орнақтар болып табылады. Бұл ретте әрбір желі бір электр қозғалтқышынан келтіріледі. Негізгі үлгіні дайындау, сорттық, рельс-арқалық, сым және табақ ретінде қолданады.

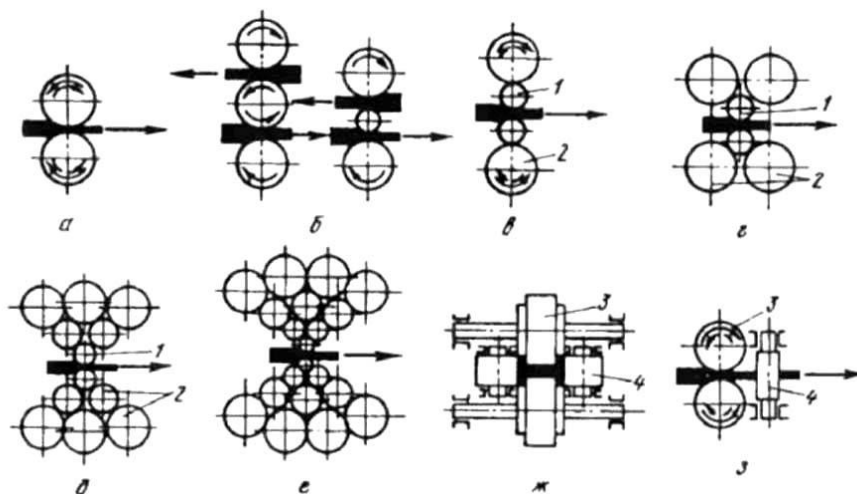
Бір-бірінен кейін тұрған жұмыс клеттерінің орналасуымен тізбекті білдектер сипаталады, бұл прокатталатын жолақ әрбір клетте бір рет өтеді. Сондықтан мұндай білдектің клеттірінің саны дайын профильді алу үшін қажетті ең көп өту санына тең болуы тиіс. Тізбекті білдектер негізінен сорттық өндірісте қолданылады.

Жартылай үздіксіз білдектер жұмыс клетінің екі тобынан тұрады: үздіксіз және сызықты немесе тізбекті. Жартылай үздіксіз білдектер сұрыптық, сым және жолақ ретінде қолданылады.

Ең заманауи білдектер үздіксіз стандар болып табылады. Бұл стандар дайындау, кеңжолақты, орта және ұсақ сортты, сым және т. б. ретінде қолданылады.

Екі білікшелі клеттер кең таралған, ол реверсивті және реверсивті емес болып бөлінеді. Реверсивті клеттерде біліктердің ауыспалы айналу бағыты болады. Прокатталатын металл біліктер арасында алға және артқа қарай қажетті мөлшермен өтеді, ал біліктер тиісінше айналу бағытын өзгертеді, реверсияланады. Реверсивті екі білікшелі клетті қысқыш, қалың табақшалы, сортты және табақты орнақтарда қолданады. Реверсивті емес екі білікшелі клеттерде білікшелер бір жаққа тұрақты айналады. Прокатталатын металл осындай клеттің біліктері арасында тек бір рет және бір бағытта өтеді. Реверсивті емес клеттер дайындамаларды, сортты илемді, катанканы, табақты өндіру кезінде сызықты көп кілетті, тізбекті, жартылай үздіксіз және үздіксіз илемдеу білдектерде қолданылады.

Жұмыс торларындағы біліктердің орналасуы мен саны және олардың конструкциялары бойынша илектеу орнақтары бірнеше топқа бөлінеді: екі, үш, төрт және көп білікшелі, әмбебап арнайы құрылымдар (1.3-сурет).



1.3 – сурет – Жұмыс клеттерінде білікшелердің орналасу схемасы: а – екі білікше клеті, б – үш білікше сортты және табақты, в – төрт білікше клеті, г – алты білікше клеті, д – он екі білікше клеті, е – жиырмасыншы клеті, ж-әмбебап арқалық клеті, з-слябингтің әмбебап клеті.

Үш білікті клеттерде біліктер осі – бір тік жазықтықта орналасқан және айнарудың тұрақты бағыты болады. Үш білікті клеттер сорттық прокатты өндіру кезінде кеңінен қолданылды. Илемделген металл төменгі және орта біліктер арасында бір жаққа және кері жаққа — орта және жоғарғы біліктер арасында қозғалады.

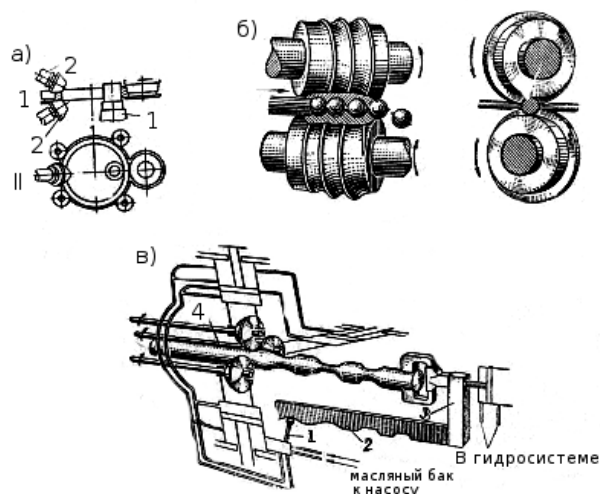
Төрт білікшелі клеттерде тірек біліктер жұмыс біліктерінің иілуін азайтуға және білік жүйесінің қаттылығын арттыруға арналған. Төрт білікшелі реверсивті емес клеттер үздіксіз стандарда қолданылады. Реверсивті төрт білікшелі клеттер ыстық және суық прокаттаудың бір кіндік стандартында қолданылады.

Алты валентті клеттер клеттің жоғары қаттылығымен және тірек біліктердің аз майысуымен ерекшеленеді. Осы клеттер жұқа жолақтар мен тар ленталарды қалыңдығы бойынша нақты рұқсатнамасы бар орамдарда – суықтай прокаттау үшін қолданылады.

Әмбебап клеттерде металды қысу бір мезгілде көлденең және тік біліктермен жүзеге асырылады. Мұндай клеттер тік білікшелер жетекті емес әмбебап белдем клеттерінде қолданылады. Бұл клеттер тек кең жолақты қоставрлы арқалықтарды прокаттау үшін қолданылады (арқалықтардың биіктігі 1000 мм дейін, сөрелердің ені 400 мм дейін). Бірақ соңғы уақытта оларды басқа профильдерді (рельстерді, әмбебап парақтарды және т.б.) прокаттау үшін де пайдалана бастады. Бұдан басқа, әмбебап (кәдімгі) клеттер реверсивті екі білікшелі (слябингте) немесе төрт білікшелі (қара кең жолақты стандарда) клеттер ретінде қолданылады. Бұл клеттерде тік жазықтықтар немесе көлденең,

тік біліктер бір-біріне жақын қашықтықта болады. Бұл клеттерде илектелетін металды қысу көлденең және тік біліктермен жүзеге асырылады. Бұл ретте тік біліктер жұмыс клетінің алдыңғы немесе артқы жағында орналасады, олардың міндетіне илектелетін металдың тегіс және тегіс бүйір қырларын алу кіреді [4].

Арнайы конструкцияның клеттері біліктердің әртүрлі орналасуымен ерекшелінеді. Бұл топқа дөңгелекті илектеу, бандажды прокаттау, сақиналы илектеу, шаропрокат орнақтары, сондай-ақ ауыспалы және кезеңдік қима профильдерін, тістегершіктер мен басқа да бұйымдарды илектеуге арналған орнақтар жатады (1.4 – сурет).



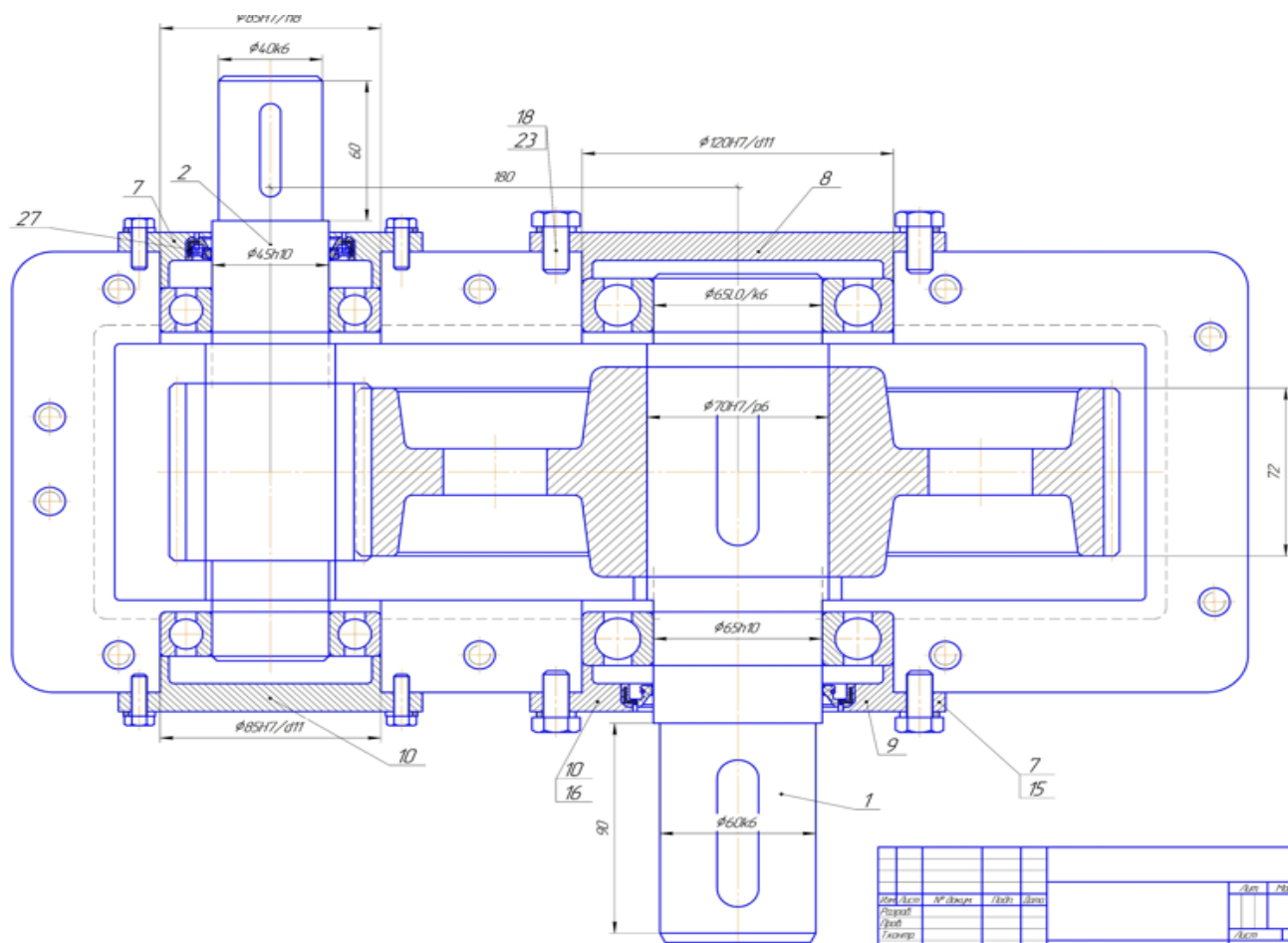
1.4 – сурет – Арнайы станның сұлбасы: а – бандаж прокаттау, б – шарларды көлденең бұрандалы прокаттау және в – мерзімді профильдер

2 Бір сатылы цилиндрлік редуктордың теориялық есебі

2.1 Редуктор туралы мағлұмат

Машинаның жетегі техникада ерекше орын алады, өйткені онсыз кез келген құрылғының механикалық қозғалысы мүмкін емес. Жетектің кинематикалық сұлбасын ұтымды таңдаудан және дұрыс кинематикалық күштік есептеуден көп жағдайда жобаланатын машиналарға қойылатын маңызды талаптар, сол габариттер кезінде қуатты арттыру, жылдамдық пен өнімділікті арттыру, КПД арттыру, сондай-ақ дайындаудың ең аз массасы мен төмен өзіндік құны тәуелді болады.

Редукторды дұрыс таңдау жоспардан тыс тұрып қалу, жөндеу шығындарының көбеюі және т.б. салдарынан айтарлықтай экономикалық шығындарға әкелуі мүмкін. Қазіргі редуктор – қозғалтқышпен және жұмыс машинасымен муфталармен немесе ашық механикалық берілістермен жалғанатын аяқталған механизм. Менің бұл есептеулерде алған редукторым бір сатылы цилиндрлі редуктор, өйткені бұл редуктор прокаттау білдегінің барлық параметрлеріне сәйкес келеді және тиімді болып табылады (2.1 – сурет).



2.1 – сурет – Бір сатылы цилиндрлі редуктор

2.2 Жетектің энергетика-кинематикалық есебі

Бұзылмай жұмыс істеу уақыты $L_h=12000$ сағ.

Тіс формасы – түзу.

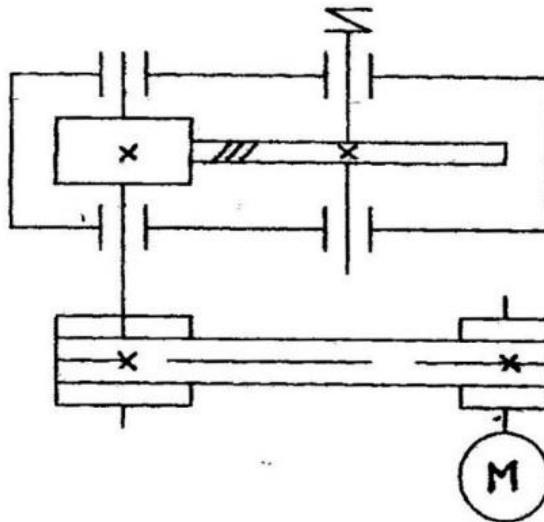
Тісті жұп материалы:

1) Шестерня – Болат 40ХНМА, Термиялық өңдеу – жақсарту;

2) Доңғалақ – Болат 40ХНМА, Термиялық өңдеу – жақсарту

$\alpha=30^\circ$

Жүктеме режимі – орташа нормальды



2.2 – сурет – Редуктордың кинематикалық схемасы

Анықтама кестесі бойынша жетек құрамына кіретін әр берілістің және әр жабдықтың ПӘК-ін қабылдаймыз[5]. Осы қабылдаған ПӘК мәндері бойынша жетектің жалпы ПӘК-ін есептейміз:

$$\eta_{\text{ж}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_3^2 = 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,9932 = 0,91$$

$\eta_1=0,98$ – бір жұп жабық тісті дөңгелектердің ПӘК-і

$\eta_2=0,94$ – ашық берілістің ПӘК-і

$\eta_3=0,993$ – бір жұп домалау мойынтіректердің ПӘК-і.

Электроқозғалтқыштың қажетті қуатын анықтаймыз:

$$P_{\text{қаж}} = \frac{P_3}{\eta_1} = \frac{7,8 \cdot 10^3}{0,91} = 8,6 \text{ кВт}$$

Жетектің шығу білігінің айналу жиілігі: $n_3 = 100 \text{ мин}^{-1}$

Жетектің алдын ала беріліс қатынасы: $i'_p = 4$ $i'_a = 4$

$$i'_{\text{ж}} = i'_p \cdot i'_a$$

$$= 4 \cdot 4 = 16$$

мұндағы i'_p - тісті берілістің беріліс қатынасының ұсынылған орташа шамасы;

i'_a - ашық (белдікті, шынжырлы, ашық тісті) берілістің беріліс қатынасының ұсынылған орташа шамасы.

Электроқозғалтқыштың есепті айналу жиілігі:

$$n'_{\text{коз}} = n_3 \cdot i'_{\text{ж}} = 100 \cdot 16 = 1600 \text{ айн/мин}$$

Таңдайтын электроқозғалтқыш қуаты қажетті қуатқа тең немесе одан үлкен, ал білігінің айналу жиілігі жуықша шамасына ($n'_{\text{коз}}$) жақын болуы тиіс, яғни $P_{\text{э.қ}} \geq P_{\text{қаж}} = 8,6 \text{ кВт}$. Бұған 4А132М4У3 электроқозғалтқыш сәйкес келеді. Оның сипаттамалары: $P_{\text{э.қ}} = 8,6 \text{ кВт}$; $n_c \approx n_6 = 1458 \text{ айн/мин}$; $S = 2,8\%$; $d_{\text{эк}} = 38 \text{ мм}$; $l_{\text{эк}} = 80 \text{ мм}$.

Электроқозғалтқыш білігінің номиналды айналу жиілігінің шамасын анықтаймыз:

$$n_{\text{ном}} = n_c \left(1 - \frac{S}{100}\right) = 1500 \left(1 - \frac{2,8}{100}\right) = 1458 \text{ айн/мин}$$

мұндағы s – сырғанау коэффициенті

Жетектің жалпы беріліс санын сатыларға жіктейміз:

$i_p = 4$ деп аламыз, онда

$$i_a = \frac{i_{\text{ж}}}{i_p} = \frac{14,58}{4} = 3,645$$

Сонымен $i_a = i_{6,6} = 3,645$ деп қабылдаймыз.

Жетек біліктерінің айналу жиілігі мен бұрыштық жылдамдықтарын анықтаймыз:

$$n_1 = n_{\text{ном}} = 1458 \text{ айн/мин} \quad \omega_1 = \omega_{\text{ном}} = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1458}{30} = 152,6 \text{ рад/с}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_6} = \frac{1458}{3,645} = 400 \text{ айн/мин} \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_6} = \frac{152,6}{3,645} = 41,86 \text{ рад/с}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_p} = \frac{400}{4} = 100 \text{ айн/мин} \quad \omega_3 = \frac{\omega_2}{i_p} = \frac{41,86}{4} = 10,46 \text{ рад/с}$$

Жоғарыдағыдай жетектің әр білігіндегі қуат шамасы мен бұраушы момент шамасын анықтаймыз:

$$T_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_1} = \frac{8,59 \cdot 10^3}{152,6} = 56,3 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad T_1 = T_{\text{ном}} = 56,3 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_2 \cdot i_6 = 56,3 \cdot 10^3 \cdot 0,94 \cdot 3,645 = 193 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_3 = T_2 \cdot \eta_1 \cdot \eta_3^2 \cdot u_p = 193 \cdot 10^3 \cdot 0,98 \cdot 0,993^2 \cdot 4 = 746 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

2.3 Цилиндрлік тісті доңғалақтарды контакт беріктікке есептеу

Ось аралық қашықтықтың алдын ала мәні:

$$a_w = 0,85(u+1) \sqrt[3]{\frac{E_{кел} T_3 K_{H\beta} K_{H\alpha}}{\sigma_{HP}^2 u^2 \psi_{ba}}} = 0,85(4+1) \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 746 \cdot 10^3 \cdot 1,04 \cdot 1}{627^2 \cdot 16 \cdot 0,4}} = 171,4 = 180$$

егер тісті доңғалақтар материалы болат болса $E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, онда $E_{кел} = E_1 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;

T_2 – тісті доңғалақ білігіндегі айналдырушы момент, Н·мм;

$[\sigma_H]_e$ – есепті мүмкіндік контакт кернеу, МПа;

u – есептеліп жатқан беріліс сатысының беріліс саны;

$K_{H\beta}$ – жүктеменің шоғырлану коэффициенті.

Дөңгелек енінің диаметрге қатынасы коэффициенті $\psi_{ba} = b_1/d_1$ мына формуламен анықталады:

$$\psi_{ba} = 0,5\psi_{ba}(u+1) = 0,5 \cdot 0,4(4+1) = 1$$

мұндағы ψ_{ba} – дөңгелек енінің өсаралық ара қашықтыққа қатынасы коэффициенті $\psi_{ba} = b_2/a_w$, стандарт қатарға сәйкес қабылданады.

Дөңгелек енінің алдын ала мәні:

$$b'_w = \psi_{ba} a_w = 0,4 \cdot 180 = 72; \quad b_2 = 72; \quad b_1 = 72+5=77$$

Қалыпты ілінісу модулі:

$$a_w = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w = (0,01 \dots 0,02) \cdot 180 = 1,8 \dots 3,6 \text{ мм,}$$

$m=3$ мм деп аламыз.

Түзу тісті цилиндрлік беріліс:

$$z = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 \cdot 180}{3} = 120$$

Шестерня тістер саны:

$$z_1 = \frac{z}{u+1} = \frac{120}{5} = 24$$

Доңғалақтың тістер саны: $z_2 = z_{ж} - z_1 = 120 - 24 = 9$

Беріліс санының нақты мәні:

$$u_n = \frac{z_2}{z_1} = \frac{96}{24} = 4$$

Доңғалақтардың шеңберлік жылдамдығы, м/с

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{10^3 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 72 \cdot 1458}{10^3 \cdot 60} = 5,49$$

мұндағы d_1 – шестерняның бөлгіш диаметрі, $d_1 = m_n z_1 = 3 \cdot 24 = 72$;

Тісті доңғалақтарды жасаудың дәлдік дәрежесі тісті доңғалақтардың шеңберлік жылдамдығына және берілістің қолдану саласына (жұмыс істеу шарты) тәуелділігінен анықталады [6].

Жүктеменің есепті коэффициенттері контакт кернеуді есептеуде:

$$K_H = K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\alpha} = 1,04 \cdot 1,24 \cdot 1 = 1,289.$$

Иілу кернеуді есептеуде:

$$K_F = K_{F\beta} K_{F\nu} K_{F\alpha} = 1,09 \cdot 1,48 \cdot 1 = 1,613,$$

мұндағы $K_{H\beta} = 1,04, K_{F\beta} = 1,09$ – жүктеменің шоғырлану коэффициенті

$K_{H\nu} = 1,24, K_{F\nu} = 1,48$ – жүктеменің динамикалық коэффициенті

$K_{H\alpha}, K_{F\alpha}$ – тістердің бірқалыпты жүктелмегенін ескеретін коэффициент (көп жұпты ілініс үшін). Түзу тісті берілістер үшін $K_{H\alpha} = K_{F\alpha} = 1$.

Тістер беріктігін контакт кернеуге тексеру түзутісті доңғалақ үшін:

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{\text{кел}} T_2 K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\alpha} (u_H + 1)}{d_1^2 b_2 \sin 2\alpha_w u_H}} \leq \sigma_{HP}$$

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{\text{кел}} T_2 K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\alpha} (u_H + 1)}{d_1^2 b_2 \sin 2\alpha_w u_H}} = 1,18 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 193 \cdot 10^3 \cdot 1,289 \cdot 5}{72^2 \cdot 72 \cdot \sin 40 \cdot 4}}$$

$$= 616 \text{ МПа}$$

$$616 \text{ МПа} \leq \sigma_{HP}$$

Тістер беріктігін иілу кернеуге тексеру-түзу тісті доңғалақ:

$$\sigma_F = \frac{F_t K_{F\beta} K_{F\nu} K_{F\alpha} Y_F}{b_2 m} \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_F = \frac{F_t K_{F\beta} K_{F\nu} K_{F\alpha} Y_F}{b_2 m} = \frac{5361 \cdot 1,613 \cdot 3,60}{72 \cdot 3} = 144 \text{ МПа}$$

мұндағы F_t - шеңберлік күш, Н

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1} = \frac{2 \cdot 193 \cdot 10^3}{72} = 5361$$

Тісті доңғалақтардың негізгі геометриялық параметрлері (МЕСТ 13755-81).

Түзутісті тісті доңғалақтар:

Бөлгіш шеңберінің диаметрі:

$$d_1 = m z_1 = 3 \cdot 24 = 72,$$

$$d_2 = m z_2 = 3 \cdot 96 = 288.$$

Тіс басы (дөңесі) шеңберінің диаметрі:

$$d_{a_1} = m(z_1 + 2) = 3(24 + 2) = 78,$$

$$d_{a_2} = m(z_2 + 2) = 3(96 + 2) = 294.$$

Тіс аяғы (ойығы) шеңберінің диаметрі:

$$d_{f1} = m(z_1 - 2,5) = 3(24 - 2,5) = 64,5,$$

$$d_{f2} = m(z_2 - 2,5) = 3(96 - 2,5) = 280,5.$$

Доңғалақтардың ені:

$$b'_2 = \psi_{Ba} \cdot a_w = 0,4 \cdot 180 = 72;$$

$$b'_1 = b_2 + (2 \dots 4) = 72 + 4 = 76$$

Түзүсті беріліс шеңберлік күш:

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1} = \frac{2 \cdot 193 \cdot 10^3}{72} = 5361H$$

Радиал күш:

$$F_r = F_t \tan \alpha_w = 5361 \cdot \tan 20^\circ = 1951$$

2.4 Мойынтіректерді алдын ала таңдау және төзімділікке тексеру

Жетекші білік: $[\tau]_\sigma = 20 \text{ Н/мм}^2$ деп қабылдап, жалғастырғыш қондырылатын бөлігінің диаметрін анықтаймыз:

$$D_{ш1} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{3088 \cdot 10^3}{62,8}} = 36,6 \text{ мм}$$

$D_{ш1} = 40$ мм деп қабылдаймыз.

Біліктің подшипниктер астындағы бөлігінің диаметрі:

$$d_{n1} = d_{ш1} + 5 = 40 + 5 = 45 \text{ мм}$$

$d_{n1} = 45$ мм деп қабылдаймыз

Білікті шестернямен біртұтас етіп жасаймыз.

Жетектегі білік: $[\tau]_\sigma = 20 \text{ Мпа}$

$$D_{ш2} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_3}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{11928 \cdot 10^3}{62,8}} = 57,5 \text{ мм}$$

$D_{ш2} = 60$ мм деп қабылдаймыз.

Біліктің подшипник қондырылатын мойыншасының диаметрі:

$$d_{n2} = d_{ш2} + 5 = 60 + 5 = 65 \text{ мм}$$

$d_{n2} = 65$ мм деп қабылдаймыз.

Біліктің доңғалақ қондырылатын мойыншасының диаметрі:

$$d_{d2} = d_{n2} + 5 = 65 + 5 = 70 \text{ мм}$$

$d_{d2} = 70$ мм деп аламыз.

Біліктің қалған мойыншаларының ұзындықтары құрастыру сызбасы бойынша графикалық түрде анықталады.

1) Жетекші білік

Іліністе әсер ететін күштер:

$$F_{t1}=5361\text{H}; F_{r1}=1951\text{H}; F_6=1198\text{H}$$

$$l_1 = 72,5, l_{ш1} = 60$$

ХОЗ жазықтығындағы тірек реакциялары:

$$\sum M_1 = 0$$

$$R_{x2} = \frac{F_t \cdot l_1 + F_6 \cdot \cos 30 \cdot l_{ш1}}{l_1 + l_1} = \frac{5361 \cdot 72,5 + 1198 \cdot 0,8667 \cdot 60}{145} = 3109,7 \text{ H};$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_{x1} = \frac{F_t \cdot l_1 - F_6 \cdot \cos 30 \cdot (l_{ш1} + l_1 + l_1)}{l_1 + l_1} = \frac{5361 \cdot 72,5 - 1198 \cdot 0,8667 \cdot 205}{145} = 1213,7\text{H};$$

$$\begin{aligned} \text{Тексереміз: } -F_6 \cos 30 - R_{x1} - R_{x2} + F_{t1} &= 0 \\ -1030,28 - 1213,7 - 3109,7 + 5361 &= 0 \end{aligned}$$

УОЗ жазықтығындағы тірек реакциялары:

$$\sum M_1 = 0 \quad R_{y2} = \frac{F_{r1} \cdot l_1 - F_6 \cdot \sin 30 \cdot l_{ш1}}{l_1 + l_1} = \frac{141447,5 - 1198 \cdot 30}{145} = 727,64 \text{ H};$$

$$\sum M_2 = 0 \quad R_{y1} = \frac{F_{r1} \cdot l_1 + F_d \cdot \sin 30 \cdot (l_1 + l_1 + l_{ш1})}{l_1 + l_1} = \frac{1951 \cdot 72,5 + 1198 \cdot 0,5 \cdot 205}{145} = 1820,24 \text{ H};$$

$$\begin{aligned} \text{Тексереміз: } -F_d \sin 30 + R_{y1} + R_{y2} - F_{r1} &= 0 \\ -1198 \cdot 0,5 + 1820,2 + 727,64 - 1951 &= 0 \end{aligned}$$

Қосынды реакциялар:

$$R_1 = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{1213,7^2 + 1820,24^2} = 2187,77 \text{ H};$$

$$R_2 = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{3109,7^2 + 727,64^2} = 3193,69 \text{ H}.$$

Ілінісу кезіндегі күштер:

$$F_t = 5361 \text{ H}$$

$$F_r = 1951 \text{ H}$$

$$F_a = 0$$

$$d_1 = 72 \text{ мм}$$

Эквивалентті күшті анықтаймыз:

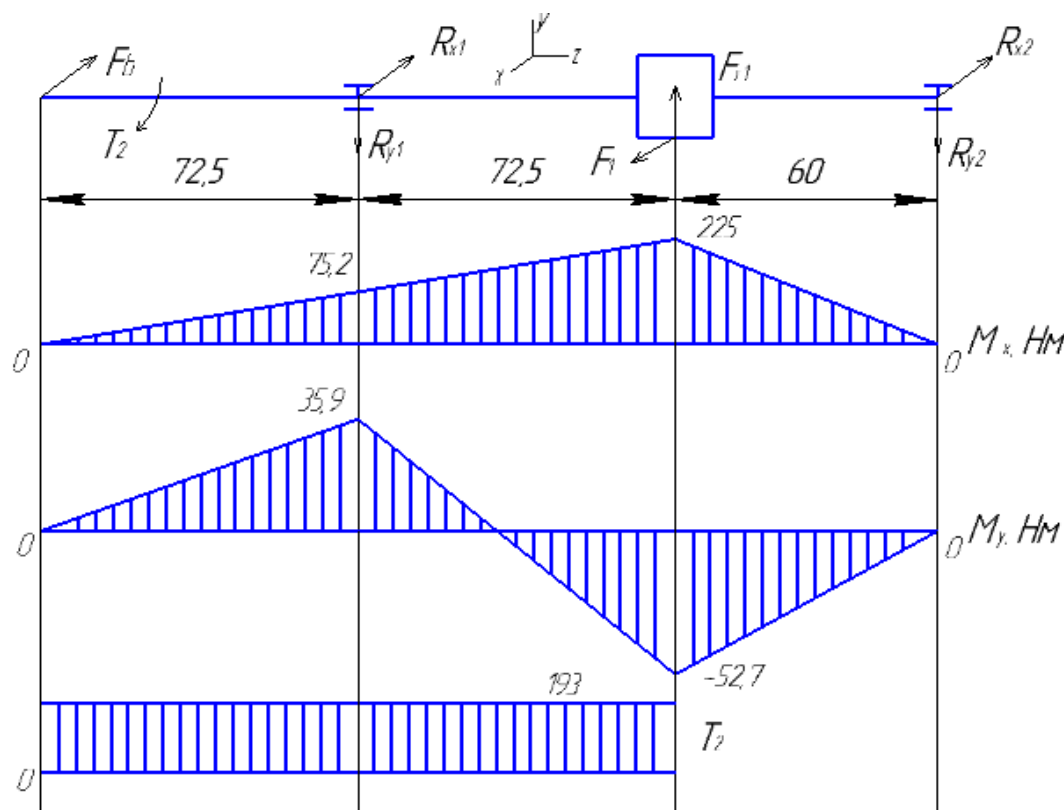
$$P_g = XV \cdot F_r \cdot K_\sigma \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 3194 \cdot 1,3 = 4152 \text{ H}$$

Жұмыс істеу мерзімі:

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^3 = \left(\frac{52,7 \cdot 10^3}{4,1 \cdot 10^3}\right)^3 = 1581 \text{ млн, айн.}$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n_2} = \frac{1581 \cdot 10^6}{60 \cdot 400} = 65886 \text{ сағ}$$

Бірінші біліктің эпюрі 2.3-суретте көрсетілген



2.3 – сурет

2) Жетектегі білік

Ліністе әсер ететін күштер:

$$F_{t2}=5361\text{H}; F_{r2}=1951\text{H}; F_m=250\sqrt{T_3}=6825\text{H}. l_2 = 76,5, l_{ш2} = 90$$

XOZ жазықтығындағы тірек реакциялары:

$$\sum M_1 = 0$$

$$R_{x4} = \frac{F_{t2} \cdot l_2 - F_m \cdot (l_2 + l_2 + l_{ш2})}{l_2 + l_2} = \frac{5361 \cdot 76,5 - 6825 \cdot 243}{153} = -8159,2\text{H};$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_{x3} = \frac{F_{t2} \cdot l_2 + F_m \cdot l_{ш2}}{l_2 + l_2} = \frac{5361 \cdot 76,5 + 6825 \cdot 90}{153} = 6695,2\text{H};$$

$$\text{Тексереміз: } F_m + R_{x3} + R_{x4} - F_{t2} = 0$$

$$6825 + 6695,2 + 8159,2 - 5361 = 0$$

$$R_{y3} = R_{y4} = \frac{F_{r2}}{2} = 975,5\text{H}.$$

Қосынды реакциялар:

$$R_3 = \sqrt{R_{x3}^2 + R_{y3}^2} = \sqrt{6695,2^2 + 975,5^2} = 6765,89\text{H};$$

$$R_4 = \sqrt{R_{x4}^2 + R_{y4}^2} = \sqrt{8159,2^2 + 975,5^2} = 8217\text{H}.$$

Иілу кезіндегі күштер:

$$F_{t1} = 5361\text{H}$$

$$F_{r1} = 1951\text{H}$$

$$F_{a1}=0$$

$l_2=76,5$; $l_{ш2}=90$; бәсеңдеткішті құрастыру сызбасынан алынады.

Эквивалентті күшті анықтаймыз:

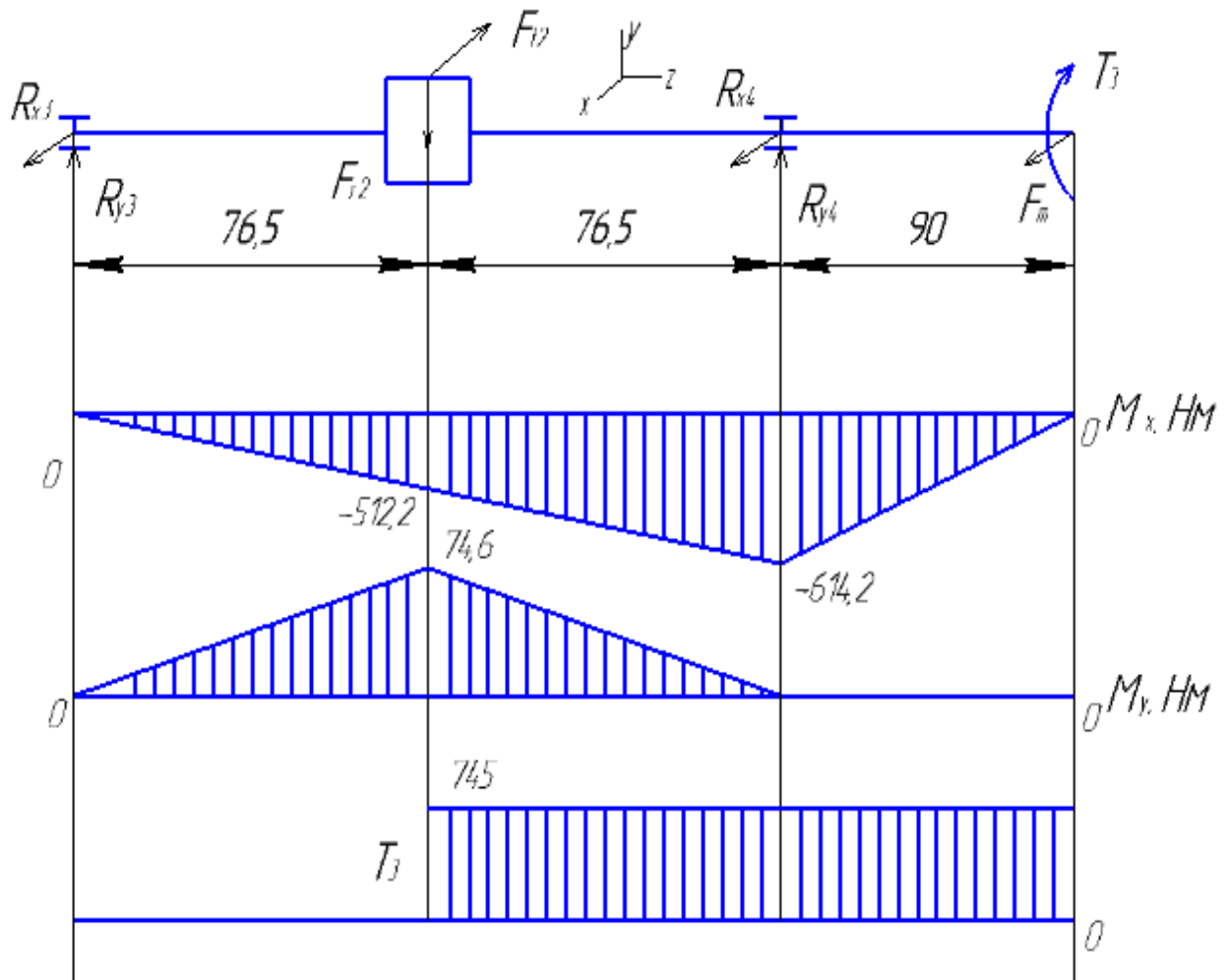
$$P_3 = XV \cdot F_r \cdot K_6 \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 8217 \cdot 1,3 = 10682H$$

Жұмыс істеу мерзімі:

$$L = \left(\frac{C}{P_3}\right)^3 = \left(\frac{92,3 \cdot 10^3}{10,68 \cdot 10^3}\right)^3 = 644,97 \text{ млн. айн.}$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n_3} = \frac{644,97 \cdot 10^6}{6000} = 107452 \text{ сағ}$$

Екінші біліктің эпьюрлері 2.4-суретте көрсетілген.



2.4 – сурет

2.5 Біліктерді беріктікке есептеу

Білік материалы – қалыптандырылған болат 45, $\sigma_B = 600 \text{ Н/мм}^2$

Төзімділік шегі: $\sigma_{-1} = 0,43 \sigma_B = 0,43 \cdot 600 = 258 \text{ Н/мм}^2$

Жанама кернеу: $\tau_{-1} = 0,58 \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 258 = 150 \text{ Н/мм}^2$

A – A қимасы иілу моменттері:

x өсі бойынша: $M_x = 512,2 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

у өсі бойынша: $M_y = 52,7 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$.

Қосынды июші моменті:

$$M_{A-A} = \sqrt{M_x + M_y^2} = \sqrt{(512,2 \cdot 10^3)^2 + (52,7 \cdot 10^3)^2} = 515 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

Қиманың кедергі моменттері:

$$W_n = \frac{\pi \cdot d_{d2}^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 (d_{d2} - t_1)}{2 \cdot d_{d2}} = \frac{3,14 \cdot 70^3}{32} - \frac{20 \cdot 7,5(70 - 7,5)^2}{2 \cdot 70} = 29,470 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d_{d2}^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d_{d2} - t_1)}{2 \cdot d_{d2}} = \frac{3,14 \cdot 70^3}{16} - \frac{20 \cdot 7,5(70 - 7,5)^2}{2 \cdot 70} = 63,129 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Иілудің қалыпты тік кернеуі:

$$\sigma_a = \frac{M_{A-A}}{W_p} = \frac{514,9 \cdot 10^3}{29,47 \cdot 10^3} = 117,47 \text{ Н} / \text{мм}^2;$$

Жанама кернеуі:

$$\tau_a = \tau_{\max} = \frac{T_3}{W_o} = \frac{746 \cdot 10^3}{63,12 \cdot 10^3} = 71,8 \text{ Н} / \text{мм}^2$$

Беріктік қорының коэффициенті қалыпты кернеу бойынша:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}{\varepsilon_\sigma}} = \frac{258}{\frac{1,6}{0,76} \cdot 117,47 + 0,15 \cdot 0} = 3,82;$$

Жанама кернеу бойынша беріктік қор коэффициенті:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau \cdot \sigma_\tau + \psi_\tau \cdot \tau_{\min}}{\varepsilon_\tau}} = \frac{150}{\frac{1,5}{0,65} \cdot 11,8 + 0,1 \cdot 11,8} = 3,27;$$

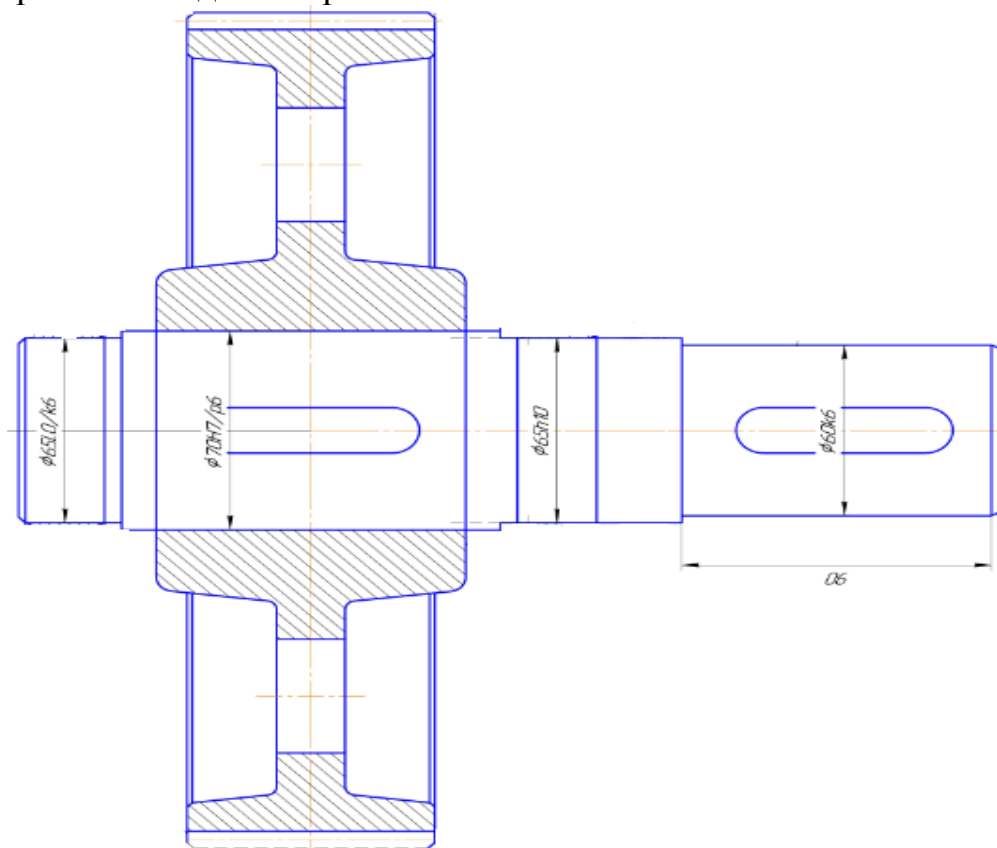
Жалпы беріктік қор коэффициенті:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{7,02 \cdot 5,27}{\sqrt{(7,02)^2 + (5,27)^2}} = 3,7 \geq 1,5 \div 1,8$$

3 Білік тістегерішті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу

3.1 Есептеу бойынша бастапқы мәлімет

Білік-тістегергіштің сызбасы 3.1-суретте көрсетілген және оның параметрлері 3.1-кестеде келтірілген.



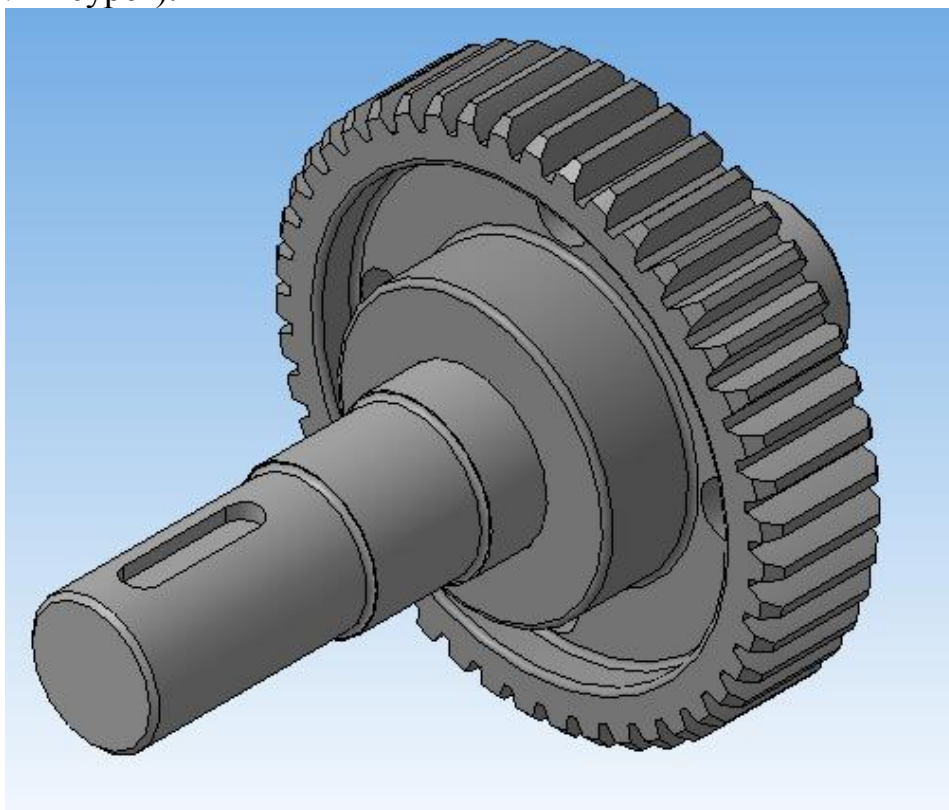
3.1 – сурет – Білік-тістегергіш

3.1-кесте – Орталық біліктің параметрлері

Нормальді модуль	m_n	3
Тістер саны	z	96
Тістің қисаю бұрышы	β	0
Тістің бағыты		Сол жақ
Бастапқы контур		МЕСТ 13755-81
Бастапқы контурдің араласу коэффициенті	x	0
Дәлдік дәрежесі МЕСТ 1643-81 бойынша		7
Диаметр	d	288

Редуктор жетегі – жалпы өнеркәсіптік қолданудағы заманауи механикалық жүйелердің кең таралған түрлерінің бірі. Редуктор айнарудың

бұрыштық жылдамдығын төмендетуге және айналмалы сәттің ұлғаюына арналған. Редукторлар мен мотор – редукторлардың жұмыс қабілеттілігі мен ресурсына көп жағдайда талап етілетін функционалдық параметрлерді және машинаның жалпы сенімділігін қамтамасыз ету тәуелді. Редуктордың құрамындағы білік-тістегеріштің атқаратын қызметі маңызды болып табылады. Сондықтан оның сапалы көрсеткішін анықтау үшін беріктікке, аққыштық қорына және т.б. маңызды параметрлерге зерттеуіміз қажет. Осының мысалы ретінде Компас 3D жүйесінде 3D моделін сызып, APM FEM беріктік анализін құрдым (3.2 – сурет).



3.2 – сурет – Жетекші білік

Күштер туралы ақпарат 3.2-кестеде, бекітулер туралы ақпарат 3.3-кесте көрсетілген.

Моделдің тістегергіштің екі жағындағы сатыларға қатаң бекітпе береміз. Тістегергіштің тістеріне және шпонкаға керекті күштерді саламыз.

3.2-кесте – Күштер туралы ақпарат

Атауы	Белгіленген объектілер	Күштің параметрлері
Таралған күш: таралған күш:1	шекара: 1	Күш векторы: $X = 0; Y = 0; Z = -10000$
таралған күш: таралған күш:2	шекара: 1	Күш векторы: $X = 0; Y = -12000; Z = 0$

таралған күш: таралған күш:3	шекара: 1	Күш векторы: $X = 0; Y = 0; Z = -10000$
таралған күш: таралған күш:4	шекара: 1	Күш векторы: $X = 0; Y = 12000; Z = 0$

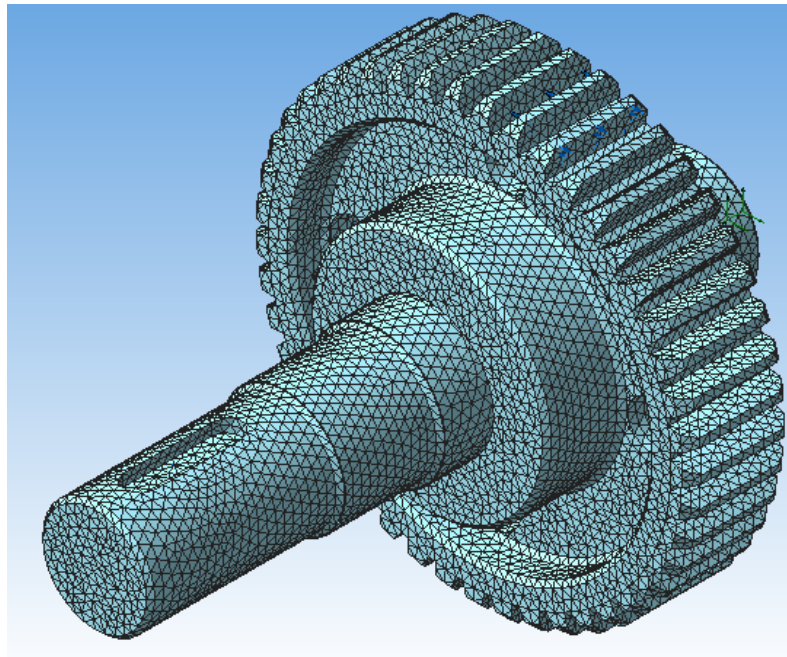
3.3-кесте – Бекітулер туралы ақпарат

Атауы	Белгіленген объектілер	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]	Rot. X [град]	Rot. Y [град]	Rot. Z [град]
бекіту: бекіту:1	шекара: 1	қозғалмайды	қозғалмайды	қозғалмайды	-	-	-

Деталды соңғы элементтерге бөлу параметрлері 3.4-кестеде көрсетілген
3.4-кесте – Бөлудің параметрлері және нәтижелері

Атауы	Шамасы
Элементтің максималды ұзындығы [мм]	5
Бетке қоюланудың максималды коэффициенті	1
Көлемнің азаю коэффициенті	1.5
Соңғы элементтер саны	62817
Узелдер саны	17704

Білік-тістегеріштің бір тісіне күштерді енгізіп және бекіту күштерін белгілі әртүрлі бағытта орнатамыз. Содан соң осы бағдарламаның ішіндегі статикалық есептемес бұрын алдын ала соңғы элементтерге дейін бөлеміз. Бұл операция тісті доңғалақтардың қай жері қауіпті немесе қауіпсіз аймақтығын нақты анықтайды. Білік-тістегергіш соңғы элементтерге бөлінгеннен кейін сетка түрінде 3.3-суретте көрсетілген. Инерциялық характеристикасы 3.5-кестеде көрсетілген.



3.3 – сурет – Соңғы элементтерге бөлінгеннен кейінгі деталь

3.5-кесте – Моделдің инерциялық характеристикасы

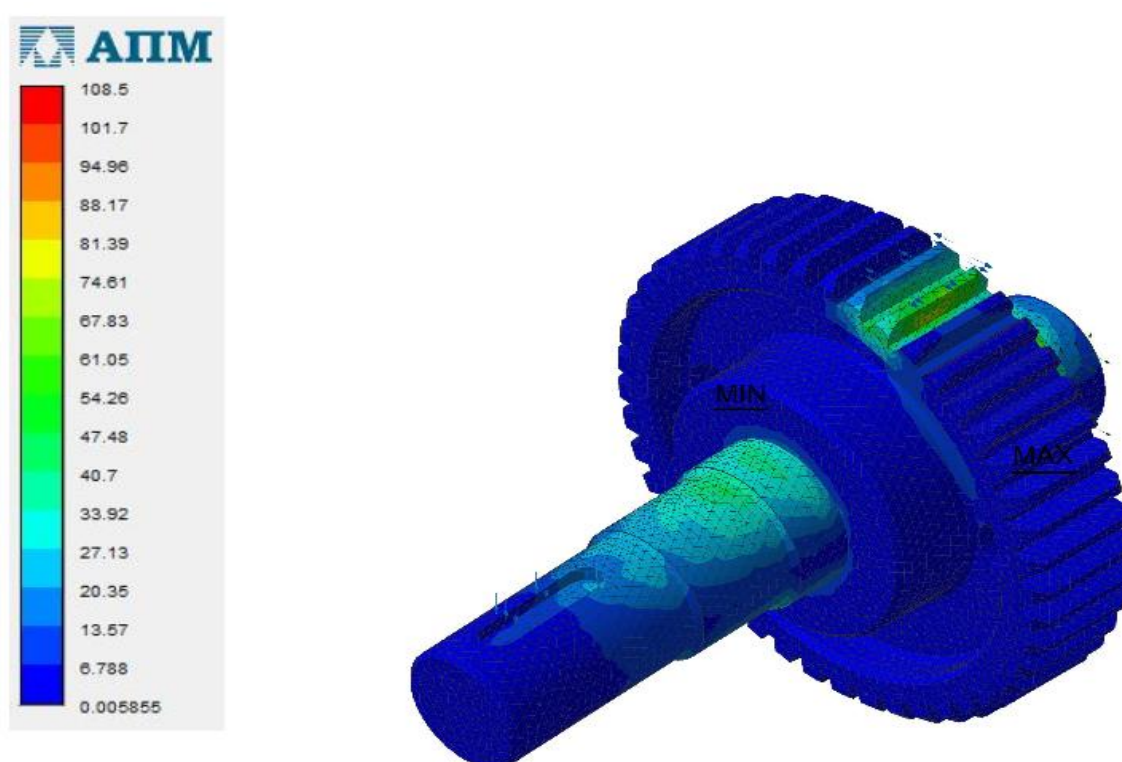
Атаулары	Шамасы
Моделдің массасы [кг]	15,816
Модельдің ауырлық центрі [м]	(0,02786 ; 0,000000 ; -0,000051)
Моделдің центрге қатысты инерция моменттері [кг*м ²]	(0.063513 ; 0.025467 ; 0.025446)
Центрге қатысты реактивті моменттер [Н*м]	(344.972484 ; -1119.140953 ; -1.093538)
Тіректердің қосынды реакциялары [Н]	(-0 ; 0.017173 ; 19867.205058)
Реакциялардың абсолютты шамасы [Н]	19867.205058
Моменттің абсолютты шамасы [Н*м]	1171.103617

3.2 Статикалық есептеудің нәтижелері

Статикалық есептеу нәтижесіндегі кернеулердің шамалары 3.6-кестеде көрсетілген. 3.4-суретте кернеулер графикалық түрде көрсетілген.

3.6-кесте – Минималды және максималды кернеудың шамалары

Атауы	Тип	Минималды шама	Максималды шама
Мизес бойынша эйвивалентті кернеу	SVM [МПа]	0,005855	108,52

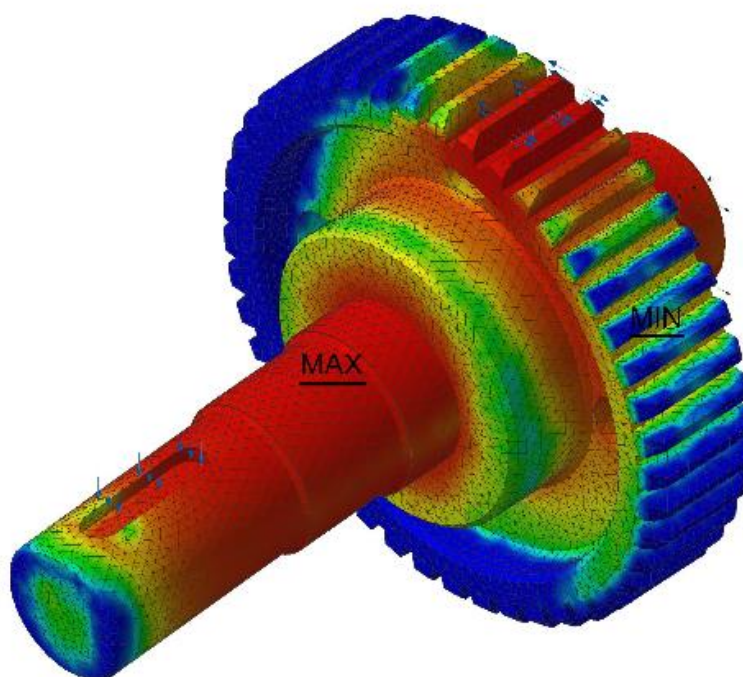
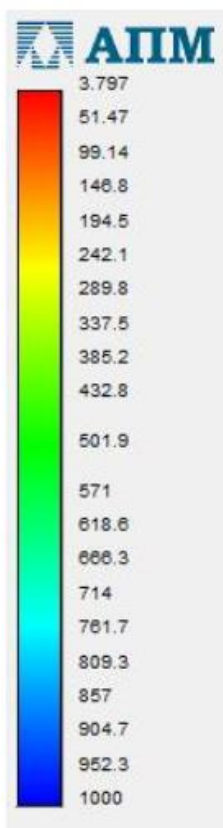


3.4 – сурет – Детальдағы кернеулер

Беріктіктің қорының шамасы 3.7-кестеде көрсетілген. 3.5-суретте беріктіктің қорының графикалық түрі көрсетілген [7].

3.7-кесте – Беріктіктің қор коэффициенті

Атауы	Тип	Минималды шама	Максималды шама
Беріктік бойынша қауіпсіздік коэффициенті		1000	3,796966



3.5 – сурет – Беріктік қауіпсіздік коэффициенті

ҚОРЫТЫНДЫ

«Прокаттау білдегінің жетегін есептеу» дипломдық жұмысын орындау барысында прокаттау білдегі туралы көптеген мәліметтер қарастырылды. Прокаттау білдегінің жұмыс істеу принциптері және түрлері көрсетілді. Соның ішінде түзужүрісті механизмі мен құрылымын анықтадым.

Жұмыстың мақсаты прокаттау білдегінің жетегін есептеу болып табылады. Осы мақсатта теориялық мағлұматтарды материалдар кедергісі, машиналар бөлшегі, теориялық механика курстары бойынша керекті редуктор алынды. Жетектің қуатын, білікке әсер беретін айналу моменттерін және алдын ала сол біліктердің материалын таңдап, шығарылды. Тісті берілістер және мойынтіректерді төзімділікке есептелді. Содан кейін кеңістікте Компас-3D бағдарламасының көмегімен тісті дөңгелекпен біліктің үш өлшемді моделі құрастырып, компас үшін АРМ FEM мини бағдарламасы көмегімен беріктікке, төзімділікке компьютер көмегімен есептедім.

Жұмыс барысында беріктіктің қор коэффициенттерінің мәндері сәйкес болды. Бағдарламалық және теориялық есеп мәндері айырмашылығы 2,4 пайызға тең. Бұл көрсеткіш шекті аймақта жатады. Жалпы прокаттау білдегінің жетегінің есебі сәтті аяқталғанын оқу курстары барысында алынған білімдермен және мәліметтердің нақтылығымен шындаймын.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Рокотян Е.С. Прокатное производство. – Справочник т.1-2. – М.: Металлургиздат, 1962. – 436 с.
- 2 Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов. – М.: Металлургия, 1968. – 203 с.
- 3 Зотов В.Ф. Производство проката. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – С. 27–45.
- 4 Целиков А.И., Зюзин В.И. Современное развитие прокатных станов – М.: Металлургия, 1972. – 324 с.
- 5 Дунаев П. Ф., Леликов О. П., Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. Техникумов. – М.: Высш. шк., 1984. – 328 с.
- 6 Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 2017. - 415 с.
- 7 Ибадулла А.Б. Білік тістегерішті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу. Халықаралық ғылыми-тәжірибиелік конференция. Сәтбаев оқулығы. – Алматы, Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ, 10-12 сәуір 2019 ж.