

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

Акхожин Б.С.

Металл созу станының жетегін есептеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071200 – 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

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
физ.-мат. ғыл.д-ры, профессор
А. Қалтаев
«08» 05 2019 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС


Тақырыбы «Металл созу станьының жетегін есептеу»

5B071200 – Машина жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Акхожин Б.С.

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

 Б.Т. Бекенов
«08» 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»

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

физ.-мат. ғыл.-д-ры, профессор

А. Калтаев

« 14 » қараша 2018 ж.



Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Ақхожин Бауыржан

Тақырыбы: Металл созу станның 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) Бұрамдық білікті 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: 8 атаулардан

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жұмысқа бастапқы шолу	2.02.2019	
Негізгі бөлім	15.02.2019	
Редуктор және белгіленген параметрлердің теориялық есебі	09.02.2019	
Бұрамдық білікті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу	27.03.2019 - 5.04.2019	

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.	08.05.2019	

Ғылыми жетекші


қолы

Е.Т. Бекенов
Аты-жөні

Білім алушы тапсырманы орындауға алды


қолы

Б.С.Ақхожин
Аты-жөні

Күні

“ 06 ” мамыр 2019 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста созу станы қарастырылды, атап айтқанда созу станының түрлері, жұмыс істеу принципі, өндірістегі артықшылығы, сонымен қатар стан жетегі, редуктор түрлері және редуктордың өзін есептеу. Жұмыс барысында жетек тістегершігінің есебі, тістегершіктің ықтимал кернеуі, біліктер мен подшипниктердің есебі жасалады және соңында барлық есептеулерді тексереміз.

Жетек схемасы және жұмыс принциптері бойынша әр түрлі жұмыстар орындалады. Білікті жобалау кезінде соңғы элементтерге бөлшектейміз, кейін Инерция сипаттамасын аламыз, содан кейін кернеу графиктерін береміз.

Дипломдық жұмыстың тақырыбына сәйкес редуктор бөлшектерінің беріктікке есебі жасалып, біліктің 3D моделі салынды. SOLID WORKS бағдарламасының көмегімен беріктікке есеп жасалды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрен волочильный стан, а именно виды волочильного стана, принцип работы, преимущества в производстве, а так же привод станов, виды редукторов и расчет самого редуктора. В ходе работы делается расчет зубьев шестерни редуктора, возможное напряжение шестерни, расчет валов и подшипников и в конце проверяем все расчеты.

Выполняются разные работы по схеме редуктора и принципам работы. При проектировании вала разбиваем на конечные элементы, после берем характеристику инерций, затем даем графики напряжения.

В соответствии с темой дипломной работы, выполнен расчет деталей редуктора на прочность и построена 3D модель вала. С помощью программы SOLID WORKS выполнен расчет на прочность.

ABSTRACT

In the thesis considered drawing mill, namely the types of drawing mill, the principle of operation, advantages in production, as well as the drive mills, types of gearboxes and the calculation of the gearbox. In the course of work, the calculation of the gear teeth of the reducer, the possible stress of the gear, the calculation of shafts and bearings and at the end check all the calculations.

Execute different works under the scheme of the gearbox and principles of operation. In the design of the shaft is divided into finite elements, after taking the characteristic of inertia, then give the voltage graphs.

In accordance with the theme of the thesis, the calculation of the gearbox parts for strength and built a 3D model of the shaft. C using the program SOLID WORKS performed strength calculation.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Созу стандартының конструкциялық ерекшеліктері	8
1.1. Созу стандарты	8
1.2 Созу станының жұмыс істеу принципі	9
1.3 Созу станын өндірушілер	10
2.Электроқозғалтқыш таңдау және кинематикалық есебі	12
3 Бәсеңдеткіштің тісті дөңгелектерін есептеу	13
3.1 Тісті дөңгелектердің материалдарын таңдау және мүмкіндік кернеу есебі	14
3.2 Дөңғалақ тістерінің мүмкіндік кернеулері	15
3.3 Конусты тісті берілісті есептеу	16
4 Біліктерді алдын-ала есептеу	21
5 Бәсеңдеткіштің тұрқысының құрылымдық өлшемдері	22
6 Мойынтіректердің жұмыс істеу мерзімін есептеу	23
7 Жетекші білікті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу	26
7.1 Есептеу бойынша бастапқы мәлімет	26
7.2 Статикалық есептеудің нәтижелері	28
Қорытынды	30
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31

КІРІСПЕ

Машина бөлшектері курсы барлық машиналарға тән бір типтес жалпы детальдардың конструкциясын жобалау жолдарын, қандай материалдан жасауға болатынын және оларды беріктікке, төзімділікке есептеу жолдарын үйрететін ғылым. Машина детальдары, яғни тетіктері дегеніміз бұзбайынша ажыратуға келмейтін машина бөлшектері.

Бұл дипломдық жұмыста созу станынын және оның жетегін есептедік. Тісті берілісті бәсеңдеткішті жобалаудың жолын үйрендік.

Курстық жұмыс объектілері: ол көбінесе жалпы қолданыс бөлшектерін қолданатын әр түрлі машиналар мен механизмдер жетектері.

Дипломдық жұмысты орындауды студент механизм жүйесін таңдаудан бірте-бірте көпнұсқалы есептеулерді өтіп, оны жұмыс сызбаларында жүзеге асырады. Инженерлік шығармашылықпен айналыса, студент сенімді және ұзақ жұмыс істейтін, шығарулыда және эксплуатациялауда тиімді, қауіпсіз және қолдануда қолайлы машиналар шығарудың жаңа жолдарын тауып, сезуді үйренеді.

Металл өңдеу жоғары технологиялық процесс болып табылады. Бәсекеге қабілетті өнім алу үшін жоғары сапалы жабдықты қолдану қажет. Металл өңдеу кәсіпорнында қолданылатын техниканың бір түрі - сымдау орнақтары болып табылады. Бұл жабдықтың әртүрлі түрлері бар .

Созуға арналған заманауи жабдық бірқатар ерекшеліктерге ие. Металдарды өңдеу барысында заманауи технологиялар қолданылады. Сондықтан бүгінгі стандар өткен онжылдықтардың жабдықтарынан айтарлықтай ерекшеленеді. Бірінші кезекте олардың өнімділігі артады. Қазіргі заманғы стандар уақыт бірлігінде әлдеқайда көп өнім шығаруға қабілетті. Металл бетінің сапасы жақсырақ болады.

1 Созу стандартының конструкциялық ерекшеліктері

1.1 Созу стандарты

Созу стандарты металдарды қысыммен өңдеу барысында қолданылатын арнайы жабдық болып табылады. Олар әртүрлі өнімді алу үшін қолданылуы мүмкін. Созу стандартының жұмыс істеу принципі өте қарапайым. Белгілі бір диаметрлі дайындаманы кіші диаметрлі тесік арқылы созылады. Бұл жұмысты валкалар орындайды. Олар дайындауға қажетті диаметр ғана емес, пішін де береді. (1.1–сурет)

Нәтижесінде металл созылып, жұқа болады. Бұйымның қимасы дөңгелек немесе фасонды болады. Бұл ретте профиль жоғары дәлдікке ие. Оның беті жоғары тазалықпен сипатталады. Металл өңдеу процесінде дайындама қыздырылуы мүмкін. Суық созу да бар. Екінші опция бірнеше артықшылыққа ие. Дайын өнім күштірек, қаттырақ болады. Бұл ретте оның материалының ағымдылық шегі артады.

Металл өңдеу барысында созудың маңызы зор. Созу орнақтары диаметрі 5 мкм дейінгі сым алуға мүмкіндік береді. Мұндай жабдықта құбырлар да алынады. Бұл саланың өнімі халық шаруашылығында, өнеркәсіпте кеңінен қолданылады.[1]



1.1–сурет – Созу станы

Жаңа жабдық қолайсыз әсерлерге едәуір төзімділігімен және ұзақ пайдалану мерзімімен ерекшеленетін волоктармен жиынтықта шығарылады. Сонымен қатар қазіргі агрегаттарда әртүрлі қорғаныс дәрежесі қарастырылған. Бұл жабдықты пайдалану кезінде жұмысшылардың қауіпсіздігін айтарлықтай арттырады. Өңдеу дәлдігі конструкцияда қарастырылған заманауи өлшеу құрылғыларын қамтамасыз етеді.

Қазіргі заманғы созу орнақтары функционалдық құрылғы мен қосалқы жабдықты қамтиды. Конструкцияның негізгі бөлігі белгілі бір өңдеу нәтижесін алуға жауап береді. Тартқыш құрылғыға байланысты орнақтың мақсаты анықталады. Жабдық дайындаманы тік сызық бойынша соза алады немесе оны барабанға орай алады. Бірінші жағдайда агрегаттардың бірнеше түрі бөлінеді. Олар шынжыр табанды тартқышпен, өзенмен, қайтымды-үдемелі қозғалыспен болуы мүмкін. Сондай-ақ, сатылымда дайындаманы созудың гидравликалық механизмі бар агрегаттар, тізбекті созу орнақтары ұсынылған.

Сондай-ақ, сатылымда барабанға өңделген материалды орау функциясы бар жабдық ұсынылған.

Дайындаманы түзу сызық бойынша созуды көздейтін жабдықта шыбықтар, құбырлар, сондай-ақ басқа да ұқсас бұйымдар жасалады. Олар бунттарға оралмайды.

Сымды орау функциясы бар техника сымды созу үшін қолданылады. Ол арнайы профиль болуы мүмкін.

Сондай-ақ осындай станоктарда диаметрі ең аз құбырлар жасалады. Ұсынылған техника келесі түрлері болуы мүмкін:

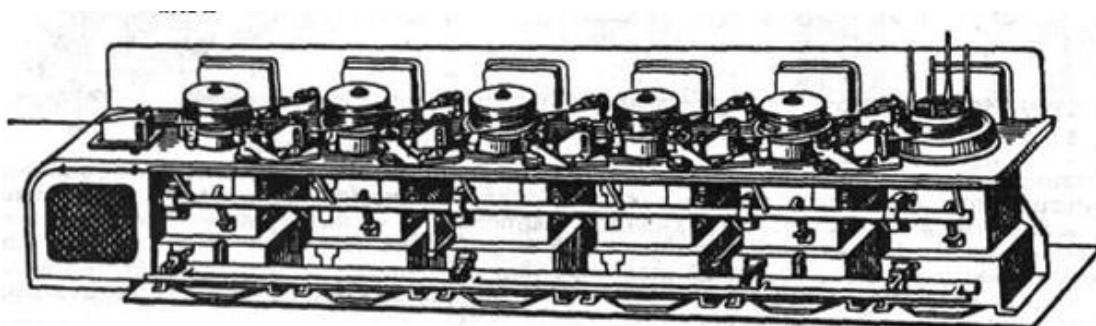
- бір рет созу (дайындау бір рет өңдеуден өтеді));
- сырғу функциясы бар көп мәрте;
- кері созылатын көп мәрте;
- сырғу функциясы жоқ көп мәрте.

1.2 Созу станының жұмыс істеу принципі

Дайын бұйымдардың әрбір түрі үшін ең қолайлы өндіріс әдісі таңдалады. Өндіріс барысында әртүрлі металдар мен қорытпалар қолданылады. Олардың түріне өнім өндіру технологиясы байланысты. Процедура бірнеше дәйекті іс-әрекеттерді қамтиды.

Бұл құрылғының жұмыс істеу принципі келесідей. Қабылдау бөлімінің себеті арқылы созылуға жататын Материал, сондай-ақ бағыттаушы сипаттағы арнайы роликті құрылғылар арқылы роликке және одан әрі компенсациялық типтегі кареткада орнатылған роликке беріледі. Осы кареткадан материал тікелей созғыш құрылғыға беріледі.(1.2–сурет)

Компенсациялық каретка сияқты органды пайдалану сымдардың күрт тежелуі немесе бүкіл құрылғының жұмысын күрт тоқтату жағдайында сымдардың үзілуін болдырмау үшін маңызды. Бұл жұмыс механизмінің мәні өте қарапайым: дайындаманы беру кезінде кенеттен тоқтау кезінде жабдықтың блоктары әлі де бір уақытта айнаруды жалғастырады және сәйкесінше дайындау материалының белгілі бір мөлшерін беруді талап етеді. Осы уақытта сымдардың орнын толтыратын типті кареткасы жоғары қарай бағыт бойынша қозғалады және осылайша сымдық құрылғыға келіп түсетін материалдың қажетті мөлшерін босатады және осылайша үзілу орын алмайды.



1.2–сурет – Созу станының жұмыс процесі

Созудың соңғы сатысында материал созылуға ұшыраған созылатын қосарланған түрдегі төменгі созу барабанына түседі, содан кейін аудармалы түрдегі ролик арқылы ол жинақтаушы болып табылатын жоғары жағында орналасқан барабанға беріледі. Жоғары барабан сым жинайды, оны құрылғының кенеттен тежелуі жағдайында беруге болады.

1.3 Созу станын өндірушілер

Бүгін арнайы жабдықтар нарығында созуға арналған жабдықтың үлкен таңдауы бар. Ол функционалдылығымен, өнімділігімен және сапасымен ерекшеленеді. Біздің елде көбінесе ресейлік, Қытай және еуропалық өндіріс жабдықтары сатып алынады.

Тексерілген өнім берушілерге хабарласу маңызды. Олар осындай құрылғыларға қажетті құжаттаманы ұсынады. Бұл ретте жабдықтың кепілдігі болады. Бұл салада Еуропадан созу станын өндірушілер ерекшелінеді. Олар заманауи, инновациялық техниканы шығарады. Онда көптеген қосымша функциялар мен режимдер қарастырылған. Бұл жеке стандар да, тұтас өндірістік желілер де болуы мүмкін. Бұл жағдайда дайын өнімнің сапасы жоғары болады. Бұл өнімнің бәсекеге қабілетті болуына кепілдік береді.

Созу үшін Еуропалық стан өндірушілер арасында герман және швейцариялық өндіріс техникасы үлкен сұранысқа ие. Жабдықтың түріне байланысты

агрегаттардың ең төменгі құны 7,5 млн тг. құрайды. Швейцариялық өндіріс жабдықтары танымал емес. Оны біздің елімізге ENCE компаниясы жеткізеді. (1.3 – сурет)



1.3–сурет – Өндірістегі созу стандарты

Негізгі қорларды жаңартуға арналған бюджет шектелген кәсіпорындар үшін Қытайдың созу орнақтарының көмегімен техникалық жарақтандыруды жаңғыртуды жүргізуге болады. Бұл елде көптеген техника шығарылады. Ең төменгі құны 5 млн тг.[2]

Отандық өндірушілер сондай-ақ нарыққа осындай агрегаттарды жеткізеді. Олардың өнімдерінің құны қытайлық өніммен салыстырылады. Бірақ сапалы техниканы ұзақ пайдалануға және дайын өнімнің жоғары сапасына сенім артамыз. Ресейде жиналған стандартдың сапасы жоғары. Сондай-ақ, кейбір өндірістер пайдалануда болған жабдықты сатып алады. Мұндай агрегаттардың бағасы 250 мың теңгеден басталады.

2 Электроқозғалтқыш таңдау және кинематикалық есебі

Жетектің жалпы пайдалы әсер коэффициенті (п.э.к.)

$$\eta_{\text{ж}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^3 \cdot \eta_4$$

мұнда $\eta_1 = 0,97$ – бір жұп жабық тісті дөңгелектердің п.э.к.;

$\eta_2 = 0,92$ - ашық (шынжырлы) берілістің п.э.к.;

$\eta_3 = 0,995$ - бір жұп домалау мойынтіректердің п.э.к. ;

$\eta_4 = 0,99$ – жалғастырғыш үшін п.э.к.

$$\eta_{\text{ж}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^3 \cdot \eta_4 = 0,97 \cdot 0,92 \cdot 0,995^3 \cdot 0,99 = 0,87$$

Жетектің шығу білігіндегі қуат, кВт

$$P_3 = 4,2 \text{ кВт}$$

Электроқозғалтқыштың есепті қуаты

$$P_{\text{эке}} = \frac{P_3}{\eta_{\text{ж}}} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{0,87} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 4,8 \text{ кВт}$$

Жетектің шығу білігінің айналу жиілігі

$$n_3 = 90 \text{ мин}^{-1}$$

Жетектің алдын ала беріліс қатынасы

Әр түрлі механикалық берілістер үшін беріліс қатынасының ұсынылған орташа шамалары негізінде және редукторлар мен жетектердегі олардың ұсынылған таралуы бойынша жетектің ұсынылған алдын ала беріліс қатынасы анықтадым.

$$i'_{\text{ж}} = i'_p \cdot i'_a ; \quad i'_p = 2 ; \quad i'_a = 2,5 ; \quad i'_{\text{ж}} = i'_p \cdot i'_a = 2 \cdot 2,5 = 5$$

Электроқозғалтқыштың есепті айналу жиілігі

$$n_{\text{эке}} = n_{\text{ш}} \cdot i'_{\text{ж}} = 90 \cdot 5 = 450 \text{ мин}^{-1}$$

Электроқозғалтқышты таңдау.

Электроқозғалтқыш каталог бойынша мынадай шартынан таңдалады:

$$P_{\text{эқ}} \geq P_{\text{эке}}$$

$$n_{\text{эқн}} = n_{\text{экс}} \left(1 - \frac{s}{100} \right), \text{ мин}^{-1}$$

мұндағы $s=4,1\%$ – сырғанау коэффициенті.

(ГОСТ 19523-81; $n_{\text{эс}} = 750 \text{ мин}^{-1}$)

$$n_{\text{эқн}} = 750 \left(1 - \frac{4,1}{100} \right) = 719 \text{ мин}^{-1}$$

Таңдап алынған электроқозғалтқыштың параметрлерінің мәні 2.1– кестеге қойдым.

Жетектің жалпы беріліс қатынасы

$$i_{\text{ж}} = \frac{n_{\text{эқн}}}{n_{\text{ш}}} = \frac{719}{90} = 8$$

Жетектің жалпы беріліс қатынасын сатыларға бөлу

Жетекте берілістер тізбектеліп қосылғандықтан, жетектің жалпы беріліс қатынасы әрбір берілістердің беріліс қатынастарының көбейтіндісіне тең, яғни

$$i_{ж} = i_p \cdot i_a$$

Ашық берілістің қатынасы мына формуламен анықталады

$$i_6 = i_a = \frac{i_{ж}}{i_p} = \frac{8}{4} = 2$$

$$i_p = u_p$$

2.1 – кесте - Электрқозғалтқыштың параметрлері

Белгілеуі	Есепті қуаты, $P_{экв}$, кВт	Номиналь қуат, $P_{экр}$, кВт	Номиналь айналу жиілігі, $n_{эд}$, мин ⁻¹	Моменттер еселігі, $T_{п}/T_{н}$	Шығу білігінің диаметрі, $d_{эк}$, мм	Шығу білігінің ұзындығы, $l_{эк}$, мм
4A132 М8	4,8	5,5	719	1,8	38	80

Жетек біліктерінің айналу жиілігі және бұрыштық жылдамдықтары

Біліктердің айналу жиілігі

$$n_1 = n_{эн} = 719 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_p} = \frac{719 \text{ мин}^{-1}}{4} = 180 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i} = \frac{180 \text{ мин}^{-1}}{2} = 90 \text{ мин}^{-1}$$

Біліктердің бұрыштық жылдамдығы

$$\omega_1 = \omega_{эн} = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 719}{30} = 75,25 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_6} = \frac{75,25}{4} = 18,84 \text{ рад/с}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{i} = \frac{18,84}{2} = 9,42 \text{ рад/с}$$

Жетек біліктеріндегі айналдырушы моменттер

Электрқозғалтғыш білігіндегі айналдырушы момент

$$T_{эк} = \frac{P_{эк}}{\omega_{эк}} = \frac{4,8 \cdot 10^3 \text{ Вт}}{75,25 \text{ рад/с}} = 64 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Редуктордың кіру білігіндегі айналдырушы момент:

$$T_1 = T_{эк} \eta_3 \eta_4 = 64 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot 0,995 \cdot 0,99 = 63 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Редуктордың шығу білігіндегі айналдырушы момент:

$$T_2 = T_1 i_p \eta_1 \eta_3 = 63 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 0,97 \cdot 0,995 = 243 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Жетектің шығу білігіндегі айналдырушы момент:

$$T_3 = T_2 i_a \eta_2 \eta_3 = 243 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,92 \cdot 0,995^2 = 445 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} .$$

3 Бәсеңдеткіштің тісті дөңгелектерін есептеу

3.1 Тісті дөңгелектердің материалдарын таңдау және мүмкіндік кернеулерін анықтау

Бәсеңдеткіштің габариттерін азайту үшін механикалық құрамы күшейтілген болатты аламыз. 3.3 кестесі [3] бойынша тегергіш үшін қаттылығы HB 285 жақсартылған 40X болатты және дөңгелектер үшін қаттылығы HB 255 жақсартылған болатты 40 X қабылдаймыз.

Мүмкіндік кернеулер мына формулалармен анықталады:
контакт беріктікке есептеуде

$$\sigma_H = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} Z_N Z_R Z_V Z_X, \quad (3.1)$$

иілу беріктікке есептеуде

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{Flim}}{S_F} Y_N Y_A Y_R Y_S Y_X, \quad (3.2)$$

Дөңгелектер үшін

$$\sigma_{H2lim} = 2HB_2 + 70 = 2 \cdot 255 + 70 = 580 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F2lim} = 1,8HB_2 = 1,8 \cdot 255 \text{ МПа} = 459 \text{ МПа}$$

тістегеріштер үшін

$$\sigma_{H1lim} = 2HB_1 + 70 = 2 \cdot 285 + 70 = 640 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{F1lim} = 1,8HB_1 = 1,8 \cdot 285 \text{ МПа} = 513 \text{ МПа}$$

Z_N және Y_N шыдамдылық коэффициентін есептеу формулалары

$$Z_N = \sqrt[6]{\frac{N_{HG}}{N_{HE}}} \geq 1 \leq 2,6$$

$HB_{1(2)} \leq 350$ МПа болғанда

$$Y_N = \sqrt[6]{\frac{N_{FG}}{N_{FE}}} \geq 1, \text{ бірақ } \leq 4$$

Болаттан жасалған тісті доңғалақтарды контакт беріктікке есептеуде жүктеме циклдерінің базалық саны оның материалының қаттылығына тәуелді болып, мына формула бойынша есептелінеді:

$$N_{HG1} = 30(HB)^{2,4} \approx 30(285)^{2,4} = 23,4 \cdot 10^6$$

$$N_{HG2} = 30(HB)^{2,4} \approx 30(255)^{2,4} = 16,7 \cdot 10^6$$

Болаттан жасалған тісті доңғалақтардың тісін иілу беріктікке есептеуде жүктеме циклдерінің базалық саны $N_{FG} = 4 \cdot 10^6$ тең деп қабылданады.

Жүктеме циклдерінің эквивалент саны мына формуламен есептеледі

$$N_{HE1(2)} = 60n_{1(2)}L_h c K_{HE}$$

$$N_{HE1} = 60n_1 L_h c K_{HE} = 60 \cdot 719_{\text{мин}^{-1}} \cdot 12000_{\text{сағ}} \cdot 1 \cdot 0,5 = 259 \cdot 10^6$$

$$N_{HE2} = 60n_2 L_h c K_{HE} = 60 \cdot 180_{\text{мин}^{-1}} \cdot 12000_{\text{сағ}} \cdot 1 \cdot 0,5 = 65 \cdot 10^6$$

$$N_{FE1(2)} = 60n_{1(2)}L_h c K_{FE}$$

$$N_{FE1} = 60n_1 c K_{FE} = 60 \cdot 719_{\text{мин}^{-1}} \cdot 12000_{\text{сағ}} \cdot 1 \cdot 0,3 = 155 \cdot 10^6$$

$$N_{FE2} = 60n_2 c K_{FE} = 60 \cdot 180_{\text{мин}^{-1}} \cdot 12000_{\text{сағ}} \cdot 1 \cdot 0,3 = 39 \cdot 10^6$$

L_h – берілістің жалпы жұмыс уақыты, сағатта.

c – тісті доңғалақтың бір айналысында тістің ілініс саны, $c = 1$;

$K_{HE}=0,5$, $K_{FE} = 0,3$ – айнымалы жұмыс режимін эквивалент тұрақтыға келтіру коэффициенті.

Егер $N_{HG} < N_{HE}$, онда $Z_N=1$ деп қабылдау керек.

Егер $N_{FG} < N_{FE}$, онда $Y_N=1$ деп қабылдау керек.

$$S_H = 1,1; S_F = 1,75$$

Есепті контакт кернеу

$$\sigma_H = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} Z_N Z_R Z_V Z_X,$$

$$\sigma_{H1} = \frac{\sigma_{H1lim}}{S_H} Z_N Z_R Z_V Z_X = \frac{640 \text{ МПа}}{1,1} 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 581 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{H2} = \frac{\sigma_{H2lim}}{S_H} Z_N Z_R Z_V Z_X = \frac{580 \text{ МПа}}{1,1} 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 527 \text{ МПа},$$

3.2 Доңғалақ тістерінің мүмкіндік кернеулері

Мүмкіндік контакт кернеу:

Конустық доңғалақтар үшін

$$\sigma_{HP} = 0,45(\sigma_{H1} + \sigma_{H2}) = 0,45(581 \text{ МПа} + 527 \text{ МПа}) = 498 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H1(2)min} \leq \sigma_{HP} \leq 1,15\sigma_{H1(2)min}$$

$$\sigma_{H2min} \leq \sigma_{HP} \leq 1,15\sigma_{H2min}$$

$$527 \text{ МПа} \leq \sigma_{HP} \leq 606 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{HP} = 527 \text{ МПа}$$

Есепті мүмкіндік иілу кернеу:

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{F1lim}}{S_F} Y_N Y_A Y_R Y_S Y_X,$$

$$\sigma_{F1} = \frac{\sigma_{F1lim}}{S_F} Y_N Y_A Y_R Y_S Y_X = \frac{513 \text{ МПа}}{1,75} 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 293 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{F2} = \frac{\sigma_{F2lim}}{S_F} Y_N Y_A Y_R Y_S Y_X = \frac{459 \text{ МПа}}{1,75} 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 262 \text{ МПа}$$

3.3 Конусты тісті доңғалақтарды беріктікке есептеу

Конусты доңғалақтың сыртқы бөлгіш шеңбер диаметрінің алдын ала мәні

$$d'_{e2} = 1,7^3 \sqrt{\frac{E_{кел} T_2 u K_{H\beta}}{\theta_H \sigma_{HP}^2 (1 - K_{be}) K_{be}}} = 1,7^3 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа} \cdot 243 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot 4 \cdot 1,15}{0,85 \cdot 527^2 \text{ МПа} \cdot (1 - 0,285) \cdot 0,285}}$$

$$d'_{e2} = 273 \text{ мм}$$

мұндағы $E_{кел}$ – келтірілген серпімділік модул,

$$E_{кел} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}$$

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

$T_2 = 243 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ – конусты доңғалақ білігіндегі айландырушы момент, $\text{Н} \cdot \text{мм}$;

$[\sigma_H] = 527 \text{ МПа}$ - мүмкіндік контакт кернеу, МПа.

$u=4$ – есептеліп жатқан тісті беріліс сатысының беріліс саны ($u = z_2/z_1$);

θ_H – конусты доңғалақ беріктігін төмендететін тәжірибелік коэффициент. Түзү тісті конусты доңғалақтар үшін $\theta_H = \theta_F = 0,85$.

$$K_{be} = 0,285$$

$$K_{H\beta} = 1,15$$

Егер стандарт редуктор жобаланса, онда доңғалақтың сыртқы бөлгіш шеңбері диаметрі стандарт қатар бойынша дөңгелектендіріледі.

$$d'_{e2} = 280 \text{ мм}$$

Конусты шестерняның сыртқы бөлгіш шеңбер диаметрінің алдын ала мәні, мм

$$d'_{e1} = \frac{d'_{e2}}{u} = \frac{280 \text{ мм}}{4} = 70 \text{ мм}$$

Шестерня тісінің саны

Есептелген шестерня тісінің санын бүтін санға дөңгелектендіріледі.

$$z'_1 = 16$$
$$z_1 = 1,6 \cdot z'_1 = 1,6 \cdot 16 = 25$$

Доңғалақтың тістер саны

$$z_2 = z_1 u = 25 \cdot 4 = 100$$

Нақты беріліс қатынасы

$$u_H = z_2 / z_1 = 100 / 25 = 4$$

Модульдің есептеулі мәні

Түзутісті конусты доңғалақ үшін сыртқы шеңберлік модуль есептелінеді,

мм

$$m'_e = d_{e1} / z_1 = 70 \text{ мм} / 25 = 2,6 \text{ мм}$$

$$m'_e = 3 \text{ мм} [3]$$

Шестерня және доңғалақтың сыртқы бөлгіш шеңбер диаметрінің анықталған мәні

түзутісті конусты берілісте, мм

$$d_{e1} = m_e z_1 = 3 \cdot 25 = 75 \text{ мм}$$
$$d_{e2} = m_e z_2 = 3 \cdot 100 = 100 \text{ мм}$$

Сыртқы конустық ара қашықтық, мм

$$R_e = 0,5 m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = 0,5 \cdot 3 \cdot \sqrt{25^2 + 100^2} = 155 \text{ мм}$$

Доңғалақтың жұмыс енінің мәні, мм

$$b = R_e K_{be} = 155 \text{ мм} \cdot 0,285 = 45 \text{ мм}$$

Тіс тәжісі енінің коэффициентінің нақты шамасы

$$K_{be} = b / R_e = 45 \text{ мм} / 155 \text{ мм} = 0,3$$

Орташа конустық ара қашықтық, мм

$$R_m = R_e - 0,5b = 155 \text{ мм} - 0,55 \cdot 45 \text{ мм} = 133 \text{ мм}$$

Орташа модуль

Түзүтiстi конустыберiлiстiн орташа шеңберлiк модулi, мм

$$m_n = m_e \frac{R_m}{R_e} = 3 \cdot \frac{133 \text{ мм}}{155 \text{ мм}} = 2,6 \text{ мм}$$

Шестерня және доңғалақтың орташа бөлгiш шеңбер диаметрi
Түзүтiстi конустыберiлiс, мм

$$d_{m1} = m_n z_1 = 2,6 \cdot 25 = 65 \text{ мм}$$

$$d_{m2} = m_n z_2 = 2,6 \cdot 100 = 260 \text{ мм}$$

Шестерня мен доңғалақтың бөлгiш бұрыштары

Шестерня

$$\tan \delta_1 = 1/u_H,$$

$$\delta_1 = \arctan(1/u_H) = \arctan(1/4) = 14^\circ$$

Доңғалак

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 = 90^\circ - 14^\circ = 76^\circ$$

Орташа шеңберлiк жылдамдык, м/с

$$v = \frac{\pi d_{m1} n_1}{10^3 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 65 \text{ мм} \cdot 719 \text{ мин}^{-1}}{10^3 \cdot 60} = 2,5 \text{ м/с}$$

Жүктеменiң есептi коэффициенттерi

Контакт кернеудi есептеуде

$$K_H = K_{H\beta} K_{H\nu} = 1,15 \cdot 1,15 = 1,32$$

Иiлу кернеудi есептеуде

$$K_F = K_{F\beta} K_{F\nu} = 1,23 \cdot 1,3 = 1,59,$$

мұндағы $K_{H\beta}$, $K_{F\beta}$ – жүктеменiң шоғырлану коэффициентi. $K_{H\beta} = 1,15$ K_{be} және u_H нақты мәндерi бойынша анықталады.

$$K_{F\beta} = 1 + 1,5(K_{H\beta} - 1) = 1 + 1,5(1,15 - 1) = 1,23$$

формуласымен есептеледi;

$K_{H\nu} = 1,15$, $K_{F\nu} = 1,3$ – жүктеменiң динамикалық коэффициентi

Тiстер берiктiгiн контакт кернеуге тексеру

Түзу тiстi доңғалак

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{E_{\text{кел}} T_1 K_{H\beta} K_{Hv}}{\Theta_H d_{m1}^2 b \sin 2\alpha} \left(\frac{\sqrt{u_H^2 + 1}}{u_H} \right)} \leq \sigma_{HP}$$

$$\sigma_H = 1,18 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа} \cdot 63 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot 1,15 \cdot 1,15}{0,85 \cdot (65 \text{ мм})^2 \cdot 45 \text{ мм} \cdot 0,6428} \left(\frac{\sqrt{4^2 + 1}}{4} \right)} = 491 \text{ МПа}$$

Мұнда, $E_{\text{кел}} = E_1 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

$T_1 = 63 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ – конусты доңғалақ білігіндегі айландырушы момент, Н·мм;

$u=4$ – есептеліп жатқан тісті беріліс сатысының беріліс саны ($u = z_2/z_1$);

θ_H – конусты доңғалақ беріктігін төмендететін тәжірибелік коэффициент. Түзүтісті конусты доңғалақтар үшін $\theta_H = \theta_F = 0,85$.

$K_{H\beta} = 1,15$

$K_{Hv} = 1,15$

$d_{m1} = 65 \text{ мм}$

$b = 45 \text{ мм}$

$\alpha = 20^\circ$

Тістер беріктігін иілу кернеуге тексеру

Түзу тісті доңғалақ

$$\sigma_F = \frac{F_t K_{F\beta} K_{Fv} Y_F}{\Theta_F b m_m} \leq \sigma_{FP}$$

$$\sigma_F = \frac{1,93 \text{ кН} \cdot 1,59 \cdot 1}{0,85 \cdot 45 \cdot 2,6} = 287 \text{ МПа}$$

мұндағы F_t - шеңберлік күш, Н

$$F_t = \frac{2T_1}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 63 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}}{65 \text{ мм}} = 1,93 \text{ кН};$$

$$K_F = K_{F\beta} K_{Fv} = 1,23 \cdot 1,3 = 1,59;$$

Шестерня мен доңғалақтың негізгі геометриялық өлшемдері (түзүтісті, жылжытусыз)

Тіс басының сыртқы биіктігі

$$h_{ae1} = h_{ae2} = h_a^* m_e = 3 \text{ мм};$$

мұнда h_a^* - бас биіктігі коэффициенті, $h_a^* = 1$;

Тіс аяғының сыртқы биіктігі

$$h_{fe1} = h_{fe2} = (h_a^* + c^*)m_e = (0,2 + 1)3 = 3,6 \text{ мм};$$

Тістің сыртқы биіктігі

$$h_{e2} = h_{ae2} + h_{fe2} = h_{e1} = h_{ae1} + h_{fe1} = 3 + 3,6 = 6,6 \text{ мм}$$

Тіс аяғының бұрышы

$$\theta_{f2} = \arctan(h_{fe2}/R_e) = \theta_{f1} = \arctan(h_{fe1}/R_e) = \arctan(3,6/155) = 1,3^\circ$$

Тіс басының бұрышы

$$\theta_{a2} = \theta_{f1} = \theta_{a1} = \theta_{f2} = 1,3^\circ;$$

Конустың дөңес бұрыштары

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1} = 14^\circ + 1,3^\circ = 15,3^\circ;$$

$$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2} = 76^\circ + 1,3^\circ = 77,3^\circ;$$

Конустың ойығы бұрыштары

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1} = 14^\circ - 1,3^\circ = 12,7^\circ;$$

$$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2} = 76^\circ - 1,3^\circ = 74,7^\circ;$$

Тіс дөңес шеңберінің сыртқы диаметрі

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae1} \cos \delta_1 = 75 \text{ мм} + 2 \cdot 3 \cdot \cos 14^\circ = 80 \text{ мм};$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae2} \cos \delta_2 = 300 \text{ мм} + 2 \cdot 3 \cdot \cos 76^\circ = 302 \text{ мм}$$

Іліністегі күштер

Түзутісті конусты беріліс

Шеңберлік күш, Н

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 63 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}}{65 \text{ мм}} = 1930 \text{ Н}$$

Шестерняның радиал күші тең доңғалақтың остік күшіне, Н

$$F_{r1} = F_{a2} = F_{t1} \tan \alpha \cos \delta_1 = 1930 \text{ Н} \cdot \tan 20^\circ \cdot \cos 14^\circ = 570 \text{ Н}$$

Шестерняның остік күші тең доңғалақтың радиал күшіне, Н

$$F_{a1} = F_{r2} = F_{t1} \tan \alpha \sin \delta_1 = 1930 \text{ Н} \cdot \tan 20^\circ \cdot \sin 14^\circ = 140 \text{ Н}$$

4 Біліктердің алдын-ала есептелінуі

Жетекші білік $[\tau] = 15 \dots 20 \text{ МПа}$ жанасу мүмкіндік кернеуі біліктің шығаберіс ұшының диаметрі

$$d_{ш1} = \sqrt{\frac{16 T_1}{\pi [\tau]}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 63 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 25 \text{ мм}$$

Тістегергіш пен дөңгелектің құрылғы өлшемдері

Шапшаң саты үшін:

Тістегергіш: $d_{ш1} = 25 \text{ мм}$

дөңгелек: $d_{ш2} = 40 \text{ мм}$

$$d_{п1} = 25 + 5 = 30 \text{ мм}$$

$$d_{п2} = 45 \text{ мм}$$

Жетектегі білік $[\tau] = 15 \dots 20 \text{ МПа}$

$$d_{ш2} = \sqrt{\frac{16 T_2}{\pi [\tau]}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 243 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 40 \text{ мм}$$

$$d_d = d_{п2} + 5 = 50 \text{ мм}$$

Тісті доңғалақтың негізгі өлшемдерін анықтау

Доңғалақтардың күпшек диаметрі:

$$d_k = 1,6 d_d = 1,6 \cdot 50 = 80 \text{ мм}$$

Күпшектің ұзындығы:

$$l_{к2} = 1,5 d_d = 1,2 \cdot 50 = 60 \text{ мм}$$

Конусты доңғалақ тоғыны (ободок) қалыңдығы:

$$\delta_1 = 3 m_e = 3 \cdot 3 = 9 \text{ мм}$$

Бұрамдық доңғалақ дискісінің қалыңдығы:

$$C = 0,3 \cdot b = 0,3 \cdot 45 \text{ мм} = 18 \text{ мм}$$

Бір қатарлы конусты роликті мойынтірек параметрлерін 4.1 – кестеден алдық.

4.1 – кесте – мойынтірек параметрлері.[3]

Шартты белгіленуі	d	D	B	T	C	C _o	e	Y	Y _o
					кН				
$\alpha = 10 \div 14^\circ$									
7306	30	72	19	20,75	43	29,5	0,34	0,78	0,98
7309	45	100	26	27,25	83	60	0,28	2,19	1,19

$$a_1 = \frac{T_1}{2} + \frac{(d + D)}{6} \cdot e = 16,155 \text{ мм}$$

$$a_2 = \frac{T_2}{2} + \frac{(d + D)}{6} \cdot e = 20,385 \text{ мм}$$

5 Бәсеңдеткіш тұрқысының құрылымдық өлшемдері

Қақпақ пен тұрқы қабырғасының қалыңдығы

$$\delta = 0,025 \cdot R_e + 1 = 0,025 \cdot 155 \text{ мм} + 1 \text{ мм} = 6 \text{ мм}$$

$$\delta = \delta_1 = 8 \text{ мм}$$

Қақпақ пен тұрқы белдемесі ернемегінің қалыңдығы:

$$b = 1,5 \cdot \delta = 1,5 \cdot 6 \text{ мм} = 9 \text{ мм}$$

$$p = 2,35 \cdot \delta = 2,35 \cdot 6 \text{ мм} = 14 \text{ мм}$$

$p = 20$ мм деп аламыз.

Бұрандама диаметрі:

$$\text{Фундаменттік: } d_1 = 0,072 \cdot R_e + 12 = 0,072 \cdot 155 \text{ мм} + 12 \text{ мм} = 20 \text{ мм}$$

M20 бұрандалы бұрандаманы аламыз.

Мойынтірек қасындағы қақпақты тұрқыға бекітетін диаметрі :

$$d_2 = (0,7 \div 0,75) d_1 = 0,75 \cdot 20 \text{ мм} = 15 \text{ мм}$$

M16 бұрандалы бұрандаманы аламыз.

Қақпақты тұрқымен байланыстыратын диаметрі :

$$d_3 = (0,5 \div 0,6) d_1 = 0,16 \text{ мм} = 8 \text{ мм}$$

$d_3 = M8$ бұрандалы бұрандаманы аламыз.

6 Мойынтіректерді жұмыс істеу ұзақтығын тексеру

Ліністегі күштер

$$F_{t1} = F_{t2} = 1930 \text{ Н}$$

$$F_{r1} = F_{a2} = 570 \text{ Н}$$

$$F_{a1} = F_{r2} = 140 \text{ Н}$$

$$F_M = 125\sqrt{T_1} = 968 \text{ Н}$$

$$F_{ш} = 2735 \text{ Н}$$

$$F_{шы} = F_{ш} \cdot \sin 60^\circ = 2735 \text{ Н} \cdot 0,86 = 2368 \text{ Н}$$

$$F_{шz} = F_{ш} \cdot \cos 60^\circ = 2735 \text{ Н} \cdot 0,5 = 1368 \text{ Н}$$

1) Жетектеуші білік (6.1 – сурет)

ХОЗ ЖАЗЫҚТЫҒЫ

$$\sum M_1(F) = 0 \quad F_M \cdot l_{ш1} + F_{t1} \cdot (f_1 + c_1) + R_{x2} \cdot c_1 = 0$$

$$R_{x2} = \frac{F_M \cdot l_{ш1} + F_{t1} \cdot (f_1 + c_1)}{c_1} = \frac{968 \text{ Н} \cdot 38 \text{ мм} + 1930 \text{ Н} \cdot 145 \text{ мм}}{93 \text{ мм}} = 2885 \text{ Н}$$

$$\sum M_2(F) = 0 \quad F_M \cdot (l_{ш1} + c_1) + F_{t1} \cdot f_1 + R_{x1} \cdot c_1 = 0$$

$$R_{x1} = \frac{-F_M \cdot (l_{ш1} + c_1) - F_{t1} \cdot f_1}{c_1} = \frac{-968 \text{ Н} \cdot 131 \text{ мм} - 1930 \text{ Н} \cdot 52 \text{ мм}}{93 \text{ мм}}$$

$$= -2270 \text{ Н}$$

Тексеру: $\sum X = 0$

$$F_M + R_{x1} - F_{t1} - R_{x2} = 968 \text{ Н} + 2885 \text{ Н} - 2270 \text{ Н} - 1600 \text{ Н} = 0$$

$$M_Z^I = -F_M \cdot l_{ш1} |_0^{38} = |_0^{-36300}$$

$$M_Z^{II} = F_M(38 + c_1) - R_{x1}c_1 \Big|_0^{93} = \Big|_{36300}^{210747}$$

$$M_Z^{III} = F_{t1} \cdot f_1 \Big|_0^{52} = \Big|_0^{210747}$$

УОЗ ЖАЗЫҚТЫҒЫ

$$M(F_{a1}) = F_{a1} \cdot d_1/2 = 140 \text{ Н} \cdot 33 \text{ мм} = 4620 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\sum M_1(F) = 0 \quad -F_{r1}(f_1 + c_1) + R_{y2} \cdot c_1 + M(F_{a1}) = 0$$

$$R_{y2} = \frac{-F_{r1}(f_1 + c_1) - M(F_{a1})}{c_1} = \frac{570 \text{ Н} \cdot 145 \text{ мм} - 4620 \text{ Н} \cdot \text{мм}}{93 \text{ мм}} = 839 \text{ Н}$$

$$\sum M_2(F) = 0 \quad -R_{y1} \cdot c_1 - F_{r1}f_1 + M(F_{a1}) = 0$$

$$R_{y1} = \frac{M(F_{a1}) - F_{r1}f_1}{c_1} = \frac{4620 \text{ Н} \cdot \text{мм} - 570 \text{ Н} \cdot 52 \text{ мм}}{93 \text{ мм}} = -269 \text{ Н}$$

Тексеру: $\sum Y = 0$

$$-R_{y1} + R_{y2} - F_{r1} = 839 \text{ Н} - 269 \text{ Н} - 570 \text{ Н} = 0$$

$$M_Z^I = R_{y1} \cdot c_1 \Big|_0^{93} = \Big|_0^{25017}$$

$$M_Z^{II} = M(F_{a1}) + R_{y2} \cdot f_1 \Big|_0^{52} = \Big|_{4620}^{43628}$$

Қосынды реакциялар:

$$R_1 = F_{r1} = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{2270^2 + 269^2} = 2285 \text{ Н}$$

$$R_2 = F_{r2} = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{2885^2 + 839^2} = 3004 \text{ Н}$$

Конустық подшипниктердің радиаль реакцияларының қосымша өстік құраушыларын анықтаймыз

$$S_1 = 0,83eF_{r1} = 0,83 \cdot 0,34 \cdot 2285 \text{ Н} = 645 \text{ Н};$$

$$S_2 = 0,83eF_{r2} = 0,83 \cdot 0,34 \cdot 3004 \text{ Н} = 848 \text{ Н}.$$

мұндағы $e = 0,34$ каталогтағы конустық подшипниктің өстік жүктеме коэффициентті.

Онда тіректердегі өстік күштердің шамалары мынадай болады

$$F_{a1} = S_2 - F_a = 708 \text{ Н}; F_{a2} = 848 \text{ Н}$$

Оң 2 подшипникті қарастырамыз.

Мына қатынасты табамыз

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}} < e$$

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = \frac{848 \text{ Н}}{3004 \text{ Н}} = 0,28 < 0,34$$

Эквиваленттік динамикалық жүктеме

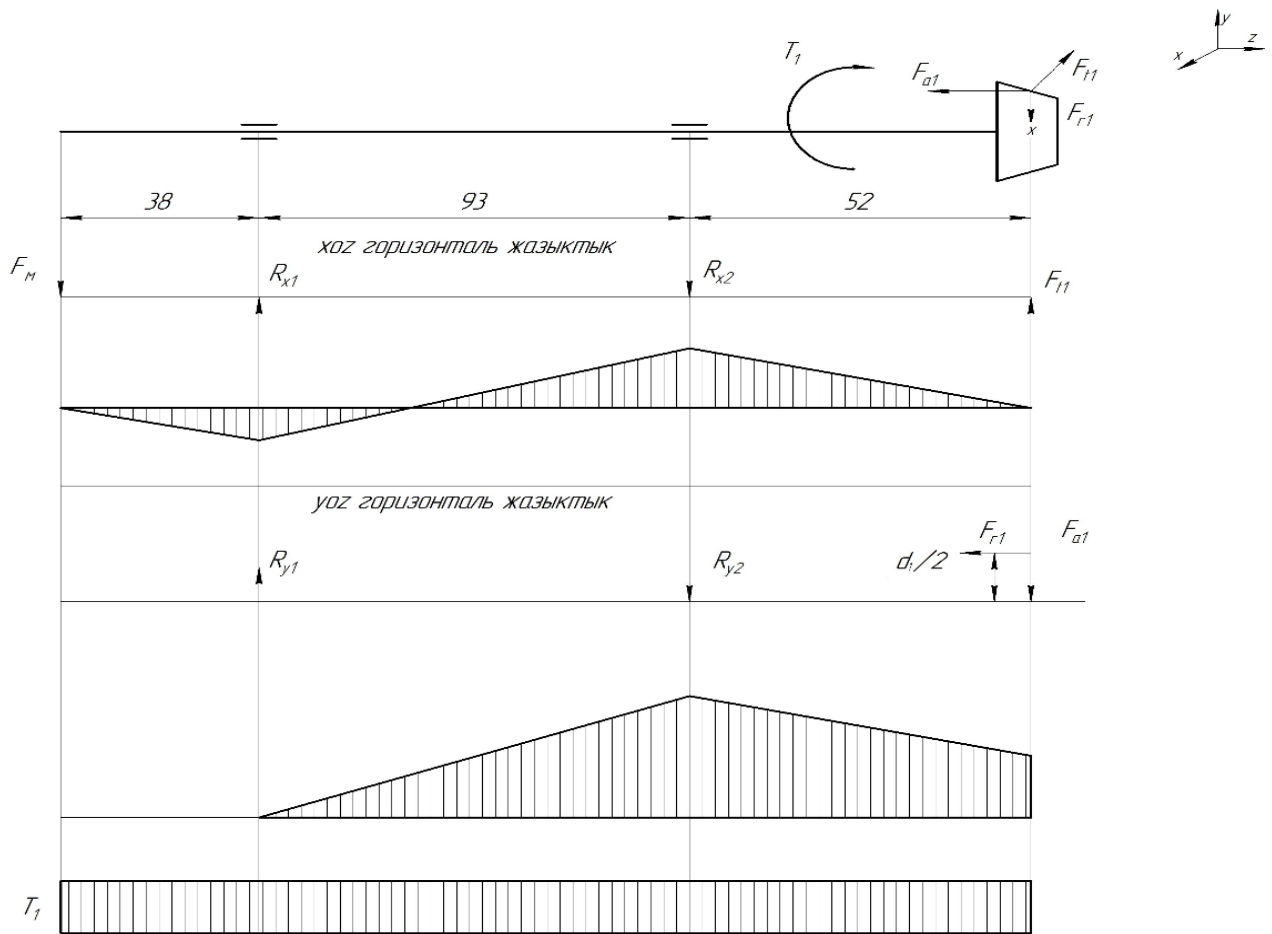
$$F_{er} = P_r = VF_r K_{\kappa} K_T = 1 \cdot 3004 \text{ Н} \cdot 1,3 \cdot 1 = 3095 \text{ Н}$$

Подшипниктің есепті шыдамдылығы (ресурсы), сағатта

$$L_h = \left(\frac{C}{F_e}\right)^{\frac{10}{3}} \frac{10^6}{60n_1} = \left(\frac{43000 \text{ Н}}{3095 \text{ Н}}\right)^{\frac{10}{3}} \frac{10^6}{60 \cdot 720 \text{ мин}^{-1}} = 69000 \text{ сағат.}$$

мұнда $C = 43000 \text{ Н}$ – каталогтағы подшипниктің жүккөтергіштігі, кН;

$n_1 = 720 \text{ мин}^{-1}$ – жетекші біліктің айналыс жиілігі.

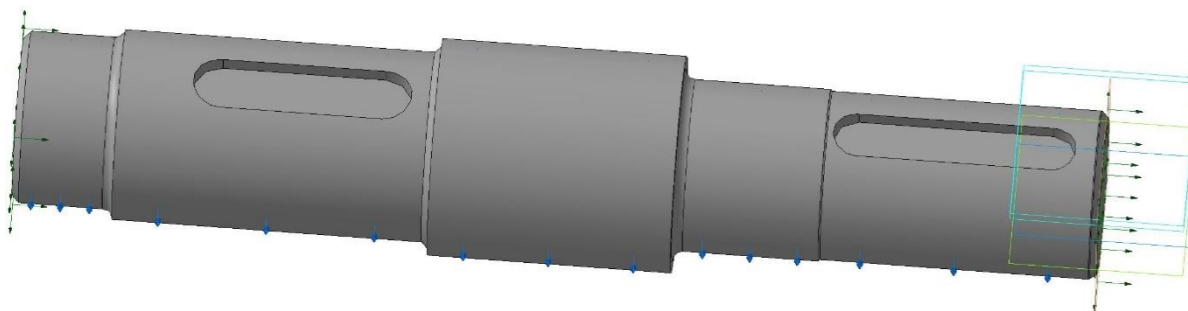


6.1 – сурет – Жетекші білік эпюрі

7 Жетекші білікті Компас-3D бағдарламасының АРМ FEM беріктік анализ жүйесінде есептеу

7.1 Есептеу бойынша бастапқы мәлімет

Компас 3D жүйесінде бұрамдық біліктің 3D моделін сызып, АРМ FEM беріктік анализін құрдым (7.1 – сурет).



7.1 – сурет – Бұрамдық білік

Моделдің екі жағындағы сатыларға қатаң бекітпе береміз. Бұл жерде бұраманың жұмысы көп болғандықтан, осы бұрамаға керекті күштерді саламыз.

Күштер туралы ақпарат 7.1 – кестеде көрсетілген және бекітулер жайлы ақпарат 7.2 – кестеде көрсетілген.

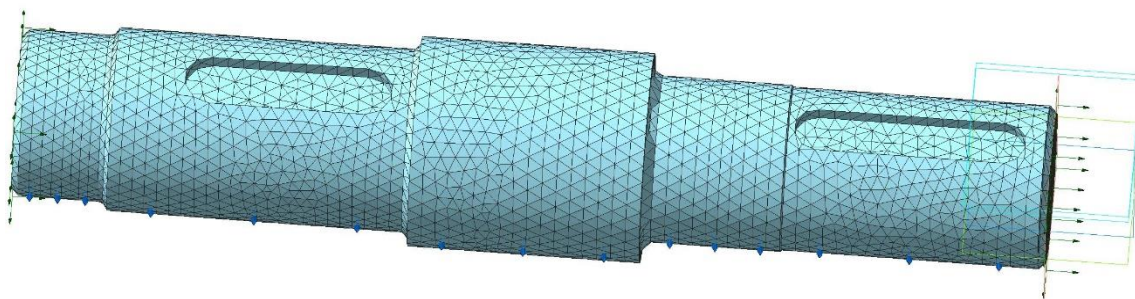
7.1 – кесте – Күштер туралы ақпарат

Атауы	Белгіленген объектілер	Күштің параметрлері
Таралған күш: таралған күш: 2	шекара: 2	Күш векторы: $X = -100000; Y = 0; Z = 0$

7.2 – кесте – Бекітулер туралы ақпарат

Атауы	Белгіленген объектілер	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]	Rot. X [град]	Rot. Y [град]	Rot. Z [град]
бекіту: бекіту:	шекара: 2	қозғалмайды	қозғалмайды	қозғалмайды	-	-	-

Білік-тістегергіш соңғы элементтерге бөлінгеннен кейін сетка түрінде 7.2-суретте көрсетілген. Инерциялық характеристикасы 7.3-кестеде көрсетілген.



7.2 – сурет – Соңғы элементтерге бөлінгеннен кейінгі бөлшек

7.3-кесте – Моделдің инерциялық характеристикасы

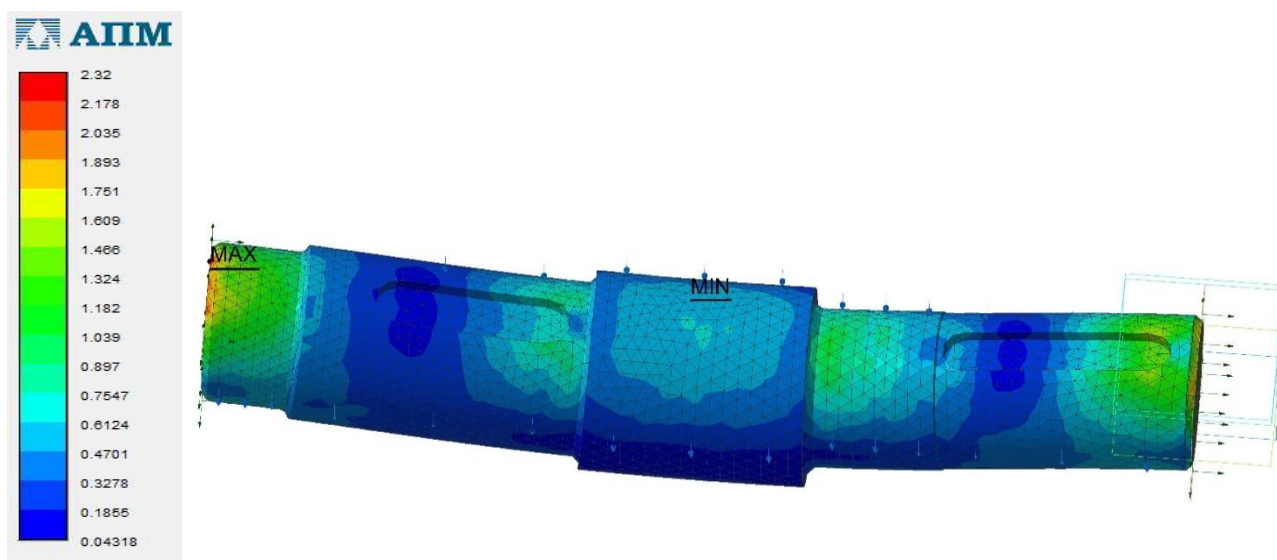
Атаулары	Шамасы
Моделдің массасы [кг]	5.559695
Модельдің ауырлық центрі [м]	(-0.161703 ; -0.000324 ; 0.000002)
Моделдің центрге қатысты инерция моменттері [кг*м ²]	(0.18447 ; 0.001057 ; 0.001097)
Центрге қатысты реактивті моменттер [Н*м]	(0.001538 ; 0 ; 2.890345)
Тіректердің қосынды реакциялары [Н]	(-0 ; 1001.366167 ; -0)
Реакциялардың абсолютты шамасы [Н]	1001.366167
Моменттің абсолютты шамасы [Н*м]	2.890345

7.2 Статикалық есептеудің нәтижелері

Статикалық есептеу нәтижесіндегі кернеулердің шамалары 7.4-кестеде көрсетілген. 7.3-суретте кернеулер графикалық түрде көрсетілген [4].

7.4-кесте – Минималды және максималды кернеудың шамалары

Атауы	Тип	Минималды шама	Максималды шама
Мизес бойынша эйвивалентті кернеу	SVM [МПа]	0.043176	2.320023

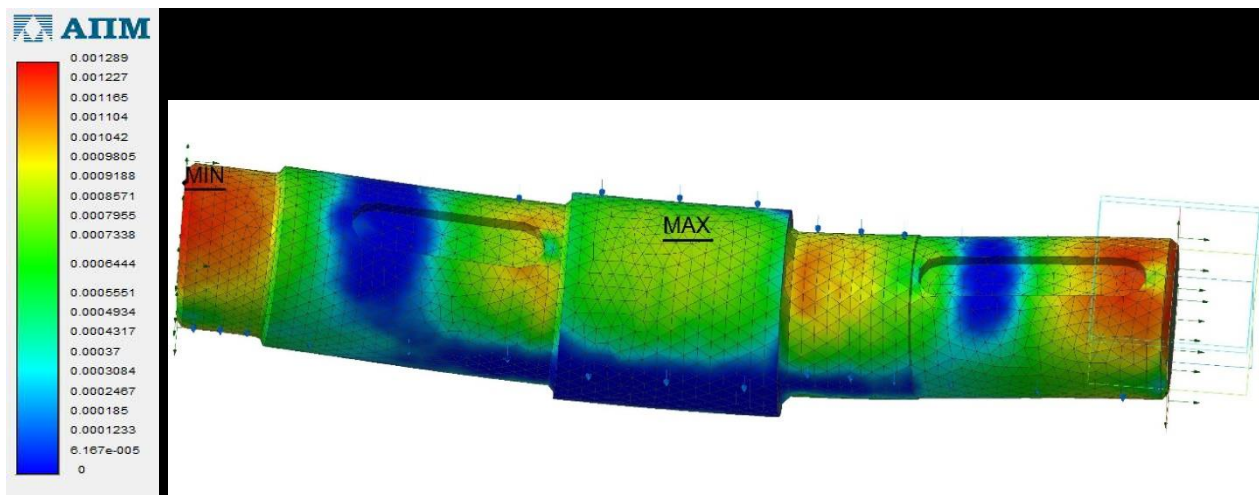


7.3 – сурет – Детальдағы кернеулер

Сызықтық орын ауыстыру шамасы 7.5-кестеде көрсетілген. 7.6-суретте Сызықтық орын ауыстырудың графикалық түрі көрсетілген.

7.5-кесте – Сызықтық орын ауыстыру

Атауы	Тип	Минималды шама	Максималды шама
Сызықтық орын ауыстыру		0	0.001289



7.4 – сурет – Сызықтық орын ауыстыру

ҚОРЫТЫНДЫ

«Созу станының жетегін есептеу» дипломдық жұмысын орындау барысында созу станы туралы көптеген мәліметтер қарастырылды. Станның конструкциясы, жұмыс істеу принциптері, жетектері және де түрлері талқыланды.

Созу орнақтарының ерекшеліктері мен түрлерін қарап, олардың жұмыс істеу принципін, сондай-ақ осындай жабдықтарды өндірістік процестерде қолдану ерекшеліктерін түсіндік

Бұл жұмысты орындау барысында көптеген мәліметтер жиналды, жетекті есептеу барысында материалдар кедергісі, машиналар бөлшегі және тағы да басқа пәндерге шолу жасалды. Редукторды есептеу кезінде тісті берілістерге және мойынтіректерді төзімділікке есептедік. Оны тексеру кезінде Компас-3D бағдарламасымен үш өлшемді моделі құрастырып, АРМ FEM мини бағдарламасы көмегімен беріктікке және төзімділікке есептеп тексердік.

Жұмыс барысында беріктіктің барлық шарттары орындалды. Бағдарламалық және теориялық есеп мәндері айырмашылығы максималды 5 пайызға жетпейді. Бұл көрсеткіш шекті аймақта жатады. Жалпы созу станының жетегі бөлшектерінің беріктігі есебі сәтті аяқталғанын оқу курстары барысында алынған білімдермен растаймын.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Alan R. Williams. The Knight and the Blast Furnace: A History of the Metallurgy of Armour in the Middle Ages & the Early Modern Period. — Brill, 2003. — P. 29-31. — 954 p.

2 Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. — М.: Metallurgy, 1971. 448с.

3 Чернавский С. А., Ицкович Т. М. “Курсовое проектирование деталей машин” – М.: Машиностроение, 1979. -416 с.

4 АРМ Trans. Руководство пользователя. Система проектирования механических передач вращения. – 66 с. /<http://www.apm.ru>