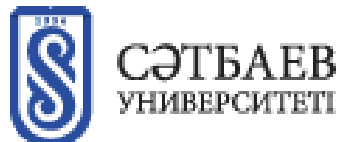


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

Сұлтан Р.Б.

Тіркемелі бұру механизмнің буындарын беріктікке есептеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы

Алматы 2019



Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
Физ.-мат. ғыл. д-ры,
профессор

А.Калтаев

2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Тіркемелі бұру механизмнің буындарын беріктікке есептеу

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы бойынша

Орындаған

Сұлтан Р.Б.

Ғылыми жетекші
техн. ғыл. канд., ассоц. проф.

Абдраимова Г.А.
«14» *сентябрь* 2019ж



Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

5B071200 – «Машина жасау»

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
физ./мат. ғыл. д-ры, профессор
А. Қалтаев А. Қалтаев
2018ж.



Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Сұлтан Р.Б.

Тақырыбы Тіркемелі бұру механизмнің буындарын беріктікке есептеу

Университет басшысының 2018 жылғы «06» қараша №1252-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы « »

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері механизмнің кинематикалық
сипаттамалары

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а. Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз. Әдебиеттік-
потенттік шолу

б. Негізгі бөлім

в. Тіркемелі бұру механизмнің буындарын беріктікке есептеу

г. Негізгі элементтерді беріктікке, қатаңдыққа және орнықтылыққа АРМ
ҒЕМ жүйесімен есептеу

д. Жұмыстың қорытындысы

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)


Сызбалық материалдар 8 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 9 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз. Әдебиеттік-потенттік шолу	20.02.19	
Негізгі бөлім	25.03.19	
Жүк тиегіш механизмнің орнықтылығын есептеу	21.04.19	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Е.Т. Бекенов, техн. ғыл. канд., ассоц.проф.	14.05.2019	

Ғылыми жетекші  Г.А. Абдраимова

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Р.Б. Сұлтан

Күні

“14” мамыр 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Теория негіздері	8
1.1 Материалдар кедергісі ғылымының негізгі ұғымдары	8
1.2 Деформация мағынасы мен түсінігі	9
1.3 APM Sturucture3D программалау кешені ”	10
2 Серпімді буынды механизмнің квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйі	14
2.1 Серпімді сырықты жүйелердің шекті элементтер әдісіндегі негізгі теңдеулері	14
3 Тіркемелі бұру механизмнің буындарын беріктікке есептеу	17
3.1 Тіркемелі бұру механизмнің орналасу күйіне байланысты орын ауыстыруға есептеу	23
3.2 Қысқаша қорытындылар	25
Қорытынды	29
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	30

АНДАТПА

Берілген дипломдық жұмыста квазистатикалық иілгіш кернеулі-өзгертілген шама, түрлі күштер әсері кезіндегі және олардың түрлі орналасулары кезіндегі жазық тетіктердің тепе-теңдік иілгіш тұрақтылығы толық талданды.

Көп нұсқалық сандық есептеулер арқылы кернеулердің сыртқы күштер мен қиманың көлемдерінен тәуелділігі, сонымен қатар жазық тетіктің квазистатикалық орналасуындағы буындар тұрақтылығының жоғалтуларының иілгіш пішіндері орнатылған.

APM Structured бағдарламалық кешені негізінде, иілгішті-өзгертілетін буындары бар түрлі тетіктің күштік, кинематикалық, геометриялық, иілгіштік параметрлерін, олардың оңтайлы параметрлерін және буындардың беріктік параметрлерін тағайындау мақсатымен, ҚҚС есептелуі жүргізілді

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проанализирована квазистатическая гибкая напряженность - измененная величина, равновесная гибкая устойчивость плоских деталей при воздействии различных сил и их различных расположениях.

Благодаря многоязычным числовым вычислениям установлены зависимость напряжений от размеров внешних сил и сечений, а также гибкие формы потерь устойчивости звеньев в квазистатическом расположении плоского механизма.

На основе программного комплекса APM Structured, с целью назначения силовых, кинематических, геометрических, гибких параметров различных механизмов с гибко-изменяемыми звеньями, их оптимальных параметров и параметров прочности звеньев произведен расчет НДС.

ANNOTATION

This thesis analyzes the quasi-static flexible tension - the measured value, the equilibrium flexible stability of flat parts under the influence of different forces and their different locations.

Due to multilingual numerical calculations, the dependence of stresses on the size of the external forces and cross sections, as well as flexible forms of loss of stability of the links in the quasi-static arrangement of the plane mechanism are established.

On the basis of the software complex APM Structure, in order to assign power, kinematic, geometric, flexible parameters of various mechanisms with flexibly variable links, their optimal parameters and strength parameters of the links, the calculation of VAT.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта жүк көліктері сияқты техникасыз жұмыс істеу қиын. Даму жүргізілетін жерде құрылыс әдетте әртүрлі техника, соның ішінде жүктерді тасымалдау үшін де бар. Бірақ үнемділік үшін ұзақ уақыт бойы тіркемелер мен жартылай тіркемелер қолданылады. Бұрынғы уақытта тіркемелер бірнеше жүз килограмм салмақ алып кете алмады. Бүгінде тіркемеде үлкен қашықтыққа бірнеше ондаған тонна тиеуге болады. Қазір тіркемелер мен жартылай тіркемелер ассортиментін таңдауға болады. Мысалы, екі өсті тіркемелері мен жартылай тіркемелері бар: борттық жартылай тіркемелер, өзі аударғыш жартылай тіркемелер мен жартылай тіркемелер, бензин мен керосинге арналған отын тасымалдаушылар; Мұнай мен битум тасымалдауға арналған отын тасымалдаушылар.

Тіркемелер мен жартылай тіркемелердің кез келген түрі белгілі талаптарға жауап береді. Кез келген түрі жүктердің белгілі бір түрі үшін жасалған: сусымалы материалдар үшін өзі аударғыш тіркеме, аз айналымды жүктер үшін борт, сұйық жүктер үшін таптырмайтын тіркеме-отын тасымалдаушы. Сонымен қатар, ұсынылған тіркемелердің әрбір түрі техникалық сипаттамалар бойынша ажыратылатын тіркемелердің едәуір модельдік қатарынан тұрады.

Қазақстанның экономикалық бағыты – әлемнің бәсекеге қабілетті 50 елдерінің қатарындағы индустриалды дамыған ел санына қосылу, бұл бағыттағы негізгі мәселе ғылыми өндіріспен қызмет ету арасындағы ғылым, техника мен технология болып табылады. Ғылыми техника саласында келесідей бағыттар қабылданды: нанотехнология, ақпараттық технология, биотехнология, ғарыш саласы, жаңартылудағы және атом энергетикасы сонымен қатар тау-кен – металлургиялық жабдықтары, агроөндіріс кешенінің машина жасау және теміржол транспортының жабдықтарының дамытылуына аса зор мән берілуде.

Жалпы бұл жұмыста АРМ Win machine программалау тілінде берілген механизмді яғни тіркемелі бұру механизмін беріктікке есептеу қарастырылды. Квазистикалық теңдеулер теориялық механика материалдар кедергісі шектік элементтер әдісі арқылы және т.б тақырыптармен механизмнің беріктігін есептеп график кесте әртүрлі күйлерін зерттеп жалпы күш түсіру арқылы беріктікке есептедік.

1 Теория негіздері

1.1 Материалдар кедергісі ғылымының негізгі ұғымдары

Барлық қатты денелер қандай да бір дәрежеде беріктілік пен қаттылық қасиеттеріне ие, яғни белгілі бір шектерде сыртқы күштердің әсерін бұзусыз және геометриялық өлшемдерді Елеулі өзгертпей қабылдауға қабілетті.

Материалдардың кедергісі, бір жағынан, - конструкция элементтерінің беріктігі мен қаттылығы туралы ғылым. Материалдардың қарсыласу әдістерімен практикалық есептер жүргізіледі және машина бөлшектері мен әртүрлі құрылыс құрылыстарының қажетті, сенімді өлшемдері анықталады. Екінші жағынан Материалдар кедергісі-беріктікке есептеу негіздерін беретін кіріспе оқу пәні.

Материалдар кедергісінің негізгі ережелері жалпы механиканың заңдары мен теоремаларына және бірінші кезекте статика заңдарына сүйенеді, оларды білмей материалдардың қарсыласу курсы зерделеу мағынасыз. [1]

Материалдар кедергісінің міндеті зерттелетін объектілердің ішкі ерекшеліктерін анықтау ғана емес, сонымен қатар болашақта алынған заңдылықтарға қарастырылып отырған конструкцияның жұмыс қабілеттілігі мен практикалық жарамдылығын бағалау кезінде дұрыс түсінік беруге болатындай болып табылады. Серпімділік математикалық теориясында бұл мәселе қозғамайды.

Материалдардың қарсыласу әдістері тұрақты емес. Олар жаңа міндеттер мен практиканың жаңа талаптары пайда болуымен өзгереді. Инженерлік есептеулерді енгізу кезінде материалдардың қарсыласу әдістерін шығармашылықпен қолдану керек және практикалық есептің табысы күрделі математикалық аппаратты қолдану ғана емес, зерттелетін объектінің мәніне жете білу, ұсынысты ең сәтті оңайлатуды табу және есепті түпкілікті сандық нәтижеге дейін жеткізу.

Материалдар кедергісі - бұл инженерлік тәртіп және механиканың арнайы бөлімі, машиналар мен құрылыстардың элементтерін беріктікке, қаттылыққа және тұрақтылыққа есептеу әдістерін қарастырады. Бұл ретте, әрине, үнемділік, дайындау технологиялылығы, тасымалдау мен монтаждаудың ыңғайлылығы, сондай-ақ пайдалану қауіпсіздігі сияқты факторларды ескеру қажет.

Басқаша айтқанда, бұл құрылымды сауатты жобалау.

Курсты табысты игеру үшін физиканың, жоғары математиканың, теориялық механика мен материалтанудың кейбір бөлімдерін білу қажет.

Құрылыстарда және машиналарда кездесетін конструктивтік элементтердің барлық алуан түрлерін төрт негізгі түрге жеткізуге болады: бұл брус, пластина, қабық және жаппай дене.

Олардың ең бастысы, әрине, брус.

Брус бір өлшемі бар дене деп аталады — ұзындығы екі басқа көлденең мөлшерден асады.

Брус қиылысынан пайда болған фигура *көлденең қима* деп аталады.

Брустың барлық көлденең қималарының ауырлық орталықтарын қосатын сызық *бойлық ось* деп аталады.

Жүктеу схемасына байланысты брус өзек, білік немесе белдем деп аталады. [2]

Брус пішініне байланысты тік сызықты, қисық сызықты, сатылы және ауыспалы қима болуы мүмкін.

Егер Брус қабырғасының қалыңдығы оның көлденең қимасының габариттік өлшемінен едәуір аз болса, ол *жұқа қабырғалы* деп аталады.

Бұл профиль түрі аз салмақ және үнемділік тұрғысынан ең ұтымды болып табылады.

Пластина қалыңдығы басқа өлшемдерден айтарлықтай аз дене деп аталады.

Бұл, мысалы, резервуарлардың жалпақ қақпақтары және инженерлік құрылыстардың жабындары.

Әрине, *қисық сызықты пластина* деформацияға дейін деп аталады.

Қабықшалар резервуарлар мен қазандардың қабырғалары, ғимараттар күмбездері, көлік құралдарының корпусстарын қаптау және т.б. болып табылады. Мұндай денелердің мысалдары құрылыстың іргетастары болып табылады. Сопроматта міндеттерді шешу негізінен олардың беріктігі мен қаттылығын қамтамасыз ету үшін қажетті элементтер өлшемдерінің есебіне негізделеді. Сирек, элементтерді беріктікке тексеру және олардың жүк көтергіштігін анықтау мәселесі қойылады.

1.2 Деформация мағынасы мен түсінігі

Деформация деп дене өлшемін оған қоса берілген жүктемелердің әсерінен өзгерту деп аталады. Толық өлшемге жататын Деформация салыстырмалы деп аталады. Егер дене ұзындығының әрбір кіші элементінің өзгеруі бірдей болса, онда салыстырмалы деформация біркелкі деп аталады. Салыстырмалы деформация жиі d белгісімен, ал толық D белгісімен белгіленеді.

$$d = \frac{D}{L}$$

Егер болат өзектің ұзындығы созылатын жүктемеге дейін 2,00 м, ал жүктелгеннен кейін – 2,0015 м тең болса, онда d толық деформациясы 0,0015 м, ал салыстырмалы – $d = 0,0015/2,00 = 0,00075$ (м/м) тең.

Құрылыс пен машиналарда қолданылатын барлық материалдар үшін дерлік салыстырмалы деформация кернеуге пропорционалды. Бұл өте маңызды қатынас Гук заңы деп аталады. Ол 1678 ағылшын өнертапқышымен және сағаттық істермен шебер Р. Гукпен эксперименталды орнатылды және тұжырымдалды. Кез келген материал үшін кернеу мен деформация арасындағы осы арақатынас формуласымен көрсетіледі:

$$S = E * d$$

мұнда E – материалды сипаттайтын тұрақты көбейткіш. Бұл көбейткіш оны 1802-да енгізген Т. Юнг атындағы Юнг модулі немесе серпімділік модулі деп аталады. Қарапайым конструкциялық материалдардан Болат серпімділігінің ең үлкен модулі; ол шамамен 200 000 МПа тең. Болат өзекте 0,00075 тең салыстырмалы деформация, бұрын келтірілген мысалдан

$S = 200\ 000 * 0,00075 = 150$ МПа кернеуінен туындайды, бұл конструкциялық Болаттың пропорционалдылығының шегінен аз.

Егер өзек 70 000 МПа-ға жуық серпімділік модулі бар алюминийден жасалған болса, онда 0,00075 сол деформацияны туғызу үшін 50 МПа-дан астам кернеу жеткілікті болар еді. Құрылыс пен машиналардағы серпімді деформациялар өте аз. Тіпті жоғарыда келтірілген мысалдан 150 МПа салыстырмалы үлкен кернеу кезінде болат өзектің салыстырмалы деформациясы бір мыңнан аспайды. Болаттың соншалықты үлкен қаттылығы-оның бағалы сапасы.

1.3 APM Sturcture3D программалау кешені

APM Structure3D 3D құрылымдарды кешенді талдауға арналған. Оны өзектерді, жұқа пластиналы және көлемді қатты денелі құрылымдарды, сондай-ақ олардың ерікті комбинацияларын есептеу үшін қолдануға болады. Сондықтан әртүрлі Құрылыс және машина жасау құрылымдары мен олардың құрамдас бөліктерін есептеу мүмкіндігі бар. Кешенді талдау жоғарыда көрсетілген еркін геометрия объектілерінің кернеулі-деформацияланған жай-күйін еркін жүктемемен және шектеулермен талдау, сондай-ақ басқа да бірқатар есептер ретінде түсіндіріледі.(1.1-сурет)

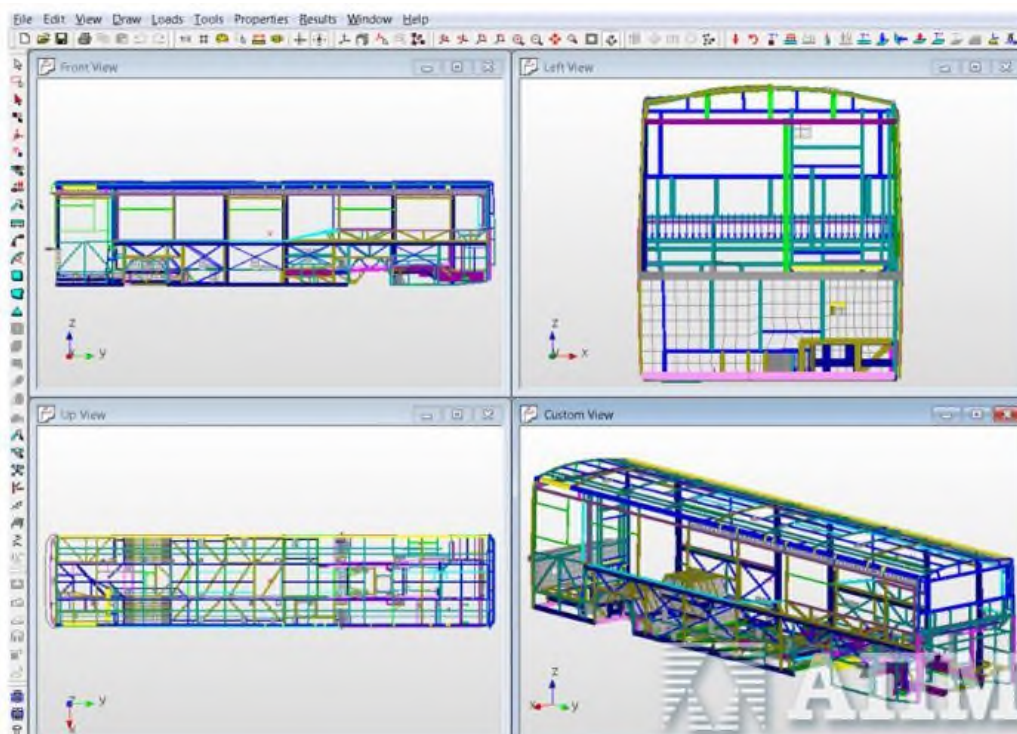
APM Structure3D Модулінің мүмкіндіктері

APM Structure3D модельді дайындау үшін кірістірілген алдын ала процессоры бар. Құрылымдар мен олардың компоненттері графикалық редакторда жасалуы немесе 2D және 3D графикалық редакторлардан DXF файл пішімін пайдалану арқылы немесе тікелей APM Studio арқылы дайындалған соңғы элементтердің торымен, жүктеу шарттарымен және шектеулермен импортталуы мүмкін. Нәтижелер ыңғайлы түрде ұсынылған және пост-өңдеу құралдарының көмегімен қаралуы мүмкін.[3]

APM Structure3D әртүрлі есептеу түрлерін орындай алады, соның ішінде:

- Сызықтық статикалық талдау;
- Сызықты емес статикалық талдау;
- Орнықтылықты талдау;
- Термиялық талдау;
- Модальды талдау;
- Динамикалық талдау;
- Болат қосылыстардың құрылымы;

APM Structure3D үлкен көлемді тығыз матрицаларды өңдеу үшін тұрақты және сенімді сандық әдістерді қолданады.



1.1-сурет - Шина моделімен алдын ала өңдеу ортасының жалпы түрі

Есептеу әдісі

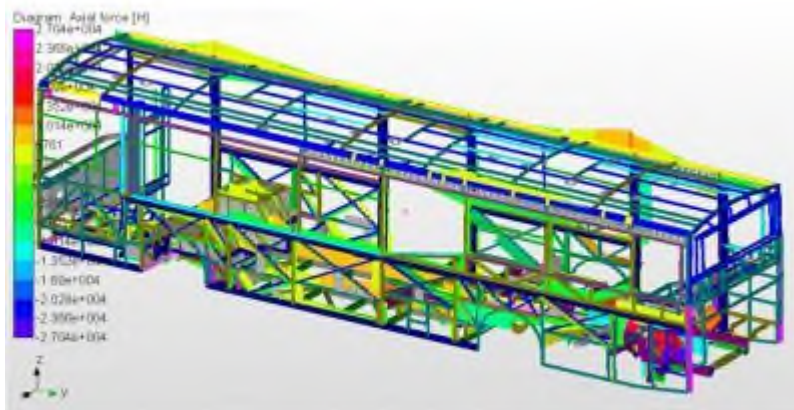
Барлық есептер түпкілікті элементтер әдісімен жүргізіледі. Қолдану штангамен, сәулемен, кабельмен, раковинамен және қатты элементтермен үлкен кітапханадан тұрады. Жоғарыда көрсетілген міндеттерге сәйкес құрылымдық механиканың басқа да әдістері қолданылады. Негізгі қималарды ілуге арналған соңғы элементтердің саны және, демек, есептеу ұзақтығы пайдаланушы берген параметр болып табылады. Әдепкі бағдарлама көптеген жобалау жағдайлары үшін типтік параметрлерді ұсынады. Соңғы элементтердің жалпы саны тек пайдаланушы жабдықтарының мүмкіндіктерімен шектелген. Модельді ілу жартылай автоматты режимде орындалады, ал түзету қолмен түзету арқылы жүргізілуі мүмкін. Элементтердің растығын тексерудің бірнеше түрі бар. (1.2-сурет)

Мамандандырылған интерфейс

Модульде жобалық және графикалық процедураларды тиімді орындау үшін заманауи мамандандырылған интерфейс қарастырылған. Ол қамтиды:

- Жүктемелер мен шектеулерді анықтауға арналған құрал-саймандарды қоса алғанда, Арқалықтан, пластиналар мен қатты элементтерден жасалған комбинациялар түріндегі машиналардың конструкциялары мен бөлшектерін өңдеуге арналған 3D графикалық препроцессор;
- 3D моделін көрсету үшін көрнекі құралдар;

- Өзекті / Арқалық элементтеріне арналған 2D графикалық қималардың редакторы;
- есептеу нәтижелерін өңдеуден кейінгі процессорлық құралдар.



1.2 - сурет - Өңдеу режиміндегі нәтижелер терезесі

Конструкция элементтеріне жүктеменің мынадай түрлері қолданылуы мүмкін:

- қойылтылған күш немесе сәт (өзектің түйінінде немесе еркін нүктесінде);
- өзек ұзындығы бойынша жүктемені бөлу (осьтік күш, көлденең күш, бөлінген айналдыру сәті);
- тіректердің орын ауыстыруынан туындаған жүктемелер;
- пластинаға қоса берілген таратылған күштің ауданы;
- плиталар элементтеріне әсер ететін жел және қар жүктемелері, сондай-ақ сейсмикалық жүктемелер (құрылыс нормаларына сәйкес);
- сейсмикалық жүктеме
- конструкцияның кез келген компонентіне температуралық әсер ету.

Конструкцияға және олардың комбинациясына жүктемелердің әртүрлі жағдайларымен жұмыс істеу мүмкіндігі іске асырылды. APM Structure3D прокаттық профильдердің стандартты кітапханасын және материалдардың деректер базасын қамтиды. Мамандандырылған секциялардың редакторы ерікті стандартты емес секцияларды, соның ішінде көп байланысты секцияларды құруға, сондай-ақ бар секцияларды редакциялауға мүмкіндік береді. Осыдан кейін айналудың инерция моментін қоса, қиманың барлық қасиеттері автоматты түрде есептеледі. Сонымен қатар, dxf файлдарын жасау мүмкіндігі бар сыртқы графикалық редактордан бөлім импорттауға болады.

APM Structure3D әр компоненттің сыртқы жүктемесі мен салмағын ескере отырып, конструкцияның кез келген нүктесінде кернеу мен деформация мәндерін есептеуді орындай алады. Негізгі элементтерді есептеу кернеудің барлық шоғырлануын ескере отырып жүзеге асырылады, бұл тиімді кернеулердің нақты мәндеріне әкеледі. Сонымен қатар, конструкцияға өзекшелердің эксцентрик қосылысын орнату, сондай-ақ бүкіл конструкцияның салмағын автоматты анықтау мүмкіндігі бар. APM Structure 3D әрбір соңғы элементтің ішкі жүктемелерін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл ақпарат дәнекерленген, Бұрандалы қосылыстарды немесе тойтарылған қосылыстарды одан әрі есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Арнайы визуалды құралдардың көмегімен есептеу нәтижелері түсте, контурлық сызықтар түрінде немесе кернеу, сәттер, жүктемелер, деформациялар және т. б. диаграммалар түрінде берілген. Кейінгі өңдеу құралдары қарапайым, түсінікті, пайдалану оңай және алынған нәтижелерді талдауды жеңілдетеді.

APM Structure3D модулі APM WinMachine жүйесінің негізгі есептік ядросы болып табылады. Ол құрылым үлгілерін жасау, қажетті есептеулерді орындау және алынған нәтижелердің визуализациясы үшін кең мүмкіндіктерге ие. Осы мүмкіндіктерді пайдалану жобалау мерзімін қысқартуға және объектінің материал сыйымдылығын азайтуға, сондай-ақ жобалау жұмыстарының құнын азайтуға мүмкіндік береді.

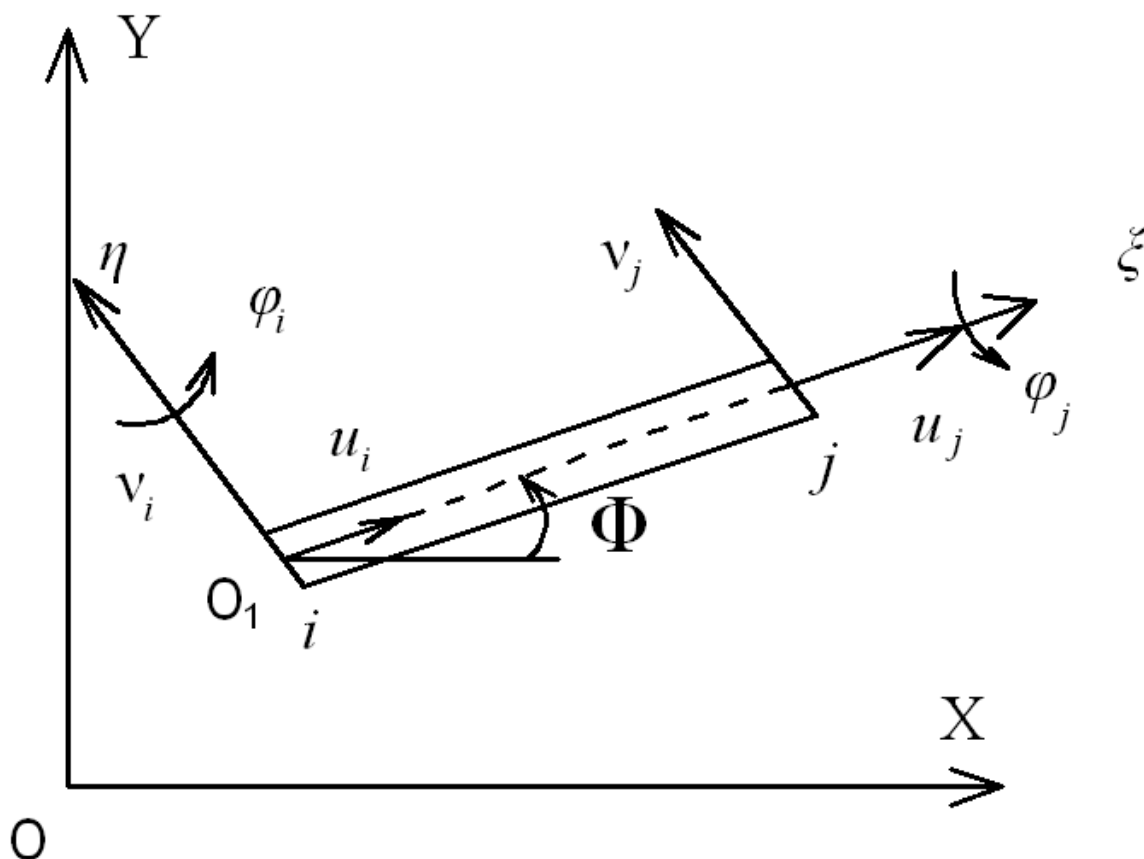
APM Structure 3D модулі сыртқы жүктеуді ескере отырып, сондай-ақ әрбір элементтің меншікті салмағын ескере отырып, конструкцияның кез келген нүктесінде кернеу мен деформация шамаларын есептеуге мүмкіндік береді; әрбір соңғы элемент шегінде тораптардың әрқайсысында белгісіз күш факторларын және ішкі күш факторларын анықтауға мүмкіндік береді, бұл ақпарат одан әрі дәнекерлеу, топтық бұрандалы немесе тойтару қосылыстарын есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Арнайы визуализатордың көмегімен есептеу нәтижелері түстік гаммада, оқшаулама түрінде немесе кернеу, моменттер, күштер, деформациялар эпюр түрінде ұсынылады.

2 Серпімді буынды механизмнің квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйі

2.1 Серпімді сырықты жүйелердің шекті элементтер әдісіндегі негізгі теңдеулері

Жазық және кеңістіктік сырықтан құралған механизмдер квазистатикалық орнықтылығын зерттеу шекті элементтер әдісімен жүзеге асырылады. Қарастырылған сырықты жазық конструкция сырықты элементтерге бөлінеді және түйіндерінде бір-бірімен өзара байланысады.

Барлық түйіндер және элементтер нөмірленеді, содан әр есептелінетін элементтің басы және аяғы көрсетіледі (2.1-сурет).



2.1 - сурет - Шекті элемент

Зерттелетін объекті сырықты элементтерге бөлу әдісі еркін болып табылады. Кинематикалық және күштік сипаттамалары көп өзгертін жерлерде сырық қосымша элементтерге бөлінеді. Денені глобальді декартты жүйелі координаттарға $Oxuz$ апарарды. Сыртқы күштер әсерінен есептейтін “e” элементтінің әр нүктесі деформацияланады: $O_1\xi\eta$ локальды координат

жүйесінің кез-келген түйінінің сызықты орын ауыстыруы мен бұрылу бұрышын u, v және φ арқылы белгіленеді [4].

Сонда u_i, v_i, φ_i және u_j, v_j, φ_j i, j түйіндерінің кинематикалық сипаттамалары болады. Оху координат жүйесінде орын ауыстыру және бұрылу бұрышының құраушылары $U_i, V_i, \varphi_i, U_j, V_j, \varphi_j$ болады.

Глобалды және локалды координаттар жүйесінде векторлық мәндері енгізіледі.[5]

$$\begin{aligned} \{\delta_k^e\}^T &= (u_i, v_i, \varphi_i, u_j, v_j, \varphi_j) \\ \{\delta_\Gamma^e\}^E &= (U_i, V_i, \varphi_i, U_j, V_j, \varphi_j) \end{aligned} \quad (2.1)$$

$\{\delta_x^e\}$ және $\{\delta_\Gamma^e\}$ векторлар арасындағы байланыс.

$$\{\delta_x^e\} = \begin{bmatrix} [T_0] & 0 \\ 0 & [T_0] \end{bmatrix} \{\delta_\Gamma^e\} = [T] \{\delta_\Gamma^e\}: \quad (2.2)$$

мұнда $[T_0]$ - III-ретті квадратты матрица немесе бағыттаушы косинустар матрицасы деп аталады.

$$[T_0] = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

(2.2) - ші теңдеуінен локалды координат жүйесіндегі $\{\delta_x^e\}$ арқылы глобалды $\{\delta_\Gamma^e\}$ координат жүйесіндегі орын ауыстырулар табуға болады.

$$[T]^T \{\delta_n^e\} = [T]^T [T] \{\delta_T^e\} = [E] \{\delta_T^e\} = \{\delta_T^e\}, \quad (2.4)$$

Мұндағы $[T]^T [T] = [E]$, сонда $[E]$ - бірлік матрица.

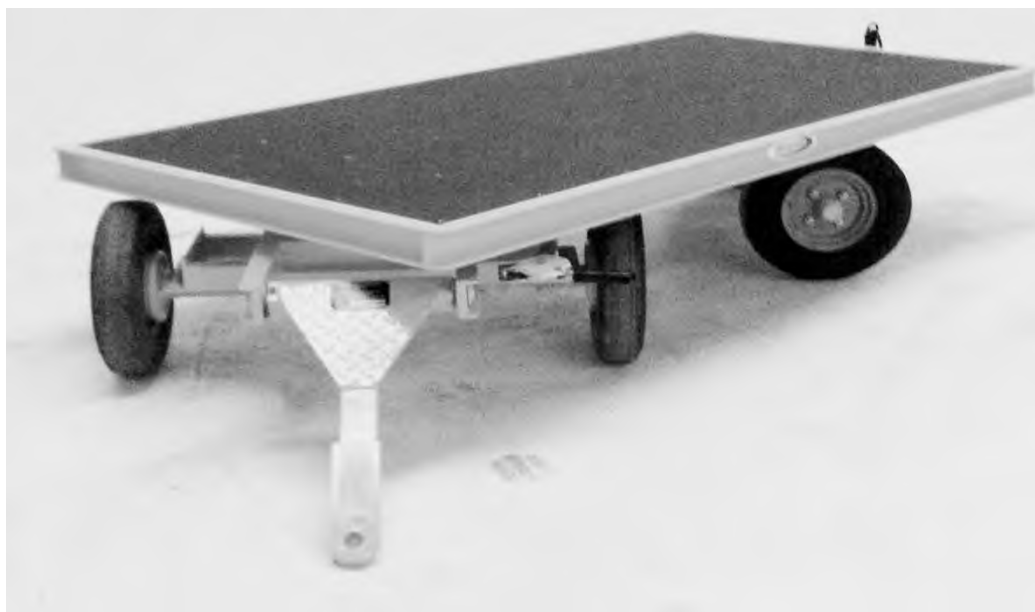
(2.2) және (2.4) қатынастар глобалды координат жүйесінің белгілі орын ауыстыру векторы арқылы локальды координат жүйесінің орын ауыстыру векторын табуға мүмкіндік береді және керісінше.[6]

3 Тіркемелі бұру механизмінің буындарын беріктікке есептеу

Бұрылатын тіркеме-тіркеменің байланыстырушы арбашасы және алдыңғы арбашаны бұрған кезде артқы арбашаның бұрылуын қамтамасыз ететін механизм.

Тіркемелер олардың бұрылыс алдыңғы бөлігінің болуына байланысты артқы жүріспен ұзақ қозғалуға мүмкіндік бермейді. Ол үшін қажет болған жағдайларда тіркеменің бұрылыс шеңберінің бір бүтін жоғарғы және төменгі жартысын байланыстыратын бекіткіштерді енгізу жолымен тіркеме рамасына қатысты алдыңғы дөңгелектің қозғалғыштығын жою қажет. Фиксатор іске қосылған кезде тіркеме автомобильдің сүйреткіш аспабымен дем алған ілмектің көмегімен топсалы жалғанған қатты жүйеге айналады. Маневр жасау әдісі бұл жағдайда автомобиль поездарының бұрын қаралған үлгілері үшін бірдей қолданылады. (3.1-сурет)

Тіркеменің бұрылуы тек бүйірлік сырғанау арқылы жүзеге асырылады. Көп осьті тіркемелерде маневрлік сапаларды жақсарту мақсатында кейде рычагты жетекпен басқарылатын доңғалақтардың бұрылмалы цапфтері (автомобильдік алдыңғы осьтерінің типі бойынша) бар осьтер қолданылады.



3.1-сурет - Бұрылатын тіркемесі бар тақтайша

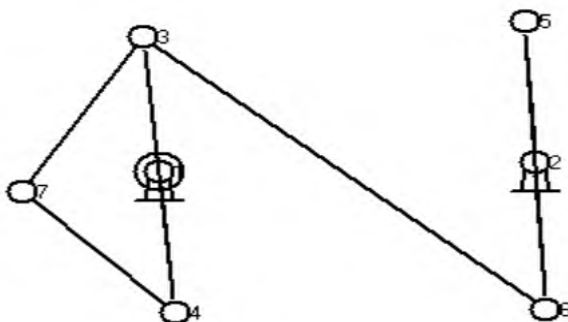
Тіркеме рамасы-екі параллельді лонжероннан тұратын дәнекерленген металл конструкциясы, раманың алдыңғы бөлігінде бес көлденең нүктемен байланысқан раманың алдыңғы бөлігінде екі көлденең және екі кронштейндер орналасқан, ол арқылы рама алдыңғы бұрылыс арбасымен жиынтықта түптелген. Тартқышпен тіркеп сүйрейтін тіркеменің жүріс бөлігі шанақ немесе бұрылыс конигі орнатылған осьтері мен дөңгелектері бар раманы немесе жартылай тіркемелерді білдіреді. Ұзын өлшемді жүктерді

(бөренелер, құбырлар, рельстер және т.б.) тасымалдау үшін пайдаланылатын бұрылмалы кониктері бар тіркемелер тарату деп аталады.

Тіркеме рамасында орнатылған жүк платформасы, доңғалақтары бар осьтер, рессорлар, бұрылыс құрылғысы және автомобильге тіркеуге арналған құрылғысы болады. Тіркемелер бір, екі немесе көп осьті болуы мүмкін. Аса ауыр жүктерді тасымалдайтын тіркемелер, әдетте, дөңгелектердің көп саны болады.. Егер тіркеме бір осьтен артық болса, онда бұрылыс шеңберінен және жақтауы бар алдыңғы осьтен тұратын бұрылыс құрылғысы болады. Раманың бұрылу шеңберіне тіркеме рамасының екінші шеңбері тіреледі. Екі айналмалы шеңбердің арасында тіркеменің алдыңғы осінің бұрылуын жеңілдететін шариктер немесе роликтер бар. Алдыңғы оське тыныс алуы бекітілген, оның алдыңғы ұшында тіркеу құрылғысы бар. Тіркеу құрылғысы қатты немесе серіппелі болуы мүмкін.(3.2-сурет)

Механизм жалпы 7 түйіннен тұрады олардың ұзындықтары мен орналасу күйлері келтірілген.1-ші және 2-ші түйіндері рама арқылы байланысқан.3,7,4 түйіндері бір-бірімен топсалы байланысқан.[6]

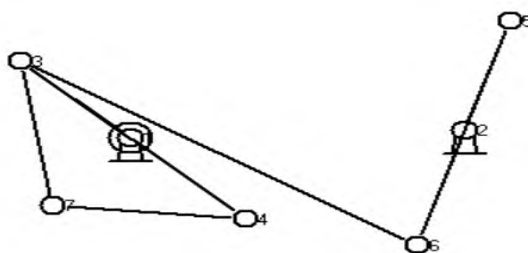
Беріктік және орын ауыстыру есептеулері АРМ WinMachine бағдарламалық комплекс жүйесінде жүргізілген. Тіркемелі бұру механизмдерінің буындарының кинематикалық сипаттамалары белгілі. Есептеу сызықты квазистикалық режимде, қадалған күш әсерінен жүргізілген.[7]



3.2-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің 1-жобалау схемасы

L1-3 =	90,95	L1-4 =	95,09	X1 =	-73,98	Y1 =	288,85
L3-4 =	186,04	L2-5 =	94,87	X2 =	122,25	Y2 =	295,09
L2-6 =	99,02	L5-6 =	193,89	X3 =	-82,37	Y3 =	379,41
L3-6 =	278,57	L3-7 =	121,65	X4 =	-65,58	Y4 =	194,13
L4-7 =	113,80			X5 =	117,00	Y5 =	389,81
				X6 =	127,49	Y6 =	196,21
				X7 =	-145,33	Y7 =	275,32

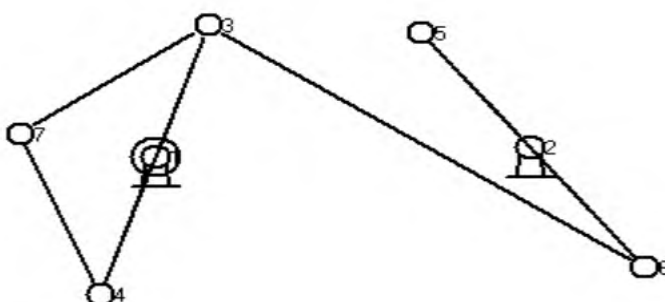
3.3-сурет - Түйіндердің координаттары мен ұзындықтары(1)



3.4-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің 2-жобалау схемасы

X1 =	-73,98	Y1 =	288,85
X2 =	122,25	Y2 =	295,09
X3 =	-138,74	Y3 =	352,70
X4 =	-6,54	Y4 =	221,81
X5 =	148,79	Y5 =	386,17
X6 =	94,32	Y6 =	200,09
X7 =	-119,83	Y7 =	232,53

3.5-сурет - Түйіндердің координаттары(2)



3.6 –сурет - Тіркемелі бұру механизмінің 3-жобалау схемасы

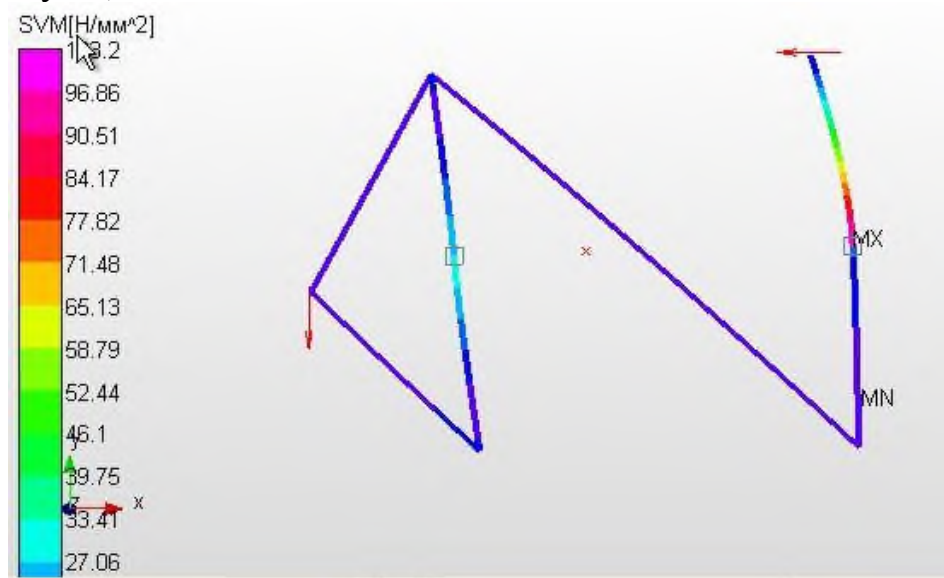
X1 =	-73,98	Y1 =	288,85
X2 =	122,25	Y2 =	295,09
X3 =	-46,44	Y3 =	375,53
X4 =	-103,13	Y4 =	198,33
X5 =	64,78	Y5 =	370,57
X6 =	182,05	Y6 =	216,17
X7 =	-144,97	Y7 =	304,17

3.7-сурет - Түйіндердің координаттары(3)

APM WinMachine- программа жүйесінде есептеу нәтижесінде келесідей нәтижелер алынған. Конструкцияның сырықты элементтерінде пайда болған кернеу, әртүрлі жүкпен көрсетілген.

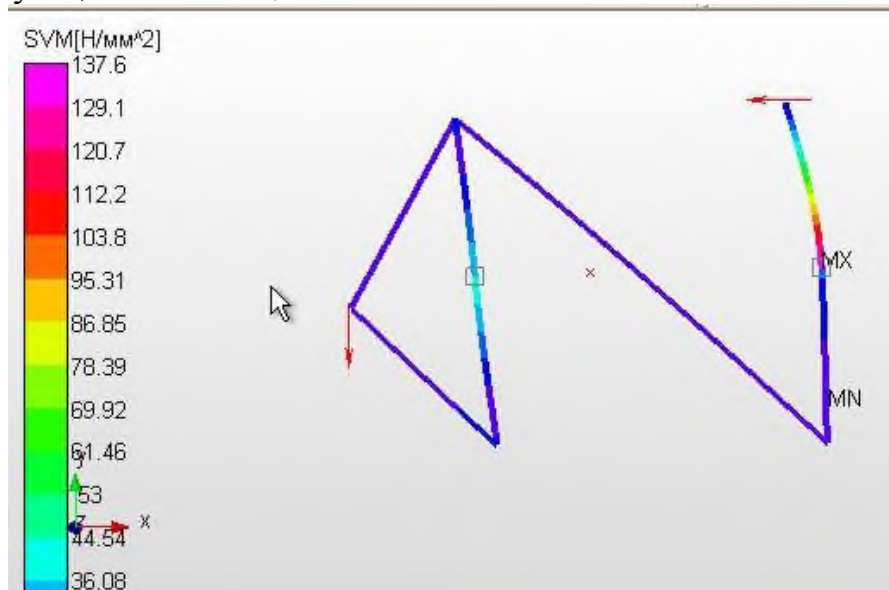
1-орналасу күйі:

3.8-суретте тіркемелі бұру механизмінің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш алтыншы түйінге көлденең түсірілген және жетінші түйінге томен тігінен түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 2-ші элементте байқалды 128,2 МПа- тең. Ең аз кернеу 27,06 МПа-тең.



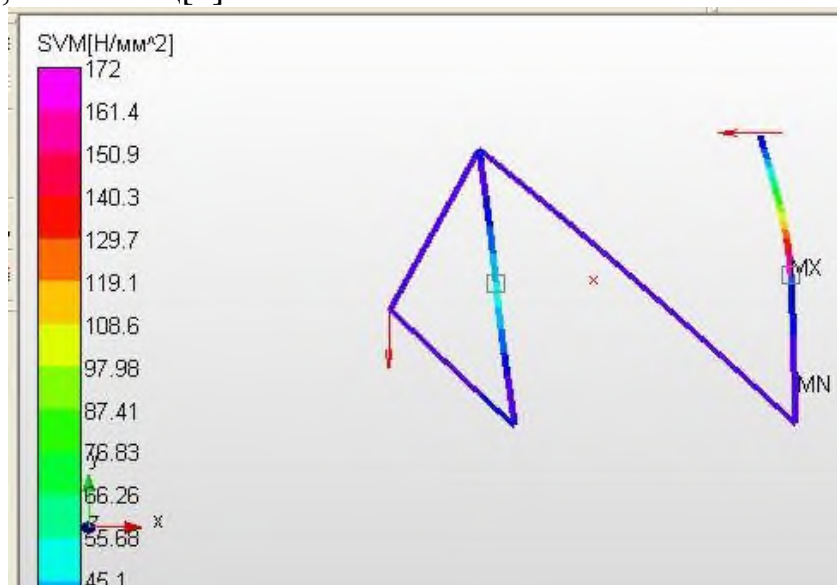
3.8-сурет - Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш алтыншы және жетінші түйіндерге түсірілген. $P=1500\text{H}$

3.9-суретте тіркемелі бұру механизмінің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш алтыншы түйінге көлденең түсірілген және жетінші түйінге томен тігінен түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 2-ші элементте байқалды 137,6 МПа- тең. Ең аз кернеу 36,08 МПа-тең



3.9-сурет - Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш алтыншы және жетінші түйіндерге түсірілген. $P=2000\text{H}$

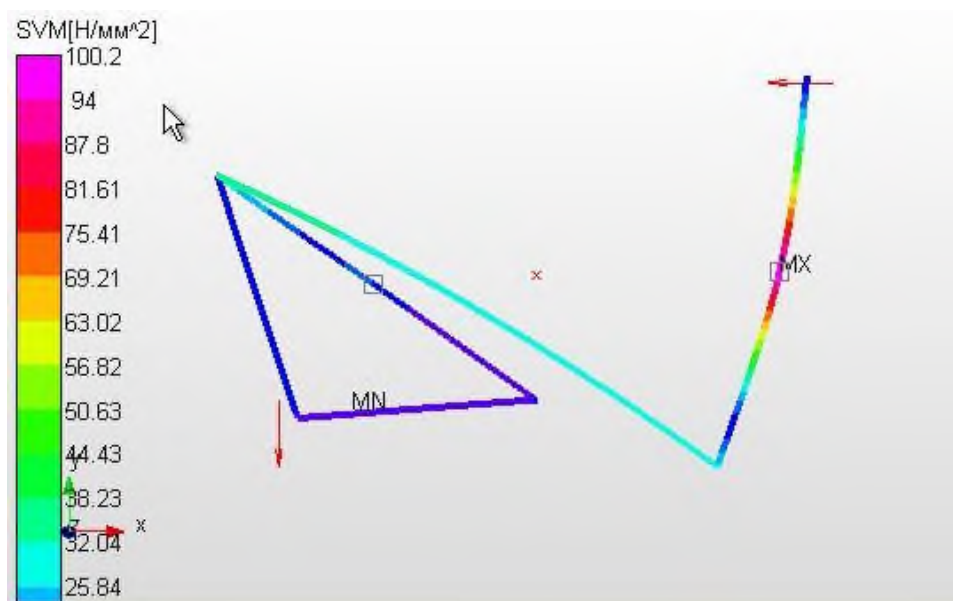
3.10-суретте тіркемелі бұру механизмінің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш алтыншы түйінге көлденең түсірілген және жетінші түйінге томен тігінен түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 2-ші элементте байқалды 172 МПа- тең. Ең аз кернеу 45,1 МПа-тең[8]



3.10-сурет - Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш алтыншы және жетінші түйіндерге түсірілген. $P=2500\text{H}$

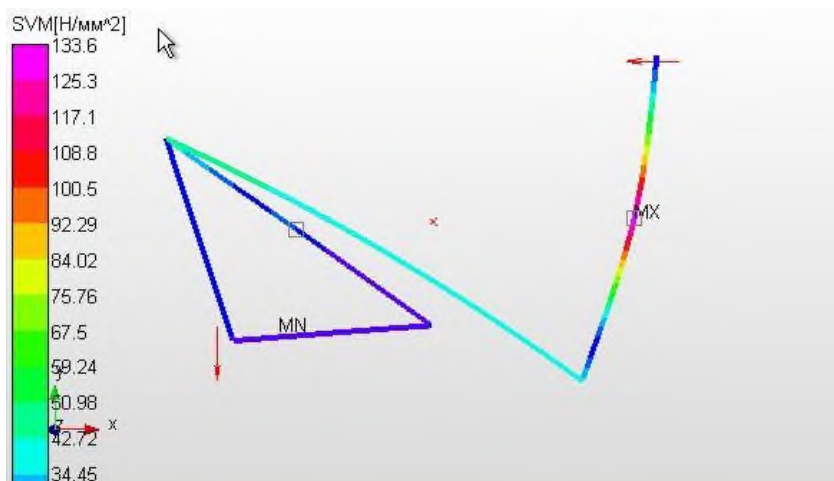
2-орналасу күйі:

3.11-суретте тіркемелі бұру механизмінің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш алтыншы түйінге көлденең түсірілген және жетінші түйінге томен тігінен түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 2-ші элементте байқалды 100,2 МПа- тең. Ең аз кернеу 25,84 МПа-тең



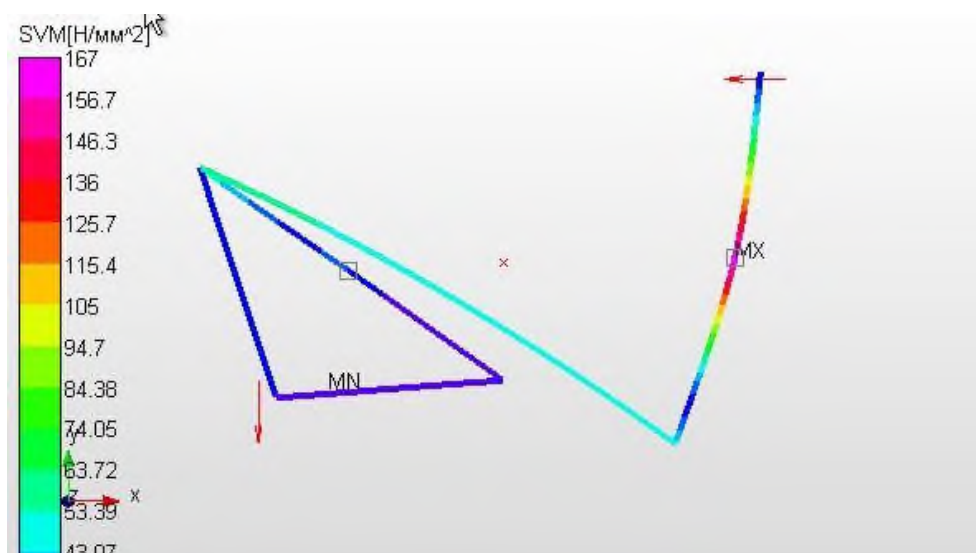
3.11-сурет - Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш алтыншы және жетінші түйіндерге түсірілген. $P=1500\text{H}$

3.12-суретте тіркемелі бұру механизмiнiң элементтерiнде пайда болған эквиваленттi кернеу көрсетiлген. Механизм 1-орналасу күйiнде күш алтыншы түйiнге көлденең түсiрiлген және жетiншi түйiнге томен тiгiнен түсiрiлген, күштiң әсерiнен ең үлкен кернеу 2-шi элементте байқалды 133,6 МПа- тең. Ең аз кернеу 34,45 МПа-тең



3.12-сурет - Механизмнiң элементтерiнде пайда болған эквиваленттi кернеу, күш алтыншы және жетiншi түйiндерге түсiрiлген. $P=2000\text{ Н}$

3.13-суретте тіркемелі бұру механизмiнiң элементтерiнде пайда болған эквиваленттi кернеу көрсетiлген. Механизм 1-орналасу күйiнде күш алтыншы түйiнге көлденең түсiрiлген және жетiншi түйiнге томен тiгiнен түсiрiлген, күштiң әсерiнен ең үлкен кернеу 2-шi элементте байқалды 167 МПа- тең. Ең аз кернеу 43,07 МПа-тең

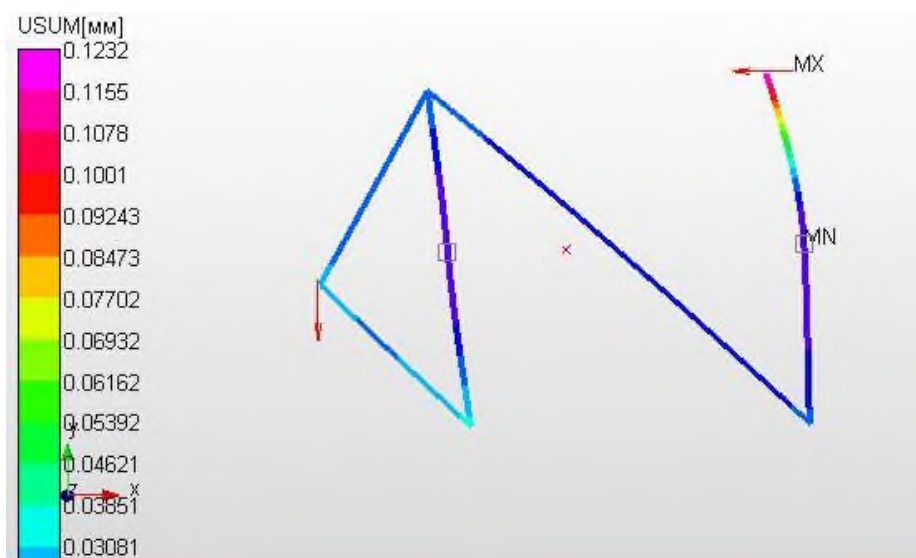


3.13-сурет - Механизмнiң элементтерiнде пайда болған эквиваленттi кернеу, күш алтыншы және жетiншi түйiндерге түсiрiлген. $P=2500\text{ Н}$

3.1 Тіркемелі бұру механизмінің орналасу күйлеріне байланысты орын ауыстыруға есептеу

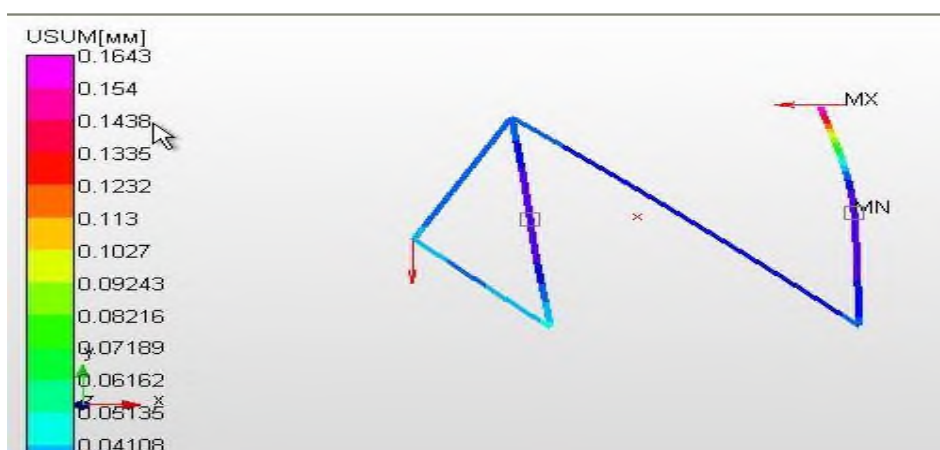
1 - орналасу күйі:

3.14-суретте тіркемелі бұру механизмінің 1500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру (0.1232мм) бесінші нүктеде пайда болған.



3.14-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=1500\text{H}$

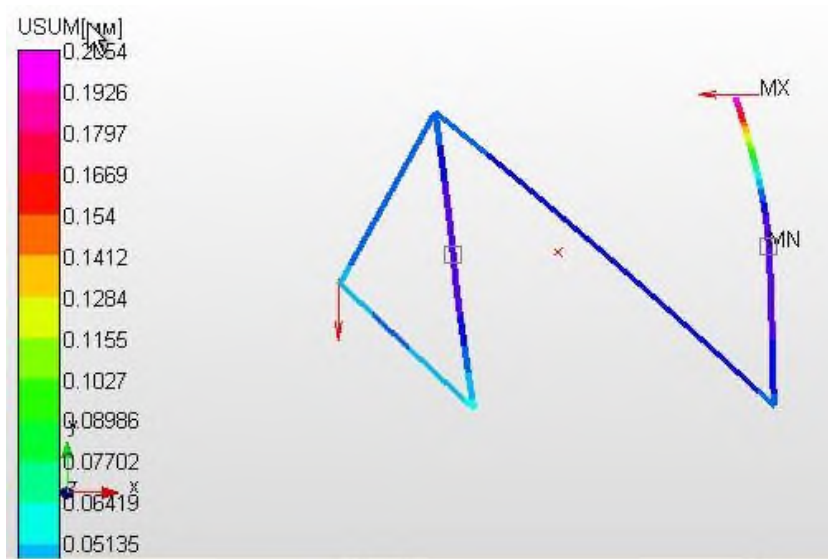
3.15-суретте тіркемелі бұру механизмінің 2000 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру бесінші нүктеде (0.1643мм) пайда болған.



3.15-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=2000\text{H}$

3.16-суретте тіркемелі бұру механизмінің 2500 Н күш түсірілген кездегі

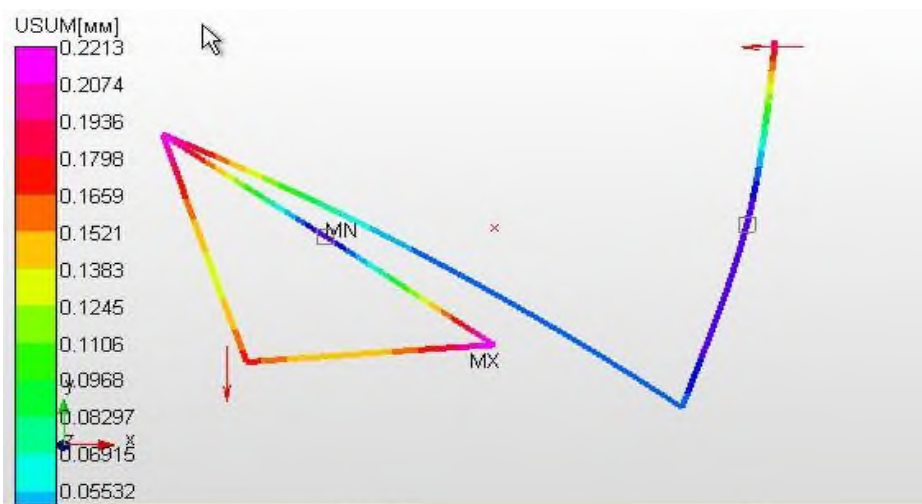
пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру бесінші (0,2054мм) нүктеде пайда болған.



3.16-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=2500\text{H}$

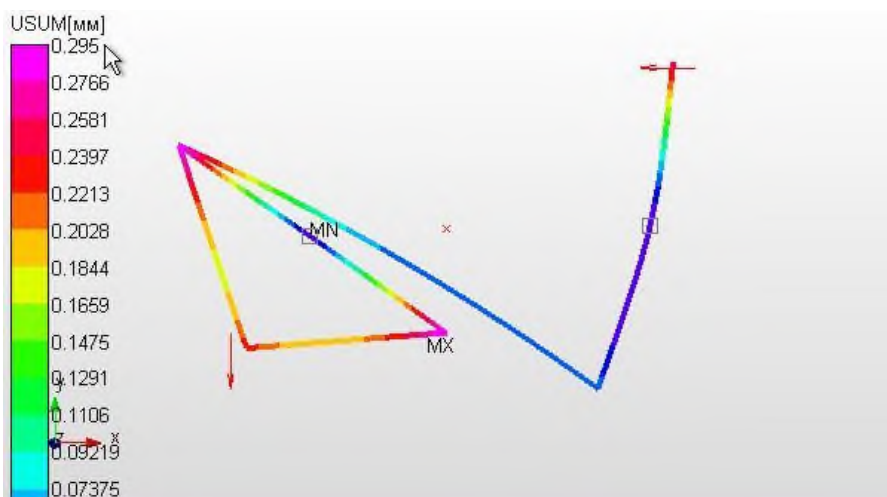
1 - орналасу күйі:

3.20-суретте тіркемелі бұру механизмінің 1500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру төртінші түйінде пайда болған (0.2213 мм).



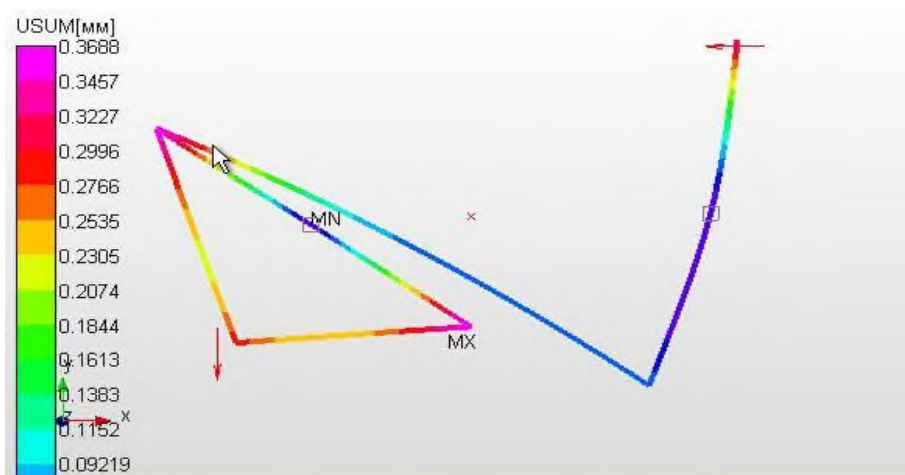
3.20-сурет - Тіркемелі бұру механизмінің буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=1500\text{H}$

3.21-суретте Тіркемелі бұру механизмінің 2000 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру төртінші түйінде пайда болған (0.295 мм).



3.21-сурет - Тіркемелі бұру механизмiнiң буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=2000\text{H}$

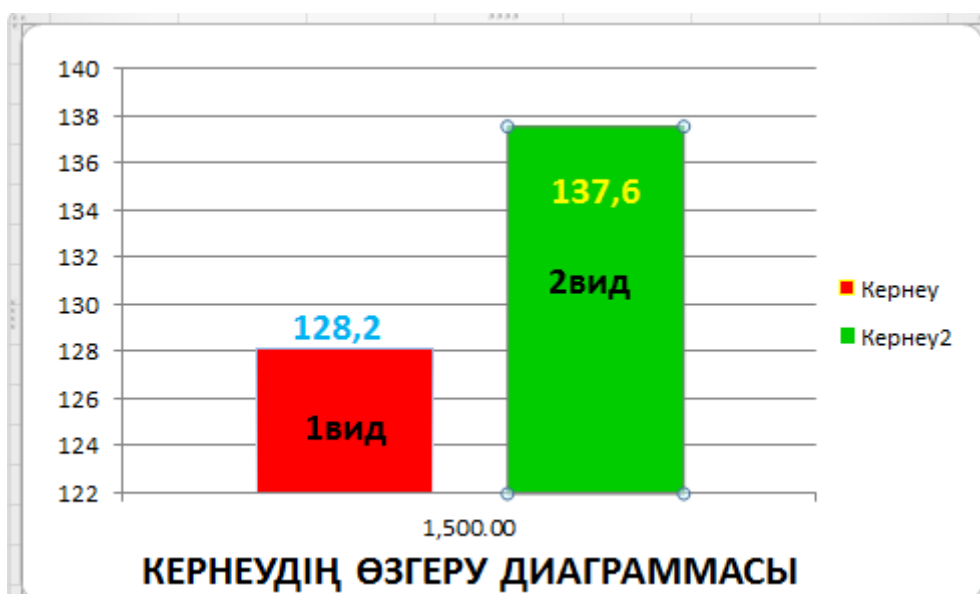
3.22-суретте Тіркемелі бұру механизмiнiң 2500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру төртінші түйінде пайда болған (0.3688мм).



3.22-сурет - Тіркемелі бұру механизмiнiң буындарында пайда болған орын ауыстыру $P=2500\text{H}$

3.3 Қысқаша қорытынды 1-диаграмма:

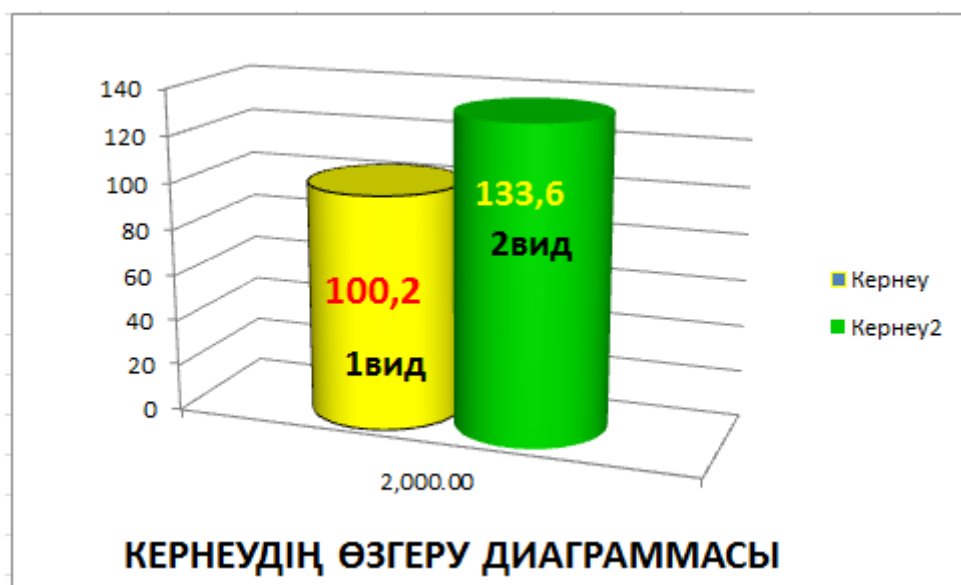
3.26-суретте орналасу күйіне байланысты, 1500 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу екінші көріністе байқалды (**137,6 МПа**)



3.26-сурет - Кернеудің өзгеру диаграммасы

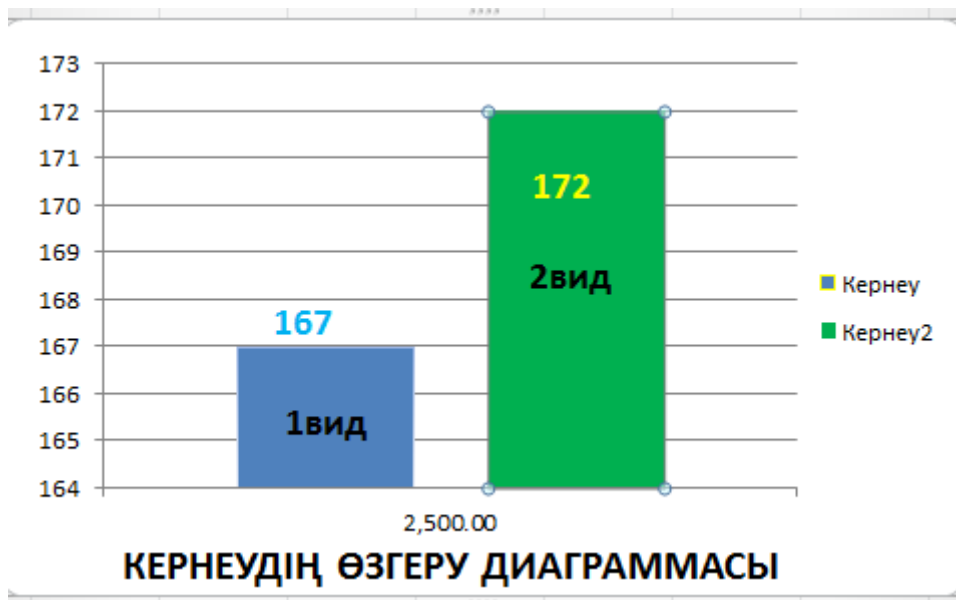
2-диаграмма:

3.27-суретте орналасу күйіне байланысты 2000 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу екінші көріністе байқалды(133,6 МПа)



3.27-сурет - Кернеудің өзгеру диаграммасы

3.28-суретте орналасу күйіне байланысты 2000 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу екінші көріністе байқалды(172МПа)



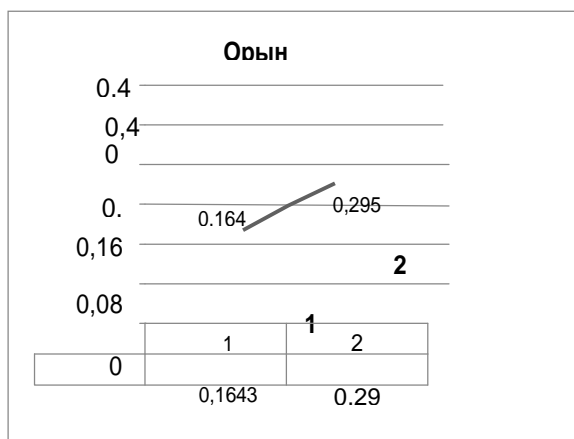
3.28-сурет - Кернеудің өзгеру диаграммасы

3.29-суретте көрсетілгендей 1500 Н күш түсірілген кездегі орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру екінші орналасу күйде (**0,2213 мм**) байқалды.[9]



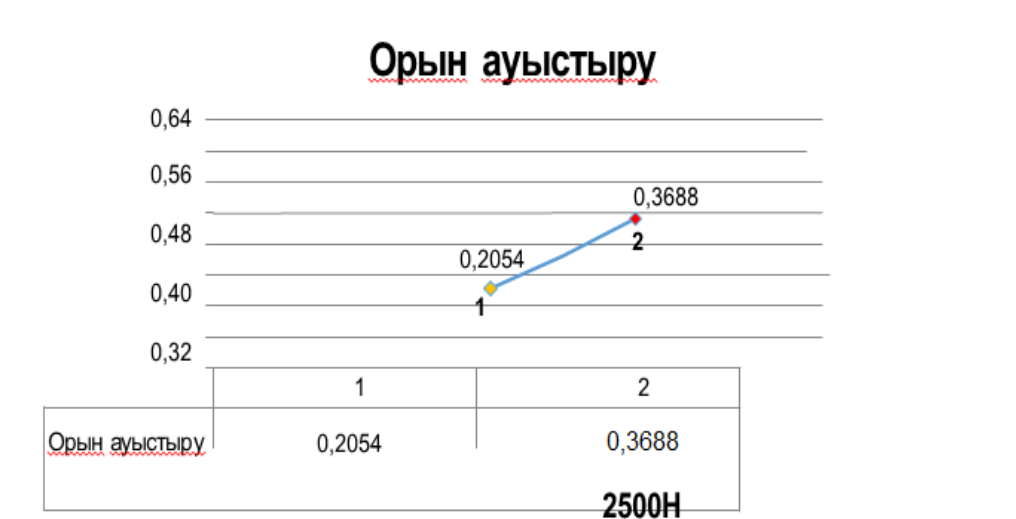
3.29-сурет - Орын ауыстыру өзгеру диаграммасы

3.30-суретте 2000 Н күш түсірілген кездегі , орналасу күйдеге орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру екінші орналасу күйде (**0,295**) байқалды.



3.30-сурет - Орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигі

3.31-суретте 2500 Н күш түсірілген кездегі , орналасу күйдеге орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру екінші орналасу күйде (**0,3688**) байқалды



3.31-сурет - Орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигі

ҚОРЫТЫНДЫ

Берілген дипломдық жұмыста квазистатикалық иілгіш кернеулі-өзгертілген шама, түрлі күштер әсері кезіндегі және олардың түрлі орналасулары кезіндегі жазық тетіктердің тепе-теңдік иілгіш тұрақтылығы толық талданды.

Көп нұсқалық сандық есептеулер арқылы кернеулердің сыртқы күштер мен қиманың көлемдерінен тәуелділігі, сонымен қатар жазық тетіктің квазистатикалық орналасуындағы буындар тұрақтылығының жоғалтуларының иілгіш пішіндері орнатылған.

APM Structured бағдарламалық кешені негізінде, иілгішті-өзгертілетін буындары бар түрлі тетіктің күштік, кинематикалық, геометриялық, иілгіштік параметрлерін, олардың оңтайлы параметрлерін және буындардың беріктік параметрлерін тағайындау мақсатымен, ҚҚС есептелуі жүргізілді

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Жүнісбеков С. Материалдар кедергісі. –Алматы: Бастау, 2011. - 364 б.
- 2 Александров А.В., Потапов В.Д., Державин В.П. Сопротивление материалов: Учеб.для вузов. - М.: Высш.шк., 2004. -560 с.
- 3 Программный комплекс АРМ WinMachine, - М.: Научно-технический центр АПМ.
- 4 Секулович М. Метод конечных элементов, - М.: Стройиздат., 1993.
- 5 Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы, - М.: Мир, 1984, 428 с.
- 6 Мяченков В.И. и др. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: справочник., -М.: Машиностроение», 1989.
- 7 Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам, - М.: Машиностроение,- 1987. –560 с.
- 8 Масанов Ж.К., Сартаев К.З., Абдраимова Г.А. и др. Квазистатика, устойчивость и динамика упругих пространственных механизмов. // Монография. - Алматы: ИММаш им. академика У.А.Джолдасбекова, 2015г. -288 с.
- 9 Джамалов Н.К. AVTAN. Компьютерная программа. Свидетельство о регистрации интеллектуальной собственности №37 от 28.06.01.