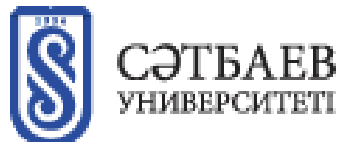


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



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

Маликов Б.Н.

Жүк көтергіш грейфер механизмінің кернеулі деформациялы күйі

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



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

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

Физ-мат. ғыл. д-ры, профессор

А.Қалтаев

2019ж.



### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жүк көтергіш грейфер механизмінің кернеулі - деформациялы күйі»

5B071200 – «Машинажасау» мамандығы бойынша

Орындаған

Б.Н.Маликов

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., ассоц. проф.

Алдаз - Г.А.Абдраимова

« 43 » 05 2019ж

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



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

5B071200 – «Машина жасау»



Дипломдық жұмысты орындауға  
**ТАПСЫРМА**

Білім алушы Маликов Бибарыс Нұрланұлы  
Тақырыбы Жүк көтергіш грейфер механизмінің кернеулі деформациялы күйі  
Университет басшысының «06» қараша 2018 ж. № 1252-б бұйрығымен  
бекітілген  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы « »  
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Механизмнің кинематикалық  
характеристикалары  
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі  
а. Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз. Әдебиеттік-  
патенттік шолу  
б. Негізгі бөлім  
в. Жүк көтергіш грейфер механизмінің кернеулі деформациялы күйі  
г. Негізгі элементтерді беріктікке, қатаңдыққа АРМ FEM жүйесімен  
есептеу  
ж. Жұмыстың қорытындысы  
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)  
Сызбалық материалдар 9 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 шолу	27.02.19	
Негізгі бөлім	12.03.19	
Жүк көтергіш грейфер бөлшектерінің беріктігі	22.04.19	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолқойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Е.Т. Бекенов, техн. ғыл. канд., ассоц. проф.	08.05.2019	

Ғылыми жетекші  Г.А. Абдраимова

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Б.Н. Маликов

Күні “13” 05 2019 ж.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыста объектілер екі түйінмен шектелген түзусызықты элементтердің қосындысы түрінде көрсетілген. Шекті элементті дискретизациялау арқылы стерженді элементтерден құралған механизмдердің квазистатикалық кернеулі деформациялық күйі және серпімді орнықтылығы қарастырылған. Механизмнің серпімді орнықтылықты жоғалтудың талдауы келтірілген. Механизмдердің квазистатикалық орнықтылығы, кернеулі деформациялы күйі буындарының серпімділігін ескере отырып шекті элементтер әдісімен зерттелген. Конструкция эксплуатациялық күшке ғана берік болмай, біршама артық күшке де төзімді болуы қажет. Жұмыста осы зерттеулерге арналған инженерлік АРМ Structured комплексі қолданылып, жоғарғы дәлдікпен нәтижелер алынған.

## **АННОТАЦИЯ**

В дипломном проекте объекты представлены в виде суммы прямых линейных элементов, ограниченных двумя узлами. Квазистатическая упругая устойчивость механизмов, состоящих из стержневых элементов, рассматривалась путем дискретизации элементов. Квазистатическая устойчивость механизмов, напряженно-деформированное состояние исследуются с учетом упругости элементов. В работе для этих исследований использовался программный комплекс АРМ с высокой точностью результатов.

## **ANNOTATION**

In the Diploma Project, the objects are represented as a sum of straight linear elements bounded by two nodes. The quasi-static elastic stability of the mechanisms consisting of stem elements was considered by discretizing the threshold element. An analysis of the mechanism of elastic stability loss of the mechanism is given. The quasi-static stability of the mechanisms, the stress-strain state and stability are investigated by the limiting elements, taking into account the elasticity of joints. The design should be resistant to operational force and be resistant to excessive force. In the work, the APM Structured Engineering Complex was used for these studies, with high precision results.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	6
1	Негізгі ұғымдар	7
1.1	Материалдар механикасының негіздері	9
1.2	Материалдар кедергісінің теориясының негізгі ұғымдары	10
1.3	Шекті элементтер әдісінің идеялары	11
1.4	Машина жасау конструкцияларын есептеу “APM WinMachine” программа жүйесі	12
2	Серпімді буынды механизмнің квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйі	14
2.1	Серпімді сырықты жүйелердің шекті элементтер әдісіндегі негізгі теңдеулері	14
2.2	Серпімді буынды механизміндегі кернеулі-деформациялықкүйді зерттеу алгоритмі	15
3	Жүк көтергіш грейферды беріктікке және орнықтылыққа есептеу	18
3.1	Жүк көтергіш грейфердың орналасу күйлеріне байланысты кернеулі-деформациялы күйлерін есептеу	20
3.2	Жүк көтергіш грейфердың орналасу күйлеріне байланысты орын ауыстыруға есептеу	22
	Қорытынды	27
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	28

## КІРІСПЕ

Сырықтар жүйесінен құрылған механизмдер мен конструкциялар үшін иілу орнықтылығын жоғалту пайда болады және конструкцияда кернеу мен орын ауыстыру күрт өсуіне байланысты жартылай немесе толық жұмыс істеу қабілетін жоғалтуға болады. Сондықтан осы бағытта зерттеу жүргізу конструкцияларды жобалау кезінде тиімді параметрлерді анықтау үшін қажет.

Әр түрлі кинематикалық жұптардан құралған механизмдер шекті элементтер әдісімен орнықтылықты зерттеудің энергетикалық әдіспен зерттелген. Механизмдердің квазистатикалық серпімді орнықтылық зерттеудің механика-математикалық шекті элементті есептеу моделі алынған.

Қазіргі заманғы талаптарға сәйкес динамиканың, машиналар беріктігі есептерін жүйенің деформациялану қасиеттерін ескере отырып шығару тақырыптық актуалділігін көрсетеді. Инженерлік құрылымдардың кернеулі-деформациялық күйін және орнықтылығын материалдар кедергісінің қарапайым әдістермен зерттеу жеткіліксіз болғандықтан серпімділік теориясының, орнықтылық теориясының қазіргі заманға сай методтарын қолдануға болады. Күрделі жүйелердің орнықтылығын аналитикалық әдістермен зерттеу үлкен математикалық қиындықтарға алып келеді, сондықтан орнықтылық есептерін жуықтау әдістермен шешеді. Соның бірі шекті элементтер әдісі (ШЭӘ).Сырықты жүйелер үшін (ШЭӘ) дәл шешім береді.

Жұмыс атқарушы жүк көтергіш грейфер механизмін жобалау және беріктікке есептеуге бағытталған. Жұмыс әр түрлі әдістерді, әдістемелер мен олардың кинематикалық талдануының компьютерлік бағдарламаларын, технологиялық үрдіс талаптарын есептейтін талдау арқылы жүзеге асырылады. Дипломдық жұмыстың өзектілігі: механизмдер мен конструкциялар үшін орнықтылығын жоғалту және конструкцияда кернеу мен орын ауыстыру күрт өсуіне байланысты жартылай немесе толық жұмыс істеу қабілетін жоғалтуын анықтау болады. Жұмыста грейфер механизмнің кернеулік-деформациялық күйін АРМ WinMachine программасымен есептеп, тиімді жобалау жасалды.

# 1 Негізгі ұғымдар

## 1.1 Материалдар механикасының негіздері

Адамның қол және ой еңбегін жеңілдету мақсатында механикалық қозғалыс арқылы энергияны, материалды және информацияны бір түрден басқа түрге айналдыратын жабдық *машина* деп аталады. Негізі машиналарды төрт түрге бөлеміз: энергетикалық, технологиялық, транспорттық және информациялық.

Бір немесе бірнеше қатты денелердің берілген қозғалысын басқа қатты денелердің қажетті қозғалысына айналдырушы денелер жүйесі **механизм** деп аталады.[1]

Механизм құрамына кіретін қатты дене механизмнің *звено*сы деп аталады.

Берілген қозғалысты орындайтын звено - *кірер*, ал қажетті қозғалысты орындайтын звено - *шығар звено* деп аталады.

Кинематикалық жұптар еркіндік дәрежесінің және байланыс шарттарының санына, сондай - ақ жанасушы звенолардың элементтерінің түрлеріне байланысты бөлінеді (классификацияланады).

Звеноның басқа звеномен кинематикалық жұпқа кіруі осы звенолардың салыстырмалы қозғалысына байланыс шарттарын қояды. Байланыс шарттарының саны  $S$  тек бүтін, алтыдан кем және нөлден үлкен бола алады.

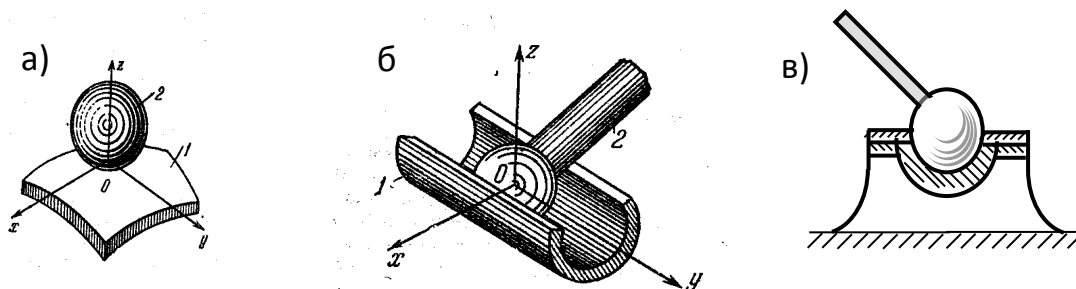
$$H = 6 - S, \quad S = 1, 2, 3, 4, 5 \quad 1 \leq S \leq 5$$

$S = 0$  болғанда жұп болмайды, тек бір-біріне тәуелсіз қозғалатын екі дене ғана болады.

$S = 6$  болғанда кинематикалық жұп қатаң қосылысқа айналады.

Байланыс шарттарының саны  $S$  кинематикалық жұптардың класын анықтайды. Егер  $S = 1$  болса, кинематикалық жұп I класты (...т.с.с) деп аталады.

Мысалы, жазықтықта жатқан шардың 5 қозғалысы бар (1а - сурет), яғни оған бір байланыс қойылған, онда ол I класты кинематикалық жұп. Жазықтықтағы цилиндрдің 4 қозғалысы бар (байланыс саны 2) - II класты кинематикалық жұп (1б - сур.). Сфералық шарнир (1в - сур.) - III класты кинематикалық жұп.



1.1-сурет - Кинематикалық жұптар



**Механизмдердің негізгі түрлері.** Механизмдер әртүрлі белгілеріне қарай классификацияланады. Механизмдер жоғарғы және төменгі жұпты механизмдерге бөлініп, олар жазық және кеңістік бола алады.

Қозғалыстағы барлық нүктелері параллель жазықтықтарда қозғалатын механизм *жазық механизм* деп аталады, ал егер звеноларының қозғалыстағы нүктелері жазық емес траекторияларды сызса немесе траекториялары қиылысатын жазықтықтарда жатса, ондай механизм *кеңістік механизм* деп аталады. Төменгі жұпты механизмдердің ең көп тараған түрі – иінтіректі, сыналы және бұрамалы, ал жоғарғы жұптылар – жұдырықшалы, тісті, фрикционды және т.б. [1]

*Айналшақты-сырғақты механизм*(II) ең көп таралған механизмдердің бірі. Мұнда 1 – айналшақ, 2 – бұлғақ, 3 – сырғақ. Қозғалмайтын бағыттауышқа қатысты қайтымды-ілгерілемелі қозғалыс жасайтын звеноны сырғақ деп атаймыз. Айналшақты-сырғақты механизм кірер звеноның (айналшақ) үзіліссіз айналмалы қозғалысын шығар звеноның (сырғақ) қайтымды-ілгерілемелі қозғалысына түрлендіреді. Ол поршеньді машиналарда, соғу машиналарында және престерде негізгі механизм болып табылады (іштен жану қозғалтқышы, компрессорлар, сорғыштар).

*Кулисалы механизмдер* сүргілеу және қашауыш станоктарында, поршеньді сорғыштарда және компрессорларда, гидроөткізгіштерде қолданылады.

2-звено кулисаның тасы. Бойымен кулистік тас (2-звено) орын ауыстыратын ойық звеноны *кулиса* (3-звено) деп атаймыз. Кулисаның қозғалысы тербелмелі, айналмалы, ілгерілемелі және күрделі болуы мүмкін. Кулиса бағыттаушы болып табылады.

*Жұдырықшалы механизмдер.* Жұдырықшалы механизмдер (1.2-сурет) әртүрлі машиналар, станоктар мен жабдықтарда, әсіресе автомат-машиналарда (іштенжану қозғалтқыштарында, бу машиналарында, турбиналарда, тоқыма.



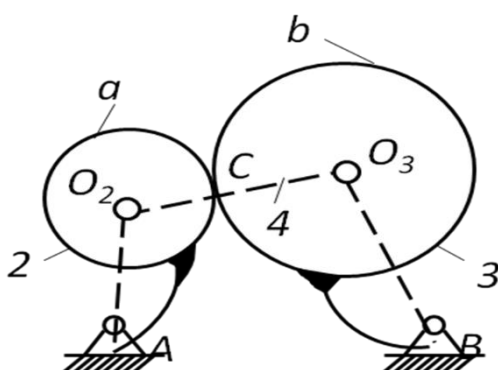
1.2-сурет - Жұдырықшалы механизм

*Тісті механизмдер.* Тісті механизмдер машиналар мен жабдықтарда кеңінен қолданылады.

Тісті механизмдердің ең қарапайым түрі үш звенолы механизм. Бұл механизм екі тісті дөңгелектен тұрады. Бір дөңгелек екінші дөңгелекпен тістері арқылы ілінісіп, айналмалы қозғалысты береді. Тісті механизмдерде іліністер сыртқы, ішкі және рейкалық болып бөлінеді.

*Механизмдердің құрылуының негізгі принципі.* Көп звенолы механизмнің структуралық синтезі үшін (звенолар саны төрттен көп) (1) және (2) формулалары бойынша барлық мүмкін варианттарды іріктеу қиынға соғады. Бұл жағдайда механизмдердің структуралық схемасын Ассур топтары деп аталатын кинематикалық тізбектерді қабаттап тізбектеу арқылы тапқан қолайлы. Механизмдердің құрылуының негізгі принципін 1914 жылы орыс ғалымы Л.В. Ассур берген. Ол белгілі бір структуралық қасиеттері бар кинематикалық тізбектерді тізбектеп және қабаттап қосу арқылы механизмдердің құрылу тәсілін ұсынды және дамытты.

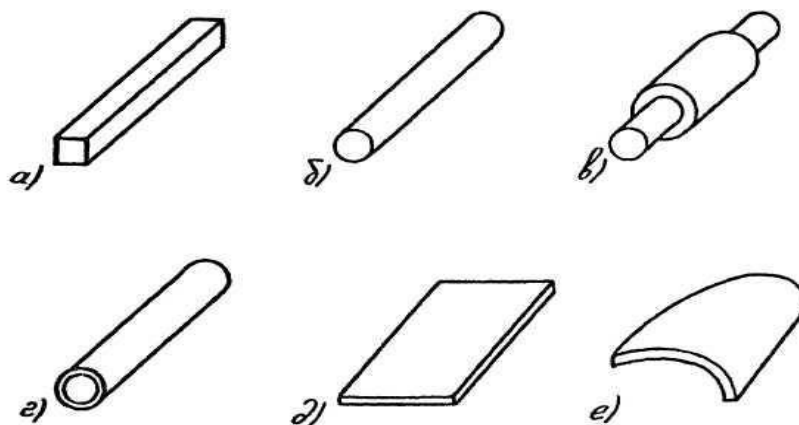
*Алмастырушы механизмдер.* (1.3-сурет) Кей кезде жоғарғы кинематикалық жұпты механизмдерді оған эквивалент төменгі жұпты механизмдермен айырбастау қажеттілігі туады. Жазық механизмдердің құрылымын және кинематикасын зерттегенде көбіне жоғарғы жұптарды V класты төменгі жұптардан тұратын кинематикалық тізбектермен немесе звенолармен алмастыру ыңғайлы болады. Мұндай айырбастаудан соң алынған механизмнің еркіндік дәрежесі және қарастырып отырған жағдайда оның барлық звеноларының салыстырмалы қозғалысы өзгермеуі қажет.



1.3-сурет - Алмастырушы механизм

## 1.2 Материалдар кедергісі теориясының негізгі ұғымдары

"Материалдар кедергісі" қарастырылатын келесі мәселе — конструкция элементтерін беріктікке, катандыққа және орнықтылыққа есептеу[2,3]. Мысал ретінде (1.4-сурет) төменгі ұшы катан бекітілген, бойлық осінің бойымен сығылған стерженьді қарастырайық. Сығушы күштің аз шамаға өсуіне байланысты, стерженьде пайда болатын деформацияның шамасы да аз болса, онда ол өзінің орнықтылық күйін немесе жұмыс істеу қабілетін жоғалтпайды.



1.4-сурет

Сонымен конструкция элементтерінің беріктігін, қатаңдығын және орнықтылығын зерттейтін ғылым *материалдар кедергісі* деп аталады.

*"Материалдар кедергісі ғылымының даму тарихына қысқаша шолу"*

"Материалдар кедергісі" ғылымының өсіп дамуы өндіргіш күштердің, техниканың өсіп жетілуімен тікелей байланысты. Сондықтан, материалдарды есептеу әдістері де тұрақты болып қалмай, дамып өзгеріп отырады.

"Материалдар кедергісі" ежелгі ғылымдардың бірі. Ерте кезден адам баласы өз өмірін қамтамасыз ету үшін еңбек құралдарын, кішігірім құрылыстарды жасай отырып, рычагтың пайдалы қасиеттерін, механиканың негізгі заңдарын түсіне бастаған.

"Материалдар кедергісі" ғылымының негізін қалаушы деп атақты итальян ғалымы, математика профессоры Галилео Галилейді атайды. Оның 1638 жылы жазылған "Екі ғылым саласына қатысты математикалық дәлелдемелер мен әңгімелер" деп аталатын еңбегінде материалдардың кедергісі мен динамикаға байланысты бірнеше есептердің шешімдері берілген.

Галилей инженерлік құрылыстарды салуға тікелей өзі араласты. Конструкциялық және құрылыс материалдарының кедергісін зерттей отырып: "Дененің үш өлшемдерін өзара пропорционал өсіргенмен, оның беріктігі пропорционал өспейді" деп тұжырым жасады.

"Материалдар кедергісі" жеке ғылым болып, Галилей заманынан 200 жылдан кейін қалыптасты. Бұл жерде француз ғалымы Навьенің қосқан елеулі үлесін атап өткен дұрыс. Егер бұрынғы инженерлер конструкциялардың қирауына соқтыратын күштер шамасын есептесе, Навье конструкцияның жұмыс істеп тұрған күйін ескере отырып есептеуді ұсынады. Сонымен қатар, "Материалдар кедергісі" ғылымына сыртқы күш әсерінен денеде пайда болатын ішкі күштерді сипаттайтын *кернеу* деген физикалық түсінік енгізді. Навье ұсынған әдіс бойынша, конструкция элементтері сенімді жұмыс істеу

үшін, олардың көлеміндегі ең үлкен кернеу, тәжірибе жүзінде анықталған материалдардың мүмкіндік кернеуінен кіші болуы тиіс.

*"Материалдар кедергісі" пәнінде қабылданатын жорамалдар*

*Бірінші жорамал.* Кез келген дене есептелгенде үздіксіз тұтас орта деп қарастырылып, оның дискреттік (атомдық) құрылымы ескерілмейді.

*Екінші жорамал.* Машина бөлшектері біртекті, яғни олардың кез келген нүктелерінің қасиеттері бірдей.

*Үшінші жорамал.* Материалдар изотропты, яғни олардың механикалық қасиеттері барлық бағытта бірдей. Ғылыми зерттеулердің көрсетулеріне қарағанда, материалдардың құрамына кіретін кристалдардың әр түрлі бағыттардағы қасиеттері бірдей емес. Мысалы, мыс кристалдарының әр түрлі бағыттардағы механикалық қасиеттерінің өзара 3 еселік айырмашылығы бар. Бірақ, материалдарда ретсіз орналасқан кристалдардың өте көп болуына байланысты, олардың кез келген бағыттағы қасиеттері өзара теңеледі.

Әр түрлі бағыттарда механикалық қасиеттері бірдей емес материалдарды *анизотропты материалдар* деп атайды.

*Төртінші жорамал.* Күш түскенге дейін денеде ішкі кернеу жоқ.

*Бесінші жорамал.* Күш әрекеттерінің тәуелсіздік принципі (суперпозиция принципі).

*Алтыншы жорамал.* Сен-Венан принципі. Бұл принцип бойынша, конструкция элементінің сыртқы күш түсірілген жерінен жеткілікті қашықтықта жатқан нүктеде пайда болған ішкі кернеу, сыртқы күшті түсіру әдісіне байланысты емес. Мысалы, көп тіректі темір жол рельсінің есептеу схемасын құрғанда, дөңгелектен рельске кішігірім аудан арқылы берілетін бірқалыпсыз таралған күшті, нүкте арқылы берілетін, қадалған күшпен ауыстыруға болады.

### **1.3 Шекті элементтер әдісінің идеялары**

Шекті элементтер әдісі (ШЭӘ) физикада және техникада кездесетін дифференциалдық теңдеулерді шешетін сандық әдіс болып табылады.

Шекті элементтер әдісі, дифференциалдық теңдеулерді шешудің, сандық әдісі болып табылады [4,5,6]. Бұл түрде ол, математикалық модельді құру әдісі де, және оны зерттеу әдісі де болады. Әдістің негізгі ойы, қарастырылып отырған аймақтағы үздіксіз көлем, аймақтың соңғы санында анықталған, бірнеше бөлікті-үзіліссіз функциялармен жуықталады.

Үздіксіз көлем, координаттардың скалярлық функциясы бола алады, мысалға температура, немесе векторлық функция, мысалға өзгеретін дене нүктелерінің қозғалуы бола алады.

1. Ілгіш дененің қарастырылып отырған аймағында, нүктелердің соңғы саны жазылады. Бұл нүктелер, түйіндер деп аталады. Ары қарай, ортақтықты жоғалтпай, түйіндегі белгісіз функция, бір мімен анықталады деп болжаймыз.

2. Әр түйіндегі анықталуы қажет  $v$  үзіліссіз функцияның мәні, айнымалы деп саналады.

3. Аймақ, элементтер деп аталатын, аймақ іштерінің соңғы санына ұсақталады. Бұл элементтер ортақ түйіннен тұрады және жинақталғанда иілгіш дененің пішініне жуықтайды.

4. Әр элементтердегі үздіксіз функциясы, пішін функциясы деп аталатын, элементтің ішіндегі және шекарасындағы мәні түйіндердегі функция мәндері арқылы анықталатын,  $\varphi_{k,i}$  полиномды функциямен аппроксимацияланады. Мұндағы киндексі элементке қатысты, ал  $i$  индексі – түйінге. Әр элемент үшін, өзіндік полиномдар тағайындалады, бірақта олар, элементтер шекарасынан өту кезінде  $\varphi_{k,i}$  функциясына қатысты кейбір шарттар орындалатындай қылып таңдалады. Элементтер шекарасынан өту кезінде, соңғы элементтер әдісінің классикалық іске асыруындағы функция, үздіксіз болып қалу қажет.

Бағдарлама тұтынушысы үшін, элемент пішінінің функциясы, қолданылатын элементтің типін таңдау арқылы анықталады. Әр элементтің ішіндегі орын ауыстырулардың өрісі, оның пішінінің функцияларымен және оның түйініндегі орын ауыстыру мәндерімен анықталады.

#### **1.4 Машина жасау конструкцияларын есептеу “APM WinMachine” программа жүйесі**

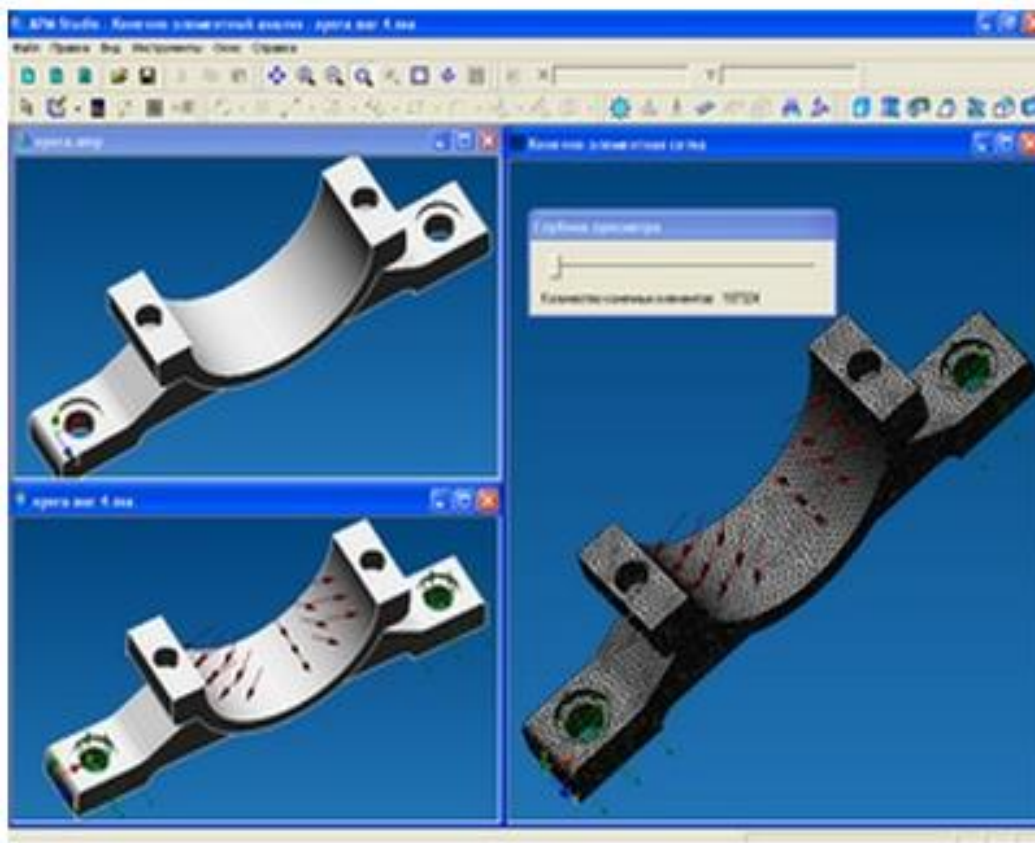
APM WinMachine- заманауи инженерлік жобалау әдістерін және үйлесімді дизайнерлер, механикалық инженерлер мен компьютерлік техника мен технологияны мүмкіндіктері бар басқа мамандардың ұрпақ тәжірибесін үйлестіре механика, математика және модельдеу озық сандық әдістер негізінде құрылған жоғары технологиялық құрал болып табылады [ 7].

APM WinMachine мынадай міндеттер:

- инженерлік әдістерін пайдалана отырып, механикалық жабдықтар мен оның компоненттерін жобалау және талдау;
- еркін қамтамасыз статикалық немесе динамикалық тиеуге кез келген күрделі үш өлшемді объектілерді кернеулі-деформацияланған күйін талдау;
- жобалау құжаттамасын құру;
- Дизайн және есептеу процестері.

APM Graph - табысты инженерлік, ғылым, сәулет және құрылыс түрлі салалардағы жобалау құжаттамасын графикалық бөлігін безендіру үшін пайдаланылуы мүмкін екі өлшемді графикалық редакторы.

APM Studio (1.5-сурет) - модельдеу және импорт модулі (ҚАДАМ импорт пішімдерін қолдау) үш өлшемді бетіне және қатты модельдеу құралдарын және нұсқаулар әртүрлі жүктер өтініш қолдайды және кірістірілген генераторы бөлшектемей, ақырлы элементтер меш ішіне. Модульдің негізгі мақсаты - ақырлы элементтер талдау модулі APM Structure3D үшін жасанды немесе импортталған геометрия дайындау

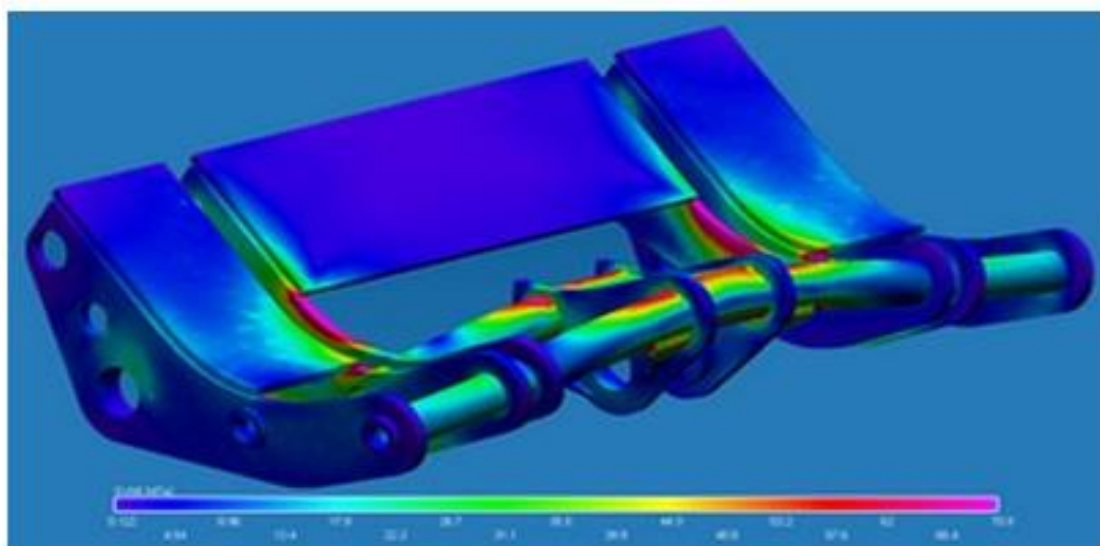


1.5-сурет-“ APM Studio ”

APM Structure3D (1.6-сурет) модуль штанг, пластина, Shell және қатты құрылымдардың, сондай-ақ еркін комбинациялар стресс-деформацияланған күйі есептеу үшін арналған. АPM ол химиялық жоғарыда оларды жинау, қолданыстағы құрылымдары әр түрлілігі шеңберінде есептеуге болады етіп ұйымдастырылған Structure3D. Құрылымдар мен олардың элементтері ақырлы элементтер тормен дайындаған және опциндар мен тиеу бекіту 2D және 3D графика редакторлар DXF-форматында арқылы немесе тікелей APM Studio модуль арқылы редакторы конструкцияларда импорттауға болады. Сыртқы жүктеме, сондай-ақ құрылымы фиксинг шарттары сияқты және орналасқан жері бойынша сипаты ерікті болуы мүмкін.

Барлық жобалық шешімдер немесе олардың бөліктері адам мен ЭЕМ-ның әрекеттесу жолымен шешім кезіндегі жобалау, автоматандырылған деп атайды. Уақытты және жасап шығарудың бағасын немесе өнімнің шығарылуын қысқарту үшін автоматандырылған жобалаудың (computer-aided design — CAD), автоматты өндірістің (computer-aided manufacturing — CAM) және автоматты дайындық немесе құрылымдаудың (computer-aided engineering — CAE) технологияларын пайдаланады.

*Температуралық жүктемені сырықтық немесе пластиналық элементтерге салған кезде термосернімділік есептерін шығару*



-сурет-“ APM Structure3D ”

Егер температуралық жүктемелер APM Structure 3D көмегімен түйіндерге емес сырықтық және/немесе пластиналық элементтерге салынса, термосерпімділік есебі ғана (жүктемелердің басқа түрлерімен байланыста) шығарылуы мүмкін. Алайда температуралар таратылуының суретін алуға мүмкіндік болу үшін, температураны модель түйіндерінде беру дұрыс.

Модельдердің есепке жіберілуі стандартты тәсілмен жүргізіледі: «Есептеу» менюсынан «Есептеу...» опциясын, ал «Есептеу» ашылған сұхбат терезесінен-«Статикалық есепті» таңдаймыз.

## 2 Серпімді буынды механизмнің квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйі

### 2.1 Серпімді сырықты жүйелердің шекті элементтер әдісіндегі негізгі теңдеулері

Жазықтықтың квазистатикалық тұрақтылығын және кеңістіктік кедергі механизмдерін зерттеу маргиналды элемент әдісімен жүзеге асырылады. Тегіс және жалпақ құрылым құрылымдарда жылжымалы және өзара байланысты элементтерге бөлінеді [4,5,8].

*Сырықты элементтің орын ауыстыру функциялары*

Есептелген элемент «e» тұрақты қимасы бар және ұшақтың бүкіл ұзындығы гипотеза деп есептеледі. Сонда жергілікті координат жүйесіндегі карапайым дифференциалды иілу теңдеуі мен бойлық созылу келесідей:

$$\begin{aligned}\frac{d^4 v}{d\xi^4} &= 0, \\ \frac{d^2 u}{d\xi^2} &= 0, \quad (2.1)\end{aligned}$$

*Сырықты “e” элементтің күштік сипаттамалары мен түйіндегі кинематикалық сипаттамалар арасындағы байланыс*

Сыртқы күштер N, Q және июші момент M әсерінен “e” элементтің кезкелген нүктесінде  $\varepsilon_\xi$  бойлық деформация, ось қисығы  $\bar{\chi}$  және бұралу бұрышы  $\chi$  белгіленеді және олар u, v және  $\varphi$  кинематикалық сипаттамалар арқылы былай жазылады.

$$\begin{aligned}\varepsilon_\xi &= \frac{du}{d\xi}, \\ \bar{\chi} &= \frac{d^2 v}{d\xi^2}, \quad (2.2) \\ \chi &= \frac{d\varphi}{d\xi},\end{aligned}$$

Гуктың жалпылама заңының теңдеуі деформация  $\varepsilon_\xi$ , бұрылу бұрышы  $\bar{\chi}$ , ығысу  $\chi$  және бойлық күш N, көлденең күш Q және июші момент M арасындағы байланыс былай жазылады:



$$\begin{aligned}
 N &= EF \varepsilon_{\xi} = EF \frac{du}{d\xi}, \\
 Q &= EJ_x = EJ \frac{d\varphi}{d\xi}, \quad (2.3) \\
 M &= EJ_y \bar{\chi} = EJ_y \frac{d^2 v}{d\xi^2},
 \end{aligned}$$

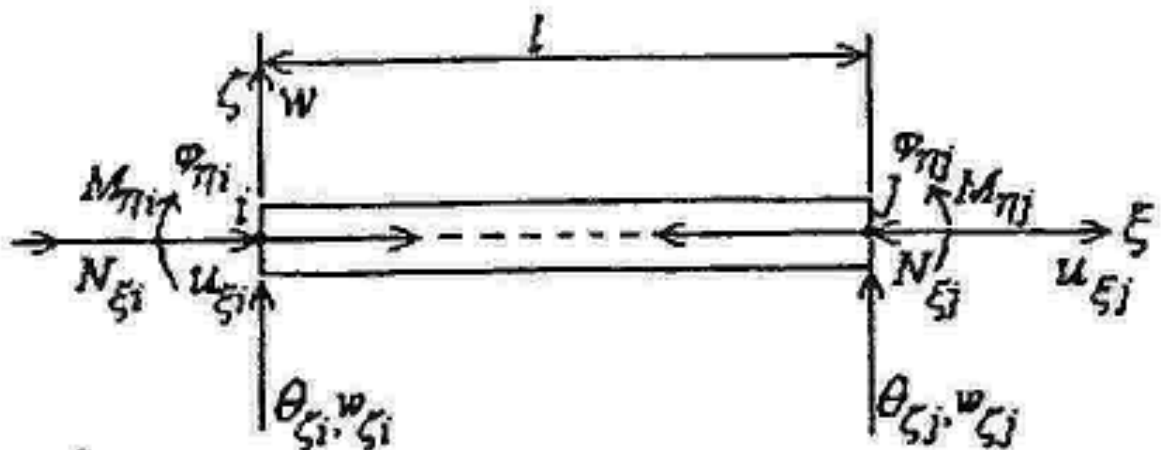
## 2.2 Серпімді буынды механизміндегі кернеулі-деформациялық-күйді зерттеу алгоритмі

*Серпімді буынды кеңістіктік механизмнің квазистатикалық орнықтылығын зерттеу алгоритмі*

Қатты дененің деформацияланған механикасының негізгі мәселесі - анықтау, деформация және кернеуді анықтау. Эластикалық теорияның негізгі теңдеулері осы теңдеулерді анықтау үшін қолданылады: теңдеу теңдеуі, Коши теңдеулеріне арналған Гук жалпы заңы және серпімді шыбық элементтері. Негізгі теңдеулерді, гипотезаларды және шекті элементтің әдістерін қолдана отырып, екі түйіндік калькулятор жеке координат жүйесіндегі кез келген нүктенің қозғалатын компоненттерін анықтайды.

Тұрақты қаттылықтың тік қаттылық қабырғаларына жақындаған еркін нысандар жағдайының тұрақтылығын және стретік өзгерістердің тұрақтылығын шешуге арналған. Есептеу жүйенің түйіндерінде жинақталған күштер мен қозғалыстар бойынша жүзеге асырылады және жүктің шеттері бойынша біркелкі бөлінеді. (2.1-сурет)

Түзусызықты сырықты «e» элементтің ЛКЖ-де орнықтылық матрицасы анықталады.



2.1-сурет- j түйіндегі орын ауыстырулар мен ішкі күштер компоненттері

1 - элемент ұзындығы; u, v-сызықты орын ауыстыру; φ-бұрыштар,  $Q_{\xi}, Q_{\eta}$ ,  $N_{\xi}, N_{\eta}$  - күштер;  $M_{\xi}, M_{\eta}$  - моменттер.

Элемент созылып-сығылу және иілуге жұмыс істейді; ығысу деформациясын ескерілмейді. Сондықтан Коши теңдеуі былай жазылады:

$$\varepsilon_x = \frac{du}{d\xi} - \eta \left( \frac{d^2 w}{d\xi^2} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{dw}{d\xi} \right)^2 \quad (2.5)$$

Мульти-осьтік элементтері мен кинематикалық жұптарының көмегімен тетіктердің сыни күштерін анықтау аса күрделі есептеулерге алып келеді. Бұл жағдайда шамамен  $R_{kg}$  мәнін анықтаудың бір әдісі - бұл флипчарт үшін анық шешім беретін энергия әдісі. Энергетикалық әдіс жүйенің тұрақты тепе-теңдігін ең төменгі мәнге ие жүйенің толық энергиясын зерттеуге негізделген. Тұрақты тепе-теңдікті жүйенің тұрақтылығынан ауытқуы энергияның өсуіне әкеледі. Сыни күш - жүйенің теңгерімінен оның жалпы энергиясын жоғарылата алмайтын минималды күш. Лагранж теоремасының белгілі механикасына сәйкес, оның энергиясы ең аз тепе-теңдігінде болса, жүйенің тепе-теңдігі тұрақты. «Е» элементінің жалпы энергиясы  $U^e$  деформациялық энергиясы мен сыртқы қуат әлеуеті мен байланысынан тұрады [4,5,8]

$$U = U^e + V^e \quad (2.6)$$

Сырықты элемент үшін деформация энергия:

$$U^e = \frac{1}{2} \int_{V^*} E \varepsilon_{\xi}^2 dF d\xi \quad (2.7)$$

Мұнда,  $V^* = dF d\xi$

жоғарғы ретті мүшелерін ескермей кетіп, тармақталуға дейін остік күш  $N$  деформациямен сызықты байланысқан деп есептеп:

$$N_{\xi} = EF \frac{du}{d\xi}, \quad (2.8)$$

Сызықтандырылған теңдеу алынады

$$U^e = \frac{1}{2} \int_l \left[ EF \left( \frac{du}{d\xi} \right)^2 + EJ_{\eta} \left( \frac{d^2 w}{d\xi^2} \right)^2 + N_{\xi} \left( \frac{dw}{d\xi} \right)^2 \right] d\xi, \quad (2.9)$$

Мұнда,  $E$  - серпімділік модулі,  $F$  - көлденең қиманың ауданы,  $J_{\eta}$  - есептеуші «е» элементтің инерция моменті. Деформация энергиясы бір-

бірімен байланысты емес остік деформация энергиясы және иілу деформация энергиясынан тұрады, яғни

$$U^e = U_a^e + U_f^e,$$

мұнда  $U_a^e$  - остік деформация энергиясы:

$$U_a^e = \frac{1}{2} \int_F EF \left( \frac{du}{d\xi} \right)^2 d\xi \quad (2.10)$$

ал  $U_f^e$ , - иілу деформациясының энергиясы:

$$U_f^e = \frac{1}{2} \int_l \left[ EJ \left( \frac{d^2w}{d\xi^2} \right)^2 + N_\xi \left( \frac{dw}{d\xi} \right)^2 \right] d\xi \quad (2.11)$$

Элемент созылып-сығылу және иілуге жұмыс істейді деп есептеп келесі теңдеу алынады.

Сонымен есептеуші элементтің толық потенциалды энергиясы мынаған тең:

$$\Pi_p^e = U^e + V^e = \frac{\{\delta_n^e\}^T}{2} [k_n] \{\delta_n^e\} + \frac{\{\delta_n^e\}^T}{2} [c_n] - \{\delta_n^e\}^T \{f^*\} \quad (2.12)$$

Барлық шекті сырықты элементтер жүйесі үшін потенциалды энергия әрбір элементтің потенциалды энергиясының қосындысынан алынады

### 3 Жүк көтергіш грейферды беріктікке және орнықтылыққа есептеу

Бүгінде индустриалды-өндірістік қызметтің әртүрлі салаларында жиі-жиі қолданылатын құрал болып табылады. Бұл, әдетте, тұтқыр және жүктеу операциялары үшін кран жабдығына бекітілген, алынбалы табиғаттың арнайы аспалы құрылғысы. Бұл құрылғылар қатты және көлемді материалдармен немесе жүкті жүктемелермен жұмыс істеуге арналған.



3.1-сурет – Жүк көтергіш грейфер механизмі

Бұл құрылғы кран операторының тікелей басқаруымен жұмыс істейді. Көрсетілген жабдықпен жұмыс өте оңай және қандай да бір арнайы дағдыларды қажет етпейді, себебі барлық операциялар үш кезеңде жүзеге асырылады. Бұл жүктемені бір мезгілде алып тастау және одан кейін құрылғы шелегіне тасымалдауды жүзеге асыра отырып, егеуқұйрықты іске қосу, босату және қысу.

Қуат блогының қақпақтары екі түрге бөлінеді: гидравликалық және электро гидравликалық. Бір опцияны пайдалану немесе экскаватордың немесе кранның гидравликалық жүйесіне тәуелді болады.

Гидравликалық (3.2 – сурет)

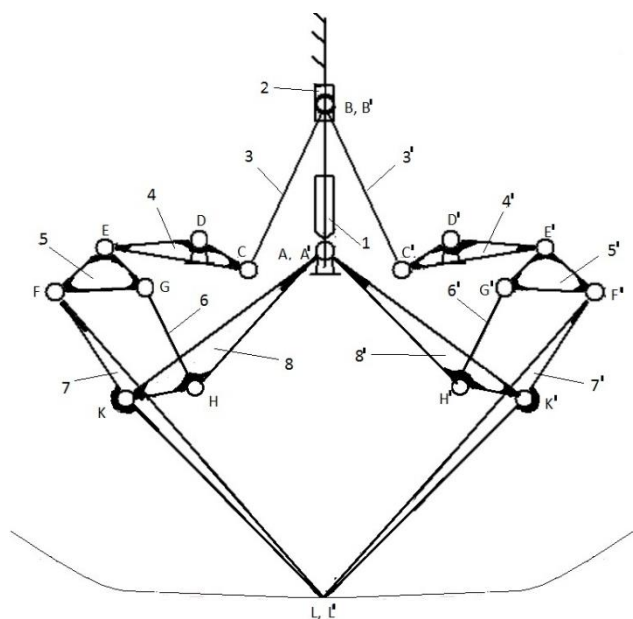
Бұл түрдегі қапшықтар кранға немесе экскаватор бумдарына орнатылады және әр жүзді басқару үшін машинаның гидравликалық жүйесін пайдаланады. Бақылауды кабинаның жұмысшы органдары жүзеге асырады.



Модель	ЛМ-1	ЛМ-2
Объем кузова, куб. м.	24,27,30	27,30
Модель манипулятора	ОМТ-97М	ОМТ-120М-01
Вылет стрелы, м	7,3	8,5
Грузоподъемность макс. вылет/мин. вылет, кг	1360/3300	1440/3060
Масса манипулятора	2260	2500
Модель грейфера	ГЛ-1/ГЛ-2	ГЛ-1/ГЛ-2
Объем куб.м.	0,20	0,20
Масса, кг	315/356	315/356
Количество челюстей	6	6

### 3.2 - сурет- Грейфер механизмі және характеристикасы

Грейферда А, D, D1 және бекітілген ілгектерге арналған тігінен басқарылатын сырғымасы орнатылған (3.3-сурет) тасымалдаушы элемент бар. 2 сырғытпасы гидравликалық цилиндрмен А және В топсалары арқылы мойынтірек элементімен байланыстырылған. Ұстағыш механизмі 3, 4, 5, 6, 7, 8, 3I, 4I, 5I, 6I, 7I, 8I тиісінше. Төртінші сыныпты IV (E, F, G, R, H, A) және IVI (EI, FI, GI, RI, HI, AI) Ассур группасы, А, AI Бұл топсаның айналу осі сәйкес келеді) олар тірек элементімен байланысты. Сыртқы ілмектер Е және EI жетекші жүгірткі 2, 2, 3, 4 және 3I, 4I екі тұтқыш байланыстары арқылы қосылады[9].



3.3-сурет

Грейфер келесідей жұмыс істейді. Жетекші жүгірткі 2 гидравликалық цилиндрмен басқарылады. Жетекші сырғытпа өз кезегінде леберлік жүйелерді бір мезгілде іске қосады, ал жұмыс аймағындағы шелек шеттері L және LI түзу жол бойымен қозғалады, бұл тегіс беттің жүктемесін толығымен таңдауына ықпал етеді, мысалы с, бетон немесе асфальт беті және т.б.

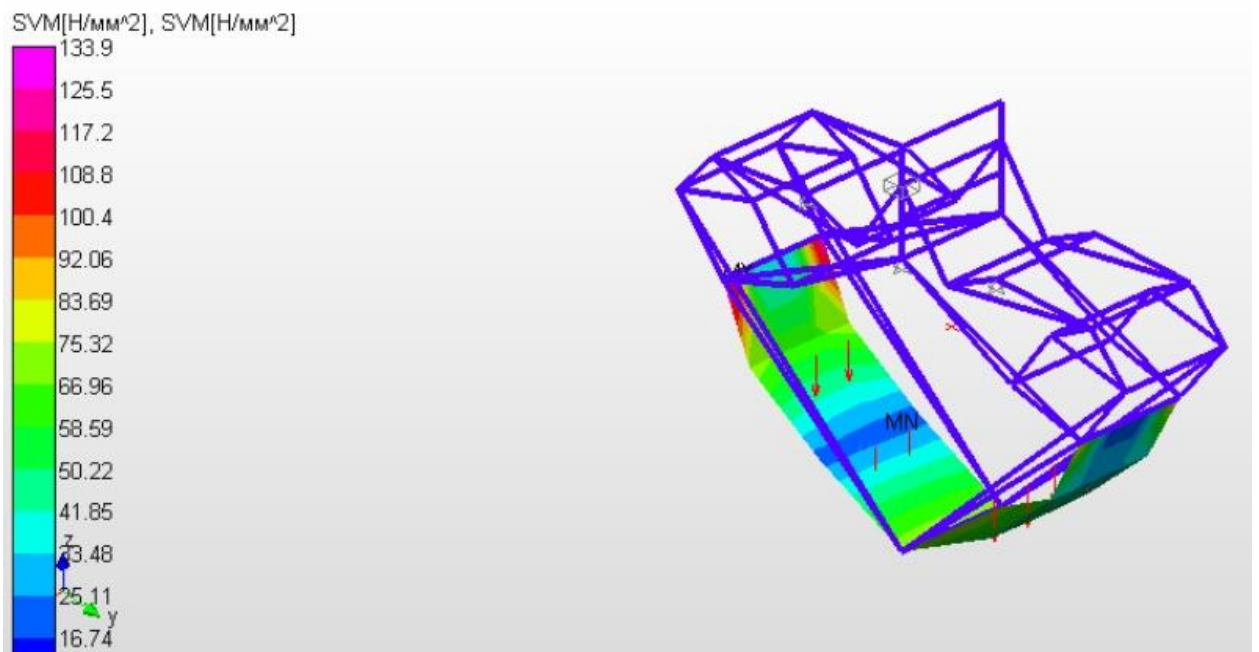
### 3.1 Жүк көтергіш грейфердың орналасу күйлеріне байланысты кернеулі-деформациялы күйлерін есептеу

APM WinMachine бағдарлама жүйесінде есептеу нәтижесінде келесі нәтижелер алынған.

Конструкцияның сырықты элементтерінде пайда болған кернеулер, орын ауыстырулар, орнықтылығын жоғалту формасы әр түрлі түспен көрсетілген.

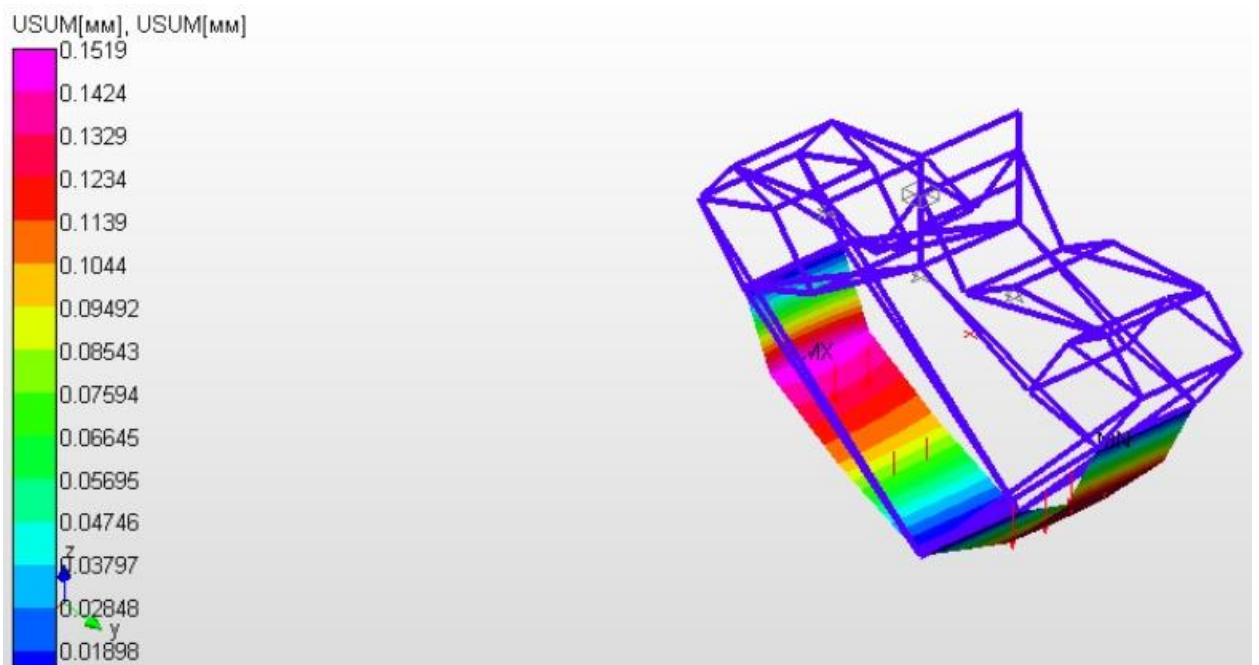
1 орналасу күйі:

3.4-суретте грейфердың элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1 орналасу күйінде  $P=150\text{H}$  таралып түсірілген күштің әсерінен ең үлкен кернеу  $133.9\text{ МПа}$  тең. Ең аз кернеу  $16.74\text{ МПа}$  тең.



3.4-сурет – механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу. P=150Н

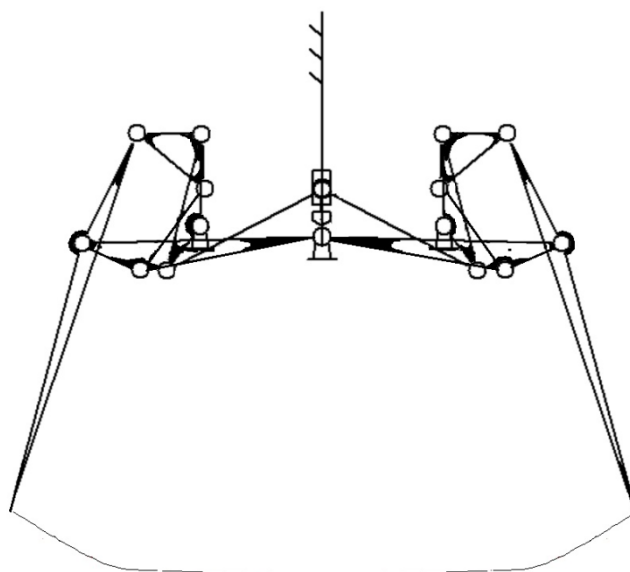
3.5-суретте грейфер буындарында P=150Н күш түскенде пайда болған орын ауыстыру көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру 0.1519 мм пайда болды.



3.5-сурет – грейфер буындарында пайда болған орын ауыстыру

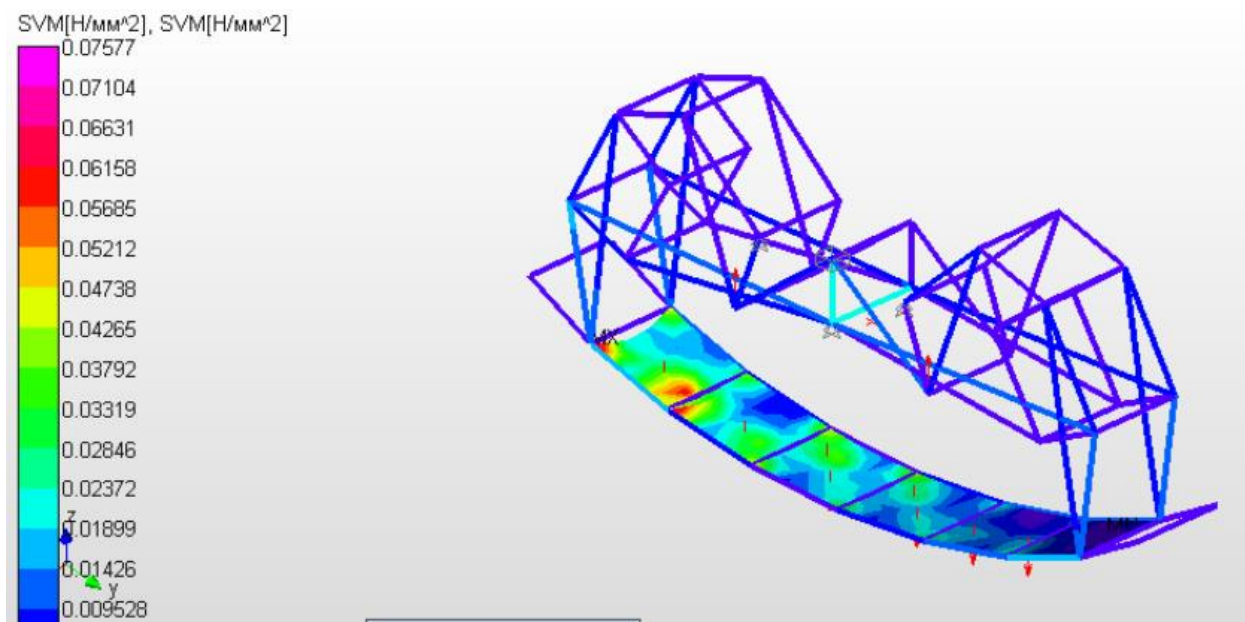


2 орналасу күйі:



3.6 –суретте- Грейфер механизмінің 2 орналасу күйінің есептеу схемасы

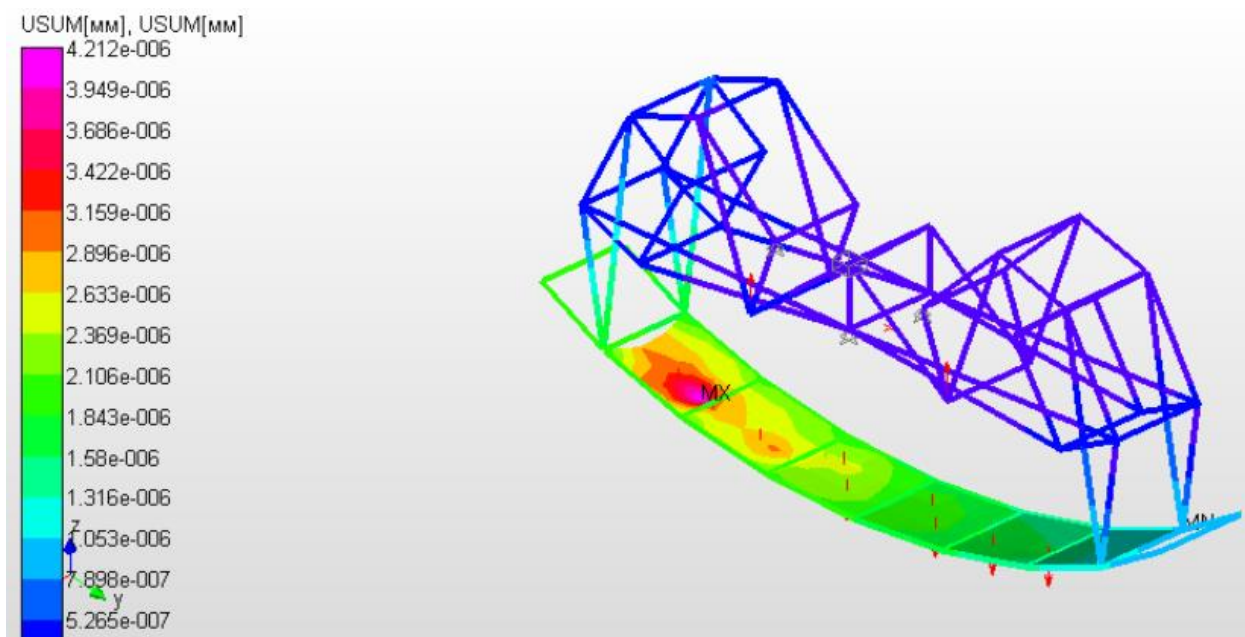
3.7-суретте 2орналасу күйіндегі элементтерде пайда болған эквивалентті кернеу. Ең үлкен шамасы 0.07577 МПа тең, ал ең кішісі 0,009528 МПа.



3.7-сурет – 2 орналасу күйіндегі элементтерде пайда болған эквивалентті кернеу. P=70H



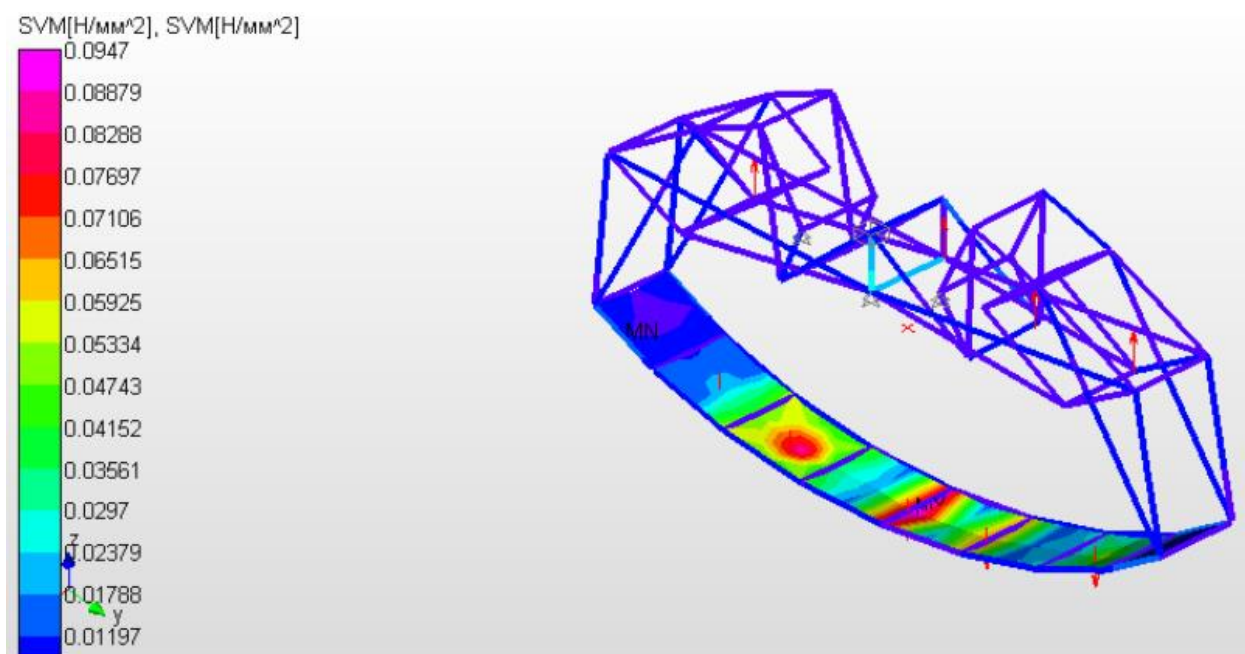
3.8-суретте 2 орналасу күйдегі элементтерге  $P=70\text{H}$  күш түскенде пайда болған орын ауыстыру көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру  $4.212\text{ мм}$  болды.



3.8-сурет - грейфер буындарында пайда болған орын ауыстыру

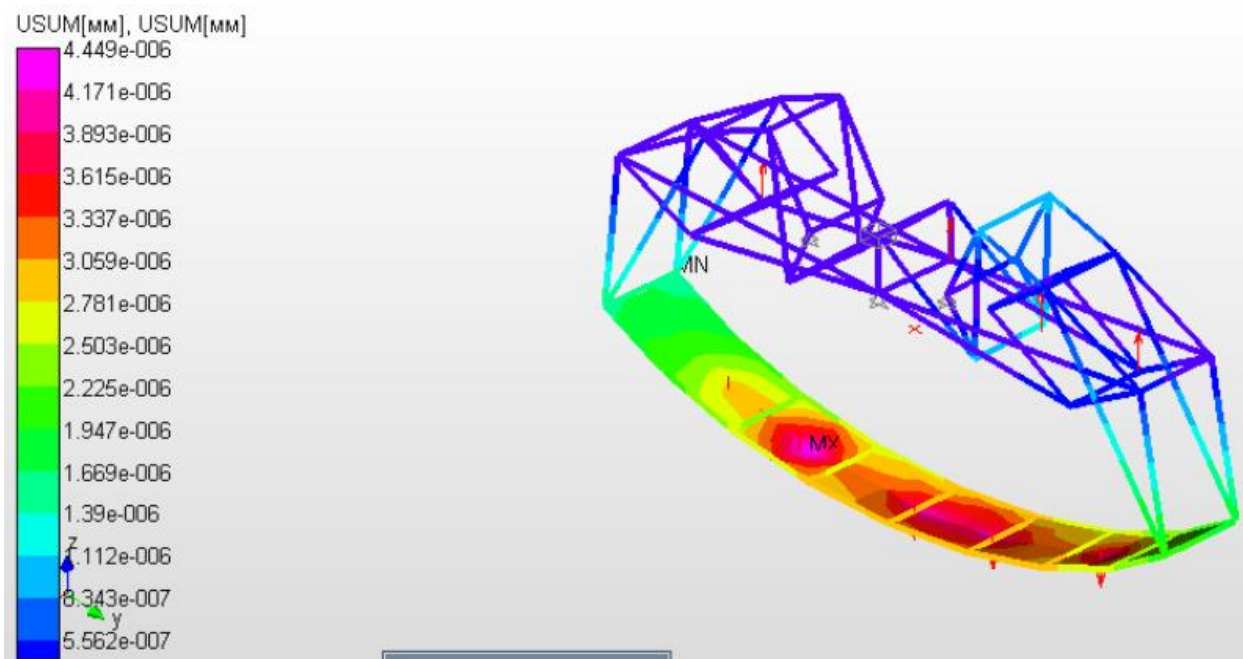
3 орналасу күйі:

3.9-суретте 3 күйдегі элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Ең үлкен мәні  $0,0947\text{ МПа}$  тең, ал ең кішісі  $0,01197\text{ МПа}$ .



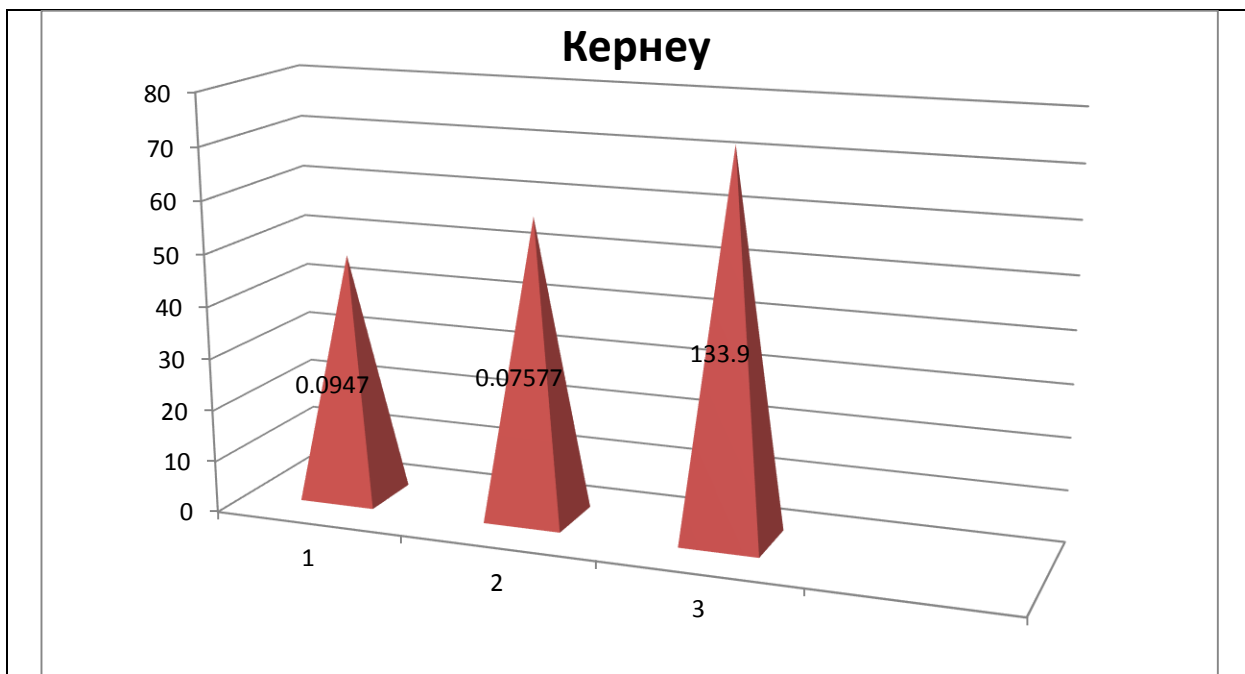
3.9-сурет - 3 күйдегі элементтерде пайда болған эквивалентті кернеу.  
 $P=10\text{H}$

3.10-суретте 3 күй,  $P=10\text{H}$  күш түскенде пайда болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру  $4,449\text{ мм}$  болды.



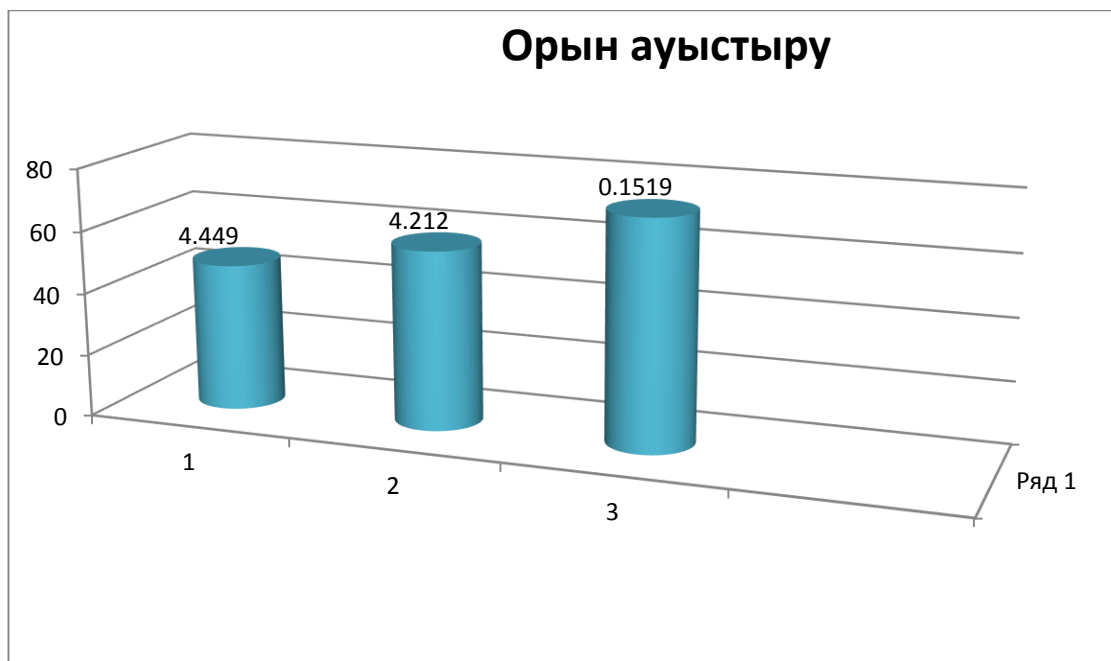
3.10-сурет - грейфер буындарында пайда болған орын ауыстыру

3.11-суретте- 3 орналасу күйіндегі пайда болған кернеудің диаграммасы



3.11-суретте-Грейфер элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу

3.12 -суретте-3 орналасу күйіндегі орын ауыстыру диаграммасы



3.12-сурет- Грейфер буындарында пайда болған орын ауыстыру

## ҚОРЫТЫНДЫ

Шекті-элементті әдісінің модельдеу арқылы жазық механизмнің серпімді квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйіне зерттеу жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің негізгі нәтижелері мыналар:

- Бірінші тарауда машина механизмдер теориясының, материалдар кедергісінің, шекті элементтер әдісінің негізгі түсініктері көрсетілген.
- Екінші тарауда кернеулі-деформация күй мен орнықтылықты зерттеудің шекті элементтер әдісінің негізгі теңдеулері мен алгоритмі келтірілген.
- Үшінші тарауда грейфердың кернеулі-деформациялы күйі мен орнықтылығы ``APM WinMachine`` программа жүйесінде есепеліп, көп вариантты нәтижелер алынған.

Алынған сандық мәндер бойынша Excel және ``APM WinMachine`` программалары арқылы механизмнің әр түрлі орналасу күйіндегі элементтерде пайда болған кернеулермен орын ауыстырулар анықталды.

- Ең үлкен эквивалентті кернеу жүк көтергіш грейфер механизмнің 1ші орналасу күйінде 133.9 Мпа тең болды

- Механизм өзінің екінші квазистатикалық орналасу күйінде орнықты. Ең үлкен орын ауыстыру 1ші орналасу күйінде 0.1519 мм тең болды.

- Жасалған есептеулер бойынша жүк көтергіш грейфер механизмнің тиімді жұмыс істеу параметрлері таңдап алынды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Левитский Н.И. Теория механизмов и машин, -М.: Наука, 1979.  
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 Секулович М. Метод конечных элементов, - М.:Стройиздат,1993.
- 4 Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы.-М.:Мир, 1984, - 428 с.
- 5 Мяченков В.И. и др. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: справочник.,-М.: Машиностроение, 1989.
- 6 Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам, – М.:Машиностроение, 1987. –560 с.
- 7 Программный комплекс АРМ WinMachine, –М.:Научно-технический центр АПМ.
- 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.