

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



СӘТБАЕВ  
УНИВЕРСИТЕТІ

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

Сейлов Ж.З

Порталды кранды шекті элементтер әдісімен беріктікке есептеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



СӘТБАЕВ  
УНИВЕРСИТЕТІ

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



### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

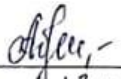
Тақырыбы: «Порталды кранды шекті элементтер әдісімен беріктікке есептеу»

5B071200 – «Машинажасау» мамандығы бойынша

Орындаған

Сейлов Ж.З

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

 Абдраимова Г.А.  
«13» желтоқсан 2019ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



СӘТБАЕВ  
УНИВЕРСИТЕТІ

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

5B071200 – «Машина жасау»



Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Сейлов Ж.З

Тақырыбы: «Порталды кранды шекті элементтер әдісімен беріктікке есептеу»

Университет басшысының 2018 жылғы «14» қараша № 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 шолу

б.Негізгі бөлім

в. Порталды кранды шекті элементтер әдісімен беріктікке есептеу

г. Негізгі элементтерді беріктікке, қатандыққа АРМ FEM жүйесімен есептеу

ж.Жұмыстың қорытындысы

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

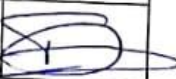
Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

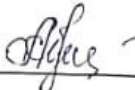
Ұсынылатын негізгі әдебиет 7 атау

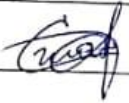
Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімідері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз. Әдебиеттік-потенттік шолу	21.02.2019	
Негізгі бөлім	19.03.2019	
Порталды қранды шекті элементтер әдісімен беріктікке есептеу	19.04.2019	

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	13.05.2019	

Ғылыми жетекші  Г.А. Абдраимова

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Ж.З. Сейлов

Күні

“ 13 ” сәуір 2019 ж.

## **АҢДАТПА**

Дипломдық жұмыста объектілер екі түйінмен шектелген түзусызықты элементтердің қосындысы түрінде көрсетілген. Шекті элементті дискретизациялау арқылы стерженді элементтерден құралған механизмдердің квазистатикалық серпімді орнықтылығы қарастырылған. Механизмнің серпімді орнықтылықты жоғалтудың талдауы келтірілген. Механизмдердің квазистатикалық орнықтылығы, кернеулі деформациялы күйі және орнықтылығы буындарының серпімділігін ескере отырып шекті элементтер әдісімен зерттелген. 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	7
Теория негіздері	
1 Механизмдер және машиналар теориясының негізгі ұғымдары	8
1.1 Кинематикалық жұптардың еркіндік дәрежесі және байланыс санына қарай классификациясы (бөлінуі)	8
1.2 Кинематикалық тізбектің жалпы түрдегі структуралық формуласы	10
1.3 Механизмдердің құрылуының негізгі принципі	11
1.4 Ассур топтарының классификациясы	12
2 Бағдарламалық комплекс “АРМ WinMachine”	13
3 Порталды кранның беріктігін зерттеу	16
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	

## КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта, негізінен порталды крандар көптеген салаларда қажет. Технологиялардың дамуымен, конструкциялардың көлемі де өсуде. Әдетте, кез келген құрылымды салу кезінде порталды крандары ауыр жүктерді көтеру үшін қолайлы. Бұл зерттеуде жалпы порталды кранды әр түрлі орналасу күйінде АРМ Win machine программалау тілінде беріктікке есептеу жүргізілді. Кранның беріктік шегіне жетіп қималарын сыртқы күштерін өзгертіліп зерттеулер жүргізілді. Нәтижесінде, талдаудағы соңғы элементтер әдісін пайдалану орынды болып табылады және бұл әдіс есептеулерде үлкен ыңғайлылықты қамтамасыз етеді.

Қазақстанның экономикалық бағыты – әлемнің бәсекеге қабілетті 50 елдерінің қатарындағы индустриалды дамыған ел сананына 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. Кран арқылы жеткізу бүкіл әлем бойынша адамдарға саяхат және коммерциялық тауарларды тасымалдау үшін өте маңызды. Кемелер салу кезеңінде құрылыс үшін көп көлемді бөлшектер қажет болуы мүмкін және оларды жылжыту қажет. Негізінен верфтерде және басқа да көптеген жерлерде порталды крандар көлемді бөлшектерді тасымалдауда қолданылады. Бұл жұмыста порталды кранды шектік элементтер әдісімен аналитикалық кернеулердің есебі және орын ауыстырулары сыртқы күштің артуынан күйдің өзгеру диаграммалары көрсетілді.

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 әдіс тәсілдер қолдануға болады. Күрделі жүйелердің орнықтылығын аналитикалық әдістермен зерттеу үлкен математикалық қиындықтарға алып келеді, сондықтан орнықтылық есептерін жуықтау әдістермен шешеді. Соның бірі шектік элементтер әдісі (ШЭӘ). Сырықты жүйелер үшін (ШЭӘ) дәл шешім береді.

## 1 Механизмдер және машиналар теориясының негізгі ұғымдары

Адамдардың қол және ой еңбегін жеңілдету мақсатында механикалық қозғалыс арқылы энергияны, материалды және информацияны бір түрден басқа түрге айналдыратын жабдық *машина* деп аталады. Негізгі арналуына байланысты 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.

Механизм звенолары *кірер* және *шығар*, *жетекші* және *жетектегі* болып бөлінеді.

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

Звеноғатүсірілген сыртқы күштердің элементар жұмыстарының қосындысы оң (теріс немесе нөлге тең) болса, онда ол *жетекші звено* (*жетектегі звено*) деп аталады.

Бір немесе бірнеше жалпыланған координаталары берілген звено *бастапқы звено* деп аталады.

*Кинематикалық жұп* – өзара салыстырмалы қозғалыстағы жанасқан екі звеноның қозғалмалы қосылысы.

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

### 1.1 Кинематикалық жұптардың еркіндік дәрежесі және байланыс санына қарай классификациясы (бөлінуі)

Механикалық жүйенің *еркіндік дәрежесінің саны* ( $H$ ) деп жүйенің тәуелсіз орын ауыстырулар санын айтады. Кеңістікте еркін қозғалатын қатты дененің еркіндік дәрежесі алтыға тең: үшеуі қозғалмайтын координаттар осьтерінің бойымен мүмкін орын ауыстыруы, ал үшеуі - осы осьтердің айналасында айналуы.

Кинематикалық жұпқа кіретін звенолар үшін олардың салыстырмалы қозғалысындағы еркіндік дәрежесі әрқашанда алтыдан кем. Себебі кинематикалық жұп звеноларының тұрақты жанасу шарты мүмкін қозғалыстар санын азайтады. В.В.Добровольскийдің ұсынуы бойынша кинематикалық жұптар еркіндік дәрежесінің саны бойынша *бір-, екі-, үш-, төрт-, бес қозғалмалы* болып бөлінеді.

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.

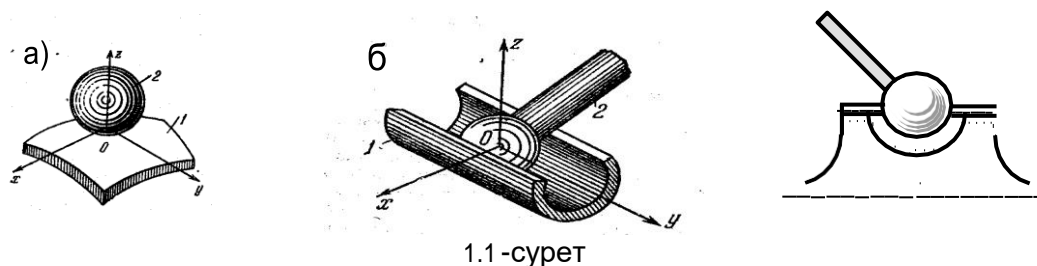
$$H = 6 - S, \quad S = 1, 2, 3, 4, 5 \quad 1 \leq S \leq 5 \quad (1)$$



$S = 0$  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 класы (т.с.с) деп аталады.



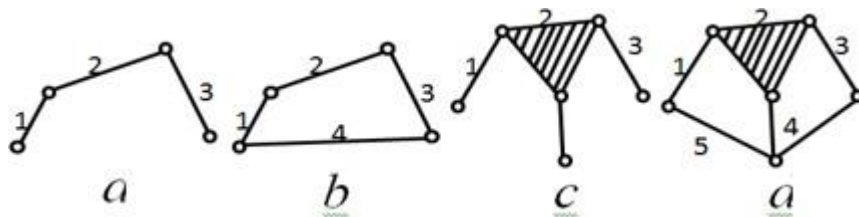
Мысалы, жазықтықта жатқан шардың 5 қозғалысы бар (1.1а - сур.), яғни оған бір байланыс қойылған, онда ол I класы кинематикалық жұп. Жазықтықтағы цилиндрдің 4 қозғалысы бар (байланыс саны 2) - II класы кинематикалық жұп (1.1б - сур.). Сфералық шарнир (1.1в - сур.) - III класы кинематикалық жұп [1].

**Жоғарғы және төменгі жұптар.** Жанасу түріне қарай кинематикалық жұптар екі түрге бөлінеді. Звеноның кинематикалық жұп құрай отырып басқа звеномен жанаса алатын беттерінің, сызықтарының және жеке нүктелерінің жиынтығы **кинематикалық жұп элементі** деп аталады. Олай болса кинематикалық жұпты әрқайсысы бір звеноға жататын екі элементтің жиынтығы деп қарауға болады. Кинематикалық жұптың элементтері тез тозбас үшін олардың беттер арқылы жанасқаны жөн.

Егер кинематикалық жұп звеноларының элементтері бет арқылы жанасса, онда ол **төменгі кинематикалық жұп**, ал егер сызық немесе нүкте арқылы жанасса - **жоғарғы кинематикалық жұп** деп аталады.

**Кинематикалық тізбектер мен қосылыстар.** Өзара кинематикалық жұп жасап байланысқан звенолар жүйесі **кинематикалық тізбек** деп аталады. Барлық кинематикалық тізбектер жазық және кеңістік кинематикалық тізбектерге бөлінеді. Сонымен қатар кинематикалық тізбектер жай және күрделі, ашық және тұйық болып бөлінеді (әрі қарай - КТ).

Жай КТ – те әрбір звено екіден артық кинематикалық жұпқа кірмейді (1.2-сур.). Күрделі КТ - те кем дегенде бір звено екіден артық кинематикалық жұпқа қатысады (1.2с, d-сур.). Тұйық КТ - те әрбір звено кем дегенде екі кинематикалық жұпқа қатысады (1.2b, d-сур.). Ашық КТ - те тек бірғанакинематикалық жұпқа кіретін звенолар болады (1.2a, c-сур.).



1.2 -сурет

**Кинематикалық қосылыстар.** Кинематикалық жұпты қажетті салыстырмалы қозғалысты орындайтын екі звенолы ашық кинематикалық тізбек ретінде қарастыруға болады.

Механизмде конструктивті түрде кинематикалық жұпты алмастыратын кинематикалық тізбекті **кинематикалық қосылыс** деп айтады[2].

## 1.2 Кинематикалық тізбектің жалпы түрдегі структуралық формуласы

Егер кеңістіктегі звеноның қозғалысына ешқандай байланыс шарттары қойылмаса, онда оның еркіндік дәрежесі алтыға тең болады. Демек, КТ-тің звеноларының саны  $k$  болса, онда кинематикалық жұп құрғанға дейінгі звенолардың жалпы еркіндік дәрежесінің саны  $6k$  тең. Звенолардың кинематикалық жұп құрап қосылулары олардың салыстырмалы қозғалысына жұптардың класына қарай әртүрлі байланыстар санын қояды.

$p_1$  - Ікласты,  $p_2$  - ІІкласты,  $p_3$  - ІІІкласты,  $p_4$  - ІVкласты,  $p_5$  - Vкласты кинематикалық жұптар саны болсын. Онда КТ-тің еркіндік дәрежесінің саны  $H$ :

$$H = 6k - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1. \quad (2)$$

Егер КТ - тің бір звеносы қозғалмайтын болса, онда тізбектің жалпы еркіндік дәрежесі алтыға кемиді:

$$W = H - 6. \quad (3)$$

Қозғалмайтын звеноға қатысты КТ - тің еркіндік дәрежесінің саны КТ - тің қозғалғыштық дәрежесінің саны немесе КТ - тің қозғалғыштық дәрежесі (степень подвижности) деп аталады:

$$W = 6(k - 1) - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \quad (4)$$

Егер  $k - 1 = n$  деп алсақ, онда

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \quad (5)$$

мұндағы  $n$  - КТ-тің қозғалмалы звеноларының саны. - теңдік кинематикалық тізбектің жалпы түрдегі структуралық формуласы болып табылады және *Сомов – Малышев* формуласы деп аталады.

Жазық КТ үшін – теңдік төмендегідей түрге келтіріледі де Чебышев формуласы деп аталады.

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 \quad (6)$$

Механизмнің  $n$  қозғалмалы звеноларының орындарын анықтайтын жалпы координаталар саны  $6n$ . Әрбір  $t$  класты кинематикалық жұп  $t$  байланыс теңдеуін береді. Бұл теңдеулерге звенолардың координаталары кіреді. Байланыс теңдеулерінің жалпы саны, мұндағы  $p_5$ -V класты жұптар саны,  $p_4$ -IV класты жұптар саны, т.с.с. Егер барлық байланыстар теңдеулері тәуелсіз болса, жалпы координаталар саны  $6n$  мен байланыс теңдеулерінің санының айырмасы тәуелсіз координаталардың, яғни механизмнің еркіндік дәрежесінің санын береді:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 \quad (5)$$

Сомов - Малышев формуласы.

Тіреуішке қатысты механизмнің еркіндік дәрежесінің саны механизмнің қозғалғыштық дәрежесі деп аталады және  $W$  деп белгіленеді. Ол жазық механизмдер үшін Чебышев формуласымен (6), ал кеңістік механизмдер үшін Сомов – Малышев (5) формуласымен анықталады.

$$W = 6n - \sum ip_i$$

Сомов-Малышев формуласының жалпы түрі. [1] [2] [3]

### 1.3 Механизмдердің құрылуының негізгі принципі

Көп звенолы механизмнің структуралық синтезі үшін формулалар қолданылады. 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[3].

Еркіндік дәрежесі нөлге тең және еркіндік дәрежесі нөлге тең қарапайым кинематикалық тізбектерге одан әрі бөлінбейтін кинематикалық тізбек *Ассур тобы* деп аталады.

1.4 **Ассур топтарының классификациясы.** Екі звено және V класты үш кинематикалық жұптан тұратын топ **II класты Ассур тобы** деп аталады. Екінші кластан жоғарғы Ассур тобының класы ішкі кинематикалық жұптардан құралған тұйық контурдың кинематикалық жұптарының санымен анықталады (1 - кесте).

1-кесте-Ассур топтарының түрлері

	$p^5$	Ассур топтарының түрлері	Классы
2	3		II
4	6		III
4	6		IV
6	9		V

Механизмнің класы жетекші звеноны таңдауға тәуелді. Ассур принципі бойынша кез-келген механизм I класты механизмге әртүрлі класты Ассур тобын тізбектеп немесе қабаттап жалғау арқылы құралады.

V класты кинематикалық жұп құрайтын жетекші звено мен тіреуішті **I класты механизм** деп атаймыз.

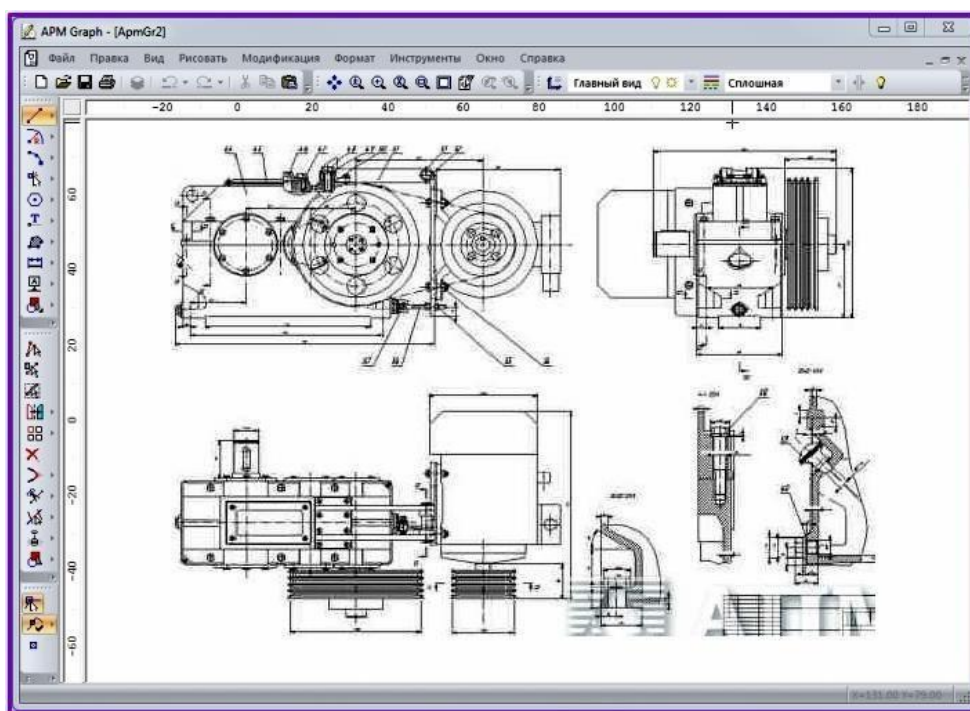
## 2 Бағдарламалық комплекс “APM WinMachine”

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.

Күрделі APM WinMachine мынадай міндеттер:

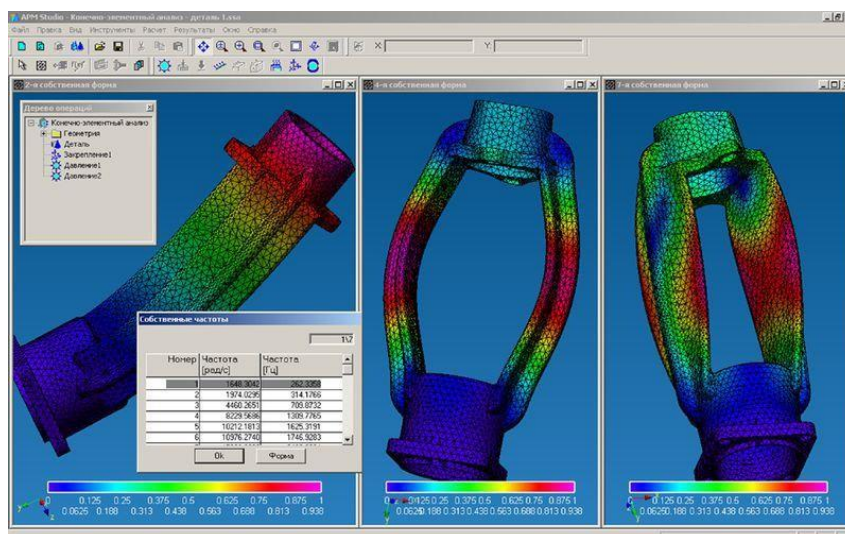
- инженерлік әдістерін пайдалана отырып, механикалық жабдықтар меноның компоненттерін жобалау және талдау;
- еркін қамтамасыз статикалық немесе динамикалық тиеуге кез келген күрделі үш өлшемді объектілерді кернеулі-деформацияланған күйін талдау;
- жобалау құжаттамасын құру;
- Дизайн және есептеу процестері.

APM Graph(2.1-сурет) - табысты инженерлік, ғылым, сәулет және құрылыс түрлі салалардағы жобалау құжаттамасын графикалық бөлігін безендіру үшін пайдаланылуы мүмкін екі өлшемді графикалық редакторы.



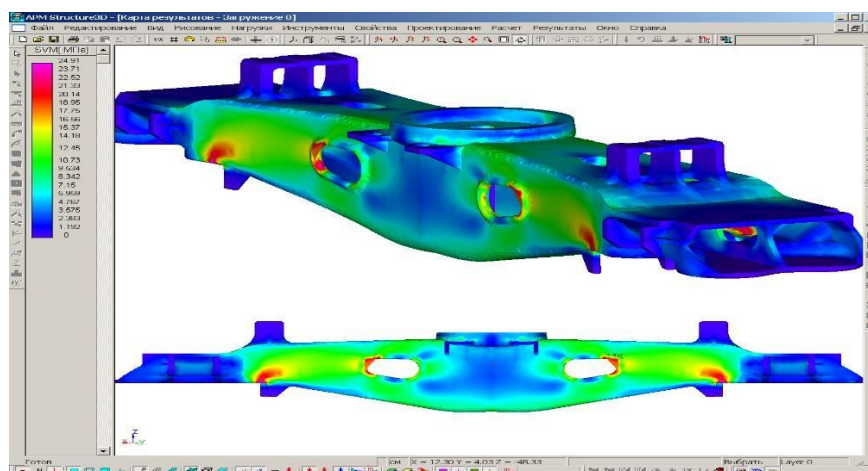
2.1-сурет-“APM Graph ”

APMStudio (2.2-сурет)-модельдеу және импортмодулі(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.[4]



2.2-сурет-“APM Studio”

APM Structure3D (2.3-сурет) модуль штанг, пластина, Shell және қатты құрылымдардың, сондай-ақ еркін комбинациялар стресс-деформацияланған күйін есептеу үшін арналған. Құрылымдарымен олардың элементтері ақырлы элементтер тормен дайындалған және опциондар 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.



2.3-сурет-“APM Structure3D”

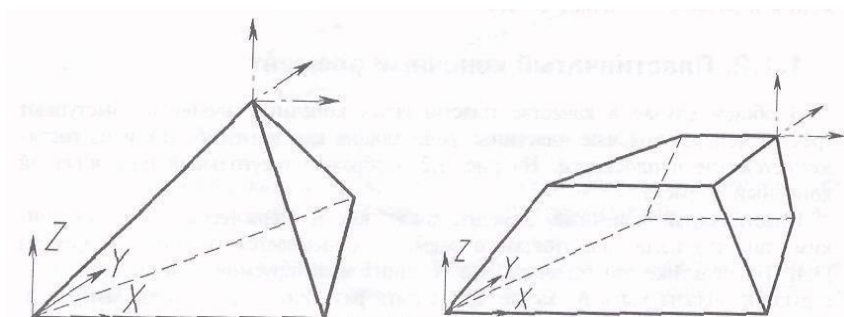
Барлық жобалық шешімдер немесе олардың бөліктері адам мен ЭЕМ-ның әрекеттесу жолымен шешім кезіндегі жобалау, автоматандырылған деп атайды. Уақытты және жасап шығарудың бағасын немесе өнімнің шығарылуын қысқарту үшін автоматандырылған жобалаудың (computer-aided design—CAD), автоматты өндірістің (computer-aided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

Инженерлік талдау дегеніміз, ол алдын-ала жобалаудың құрылымдар модельдердің кернеуленген-деформация күйлерін зерттеу, олардың динамикалық сипаттамаларын және сыртқы жүктемелердің тұрақты және ауыспалы режимдеріне төзімділік сипаттамаларын алу. Есептеулердің осындай санатын шешу әдістемесінің анағұрлым тиімді жақындатылған әдісі, шектелген элементтер әдісі.

Ғылыми техникалық орталықта “Машиналардың автоматандырылған жобалауын” (НТЦ АПМ) жасаған, АРМ WinMachine жүйесінің CAD/CAE/CAM/PDM құрамына кіретін АРМ Structure3D шектелген-элементтер талдаудың Ресейлік модулі, құрылымдар модельдерінің беріктік есебін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, басқа модульдер машиналардың элементтерінің инженерлік талдауын және жобалауын жүргізуге мүмкіндік жасайды.

*Арм structure3d шекті элементтер әдісінің қолдану ерекшеліктері.*

Көлемдік шектелген элементтердің анағұрлым таралған пішіндері, төртүйінді тетраэдр, алтыүйінді үшбұрышты призма және сегізүйінді гексаэдр.

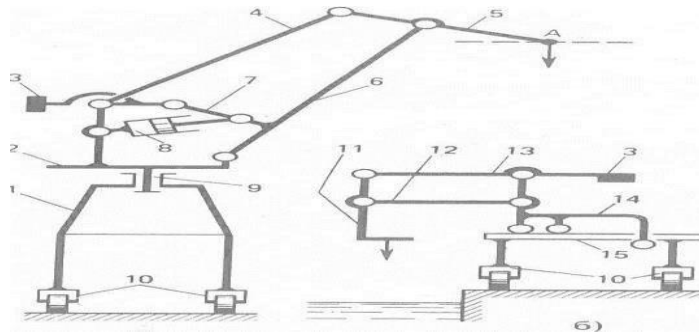


2.4 – сурет-Көлемдік шектелген элементтер

2.4- суретте көрсетілген құрылымдық көтеруші қабілетіне есептеу жүргізу; есептеу нәтижесіне талдау және нақты құрылымдық элементке жаңа қиманы беру; жаңа қолденең қималары модельге қайталап статикалық есептеу жасау. [5]

### 3 Порталды кранның беріктігінзерттеу

Порталдыкран (3.1 сурет)–жүк тасымалдау және порталды кранды қозғауға арналған құрылғы. Қазмойын (тұмсық) 5 (а, сұлбасы), жебе 6, тарту (созу) 4 және тұғырнама 2 екі күйнетелітопсалы механизм түріндегі, тіксызықты бағыттаушы жақындатылған механизм құрайды. Нүктенің кейбір телімінде, А жебе иілуінің өзгерісі кезіндегі, тік сызыққа жақын траектория бойынша қозғалады. Жебені, телескоптық гидроцилиндрдің 8 көмегімен иеді. Жебе, жебемен тартылыс 7 арқылы байланысқан, тетікте орналасқан ауырлықпентеңдестірілген.



3.1-сурет- ПорталдыКран

Тұғырнама 2, тұғырнама 1 мен, қозғалтқыш топса 9 арқылы байланысқан. Тұғырнама дөңгелектері 10 айналымға механизмнің қозғалу кезінде келеді. 6 сұлбада қаз мойын11 жебемен12 және ауырлық орналасқан тетікпен13 топсалай байланысқан. Жебе мен тетік13,14 тұғырнамамен топсалай байланысқан.11,12, 13және 14буындары, жебеиілуін өзгертукезінде, 11буынның ілгерлемел орын ауыстыруын қамтамасыз ететін, параллелограм құрады. 14 тұғырнамасын, 15 тұғырнамасының бағыттаушысы арқылы жылжытады[6].

Порталдыкран (3.2 сурет)-сырықтан құралған жазық механизм.VI-классты механизм гидроцилиндр арқылы қозғалысқа келтіріледі.

Порталды кранның үш орналасу күйіне байланысты жобалау схемалары,түйіндердің координаттары мен ұзындықтары келтірілген (3.3-3.7 суреттер)

Механизм 6-түзу сызықты сырықтан және 8 түйіннен тұрады, 1,2,5 түйіндер топсалы түйіндер қозғалмайтын тіректен құралған. Сызықты серпімді және геометриялық сипаттамалары төмендегідей

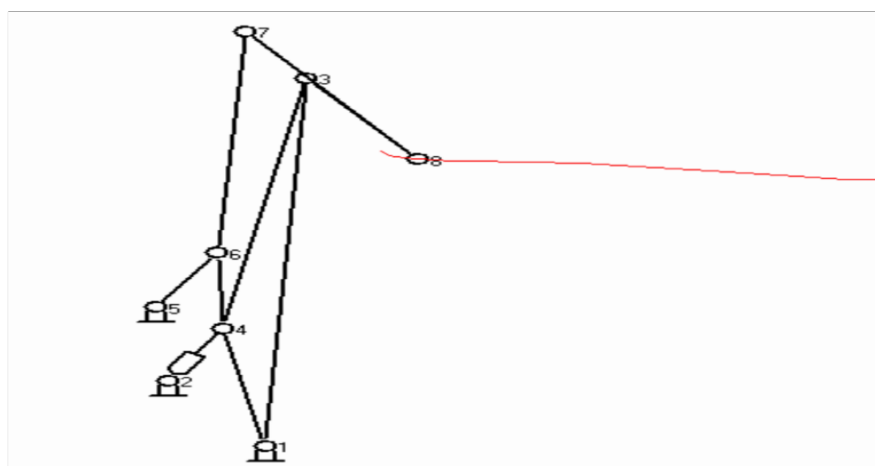
$$P=1500,2000,2500Н, J=1,272\cdot 10^{-8}см^4, E=2\cdot 10^5МПа.$$

Беріктік және орын ауыстыру есептеулері АРМ WinMachine бағдарламалық комплекс жүйесінде жүргізілген. Порталды кранның кинематикалық сипаттамалары белгілі [6]. Есептеу сызықты квазистикалық режимде,қадалған күш әсерінен жүргізілген.





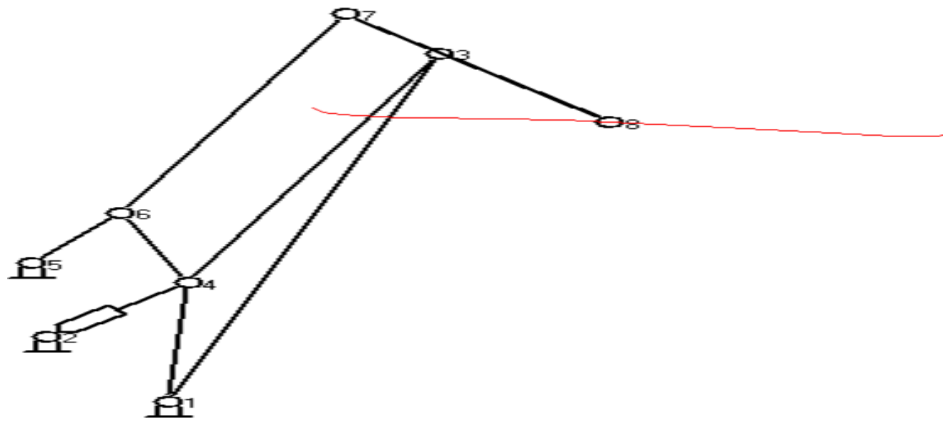
3.2-сурет-Порталды кран



3.3-сурет-Порталды кранның 1-жобалау схемасы

X1 =	-109,65	Y1 =	142,08	L1-3 =	470,43	L1-4 =	152,86
X2 =	-176,81	Y2 =	225,35	L3-4 =	324,68	L5-6 =	81,69
X3 =	-80,76	Y3 =	611,62	L4-6 =	96,37	L2-4 =	76,90
X4 =	-138,73	Y4 =	292,16	L6-7 =	283,43	L3-7 =	72,79
X5 =	-185,20	Y5 =	319,03	L7-8 =	201,49	L3-8 =	128,71
X6 =	-142,17	Y6 =	388,46	L1-2 =	106,98	L1-5 =	192,41
X7 =	-122,56	Y7 =	671,21	L2-5 =	94,06	L4-5 =	53,69
X8 =	-4,44	Y8 =	507,98	L3-6 =	231,45		

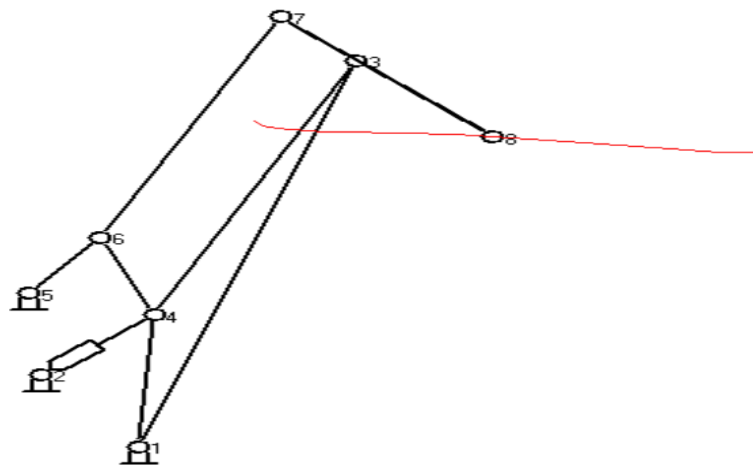
3.4-сурет-Түйіндердің координаттары мен ұзындықтары(1)



3.5-сурет-Порталды кранның 2-жобалаусхемасы

X1 =	-109,65	Y1 =	142,08
X2 =	-176,81	Y2 =	225,35
X3 =	40,52	Y3 =	587,89
X4 =	-98,64	Y4 =	294,55
X5 =	-185,20	Y5 =	319,03
X6 =	-135,27	Y6 =	383,68
X7 =	-11,60	Y7 =	638,70
X8 =	134,73	Y8 =	500,20

3.6-сурет-Түйіндердің координаттары(2)



3.7-сурет-Порталды кранның 3-жобалау схемасы

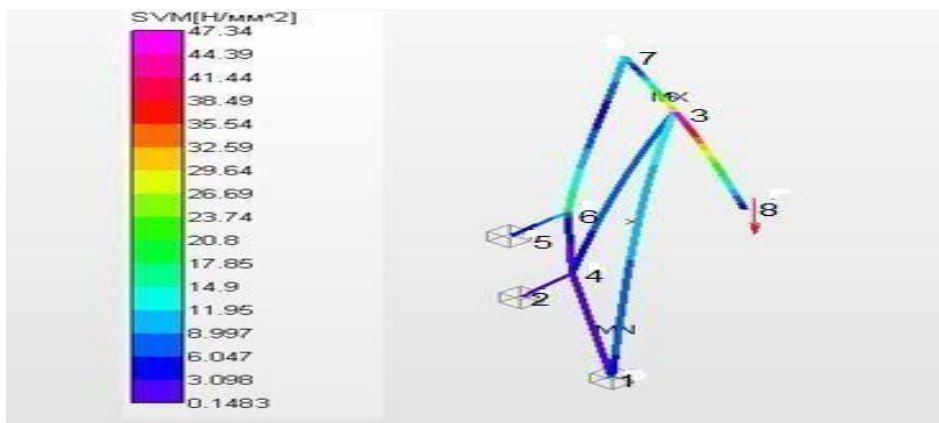
X1 =	-109,65	Y1 =	142,08
X2 =	-176,81	Y2 =	225,35
X3 =	40,52	Y3 =	587,89
X4 =	-98,64	Y4 =	294,55
X5 =	-185,20	Y5 =	319,03
X6 =	-135,27	Y6 =	383,68
X7 =	-11,60	Y7 =	638,70
X8 =	134,73	Y8 =	500,20

3.8-сурет-Түйіндердің координаттары(3)

### 3.1 Порталды кранның орналасу күйлеріне байланысты кернеулі-деформациялы күйлерін есептеу

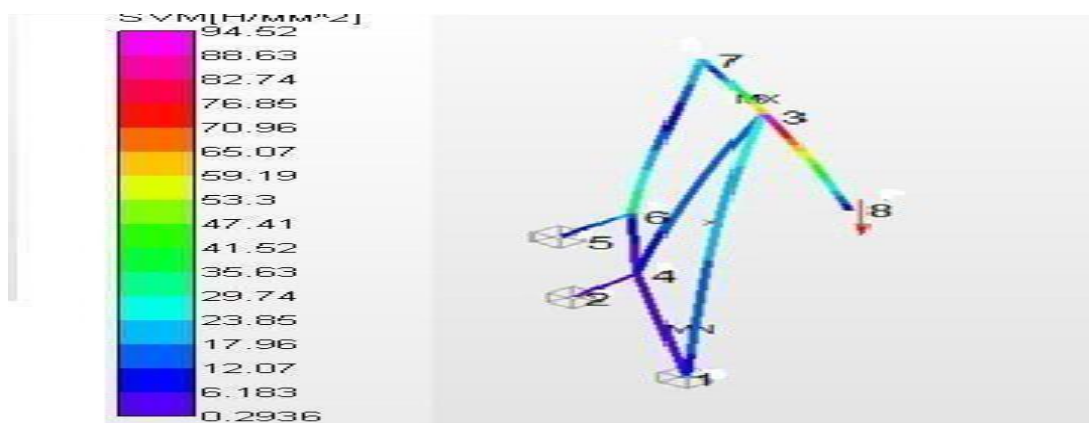
APM WinMachine- программа жүйесінде есептеу нәтижесінде келесідей нәтижелер алынған. Конструкцияның сырықты элементтерінде пайда болған кернеу, әртүрлі жүкпен көрсетілген.

1-орналасу күйі:



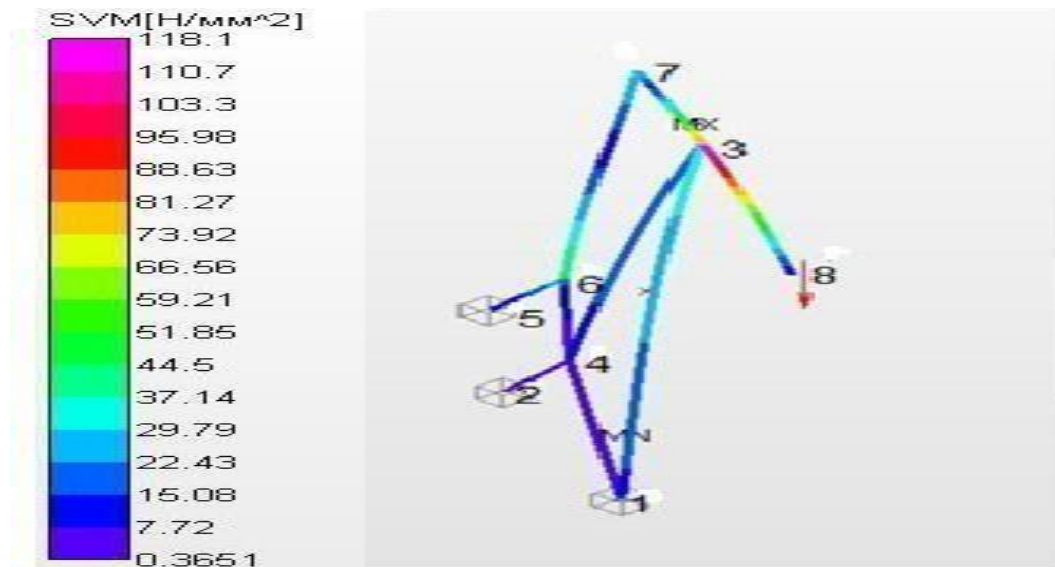
3.9-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=1500\text{H}$

3.9-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды  $47.34\text{ МПа}$ - тең. Ең аз кернеу  $0.14\text{ МПа}$ -тең.



3.10-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=2000\text{H}$

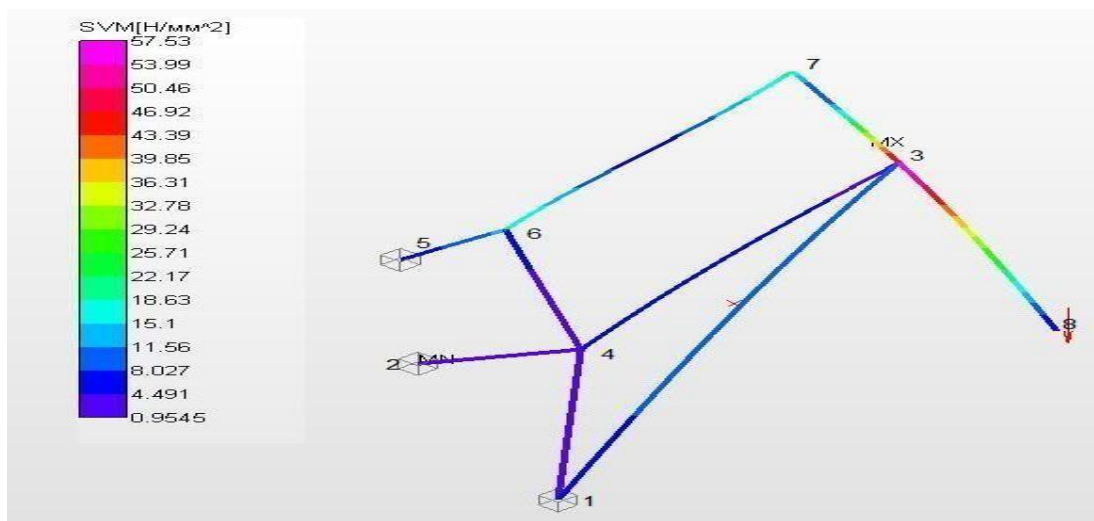
3.10-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды,  $94.52\text{ МПа}$ - тең. Ең аз кернеу  $0.2936\text{ МПа}$ -тең.



3.11-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттік кернеу, күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=2500\text{H}$

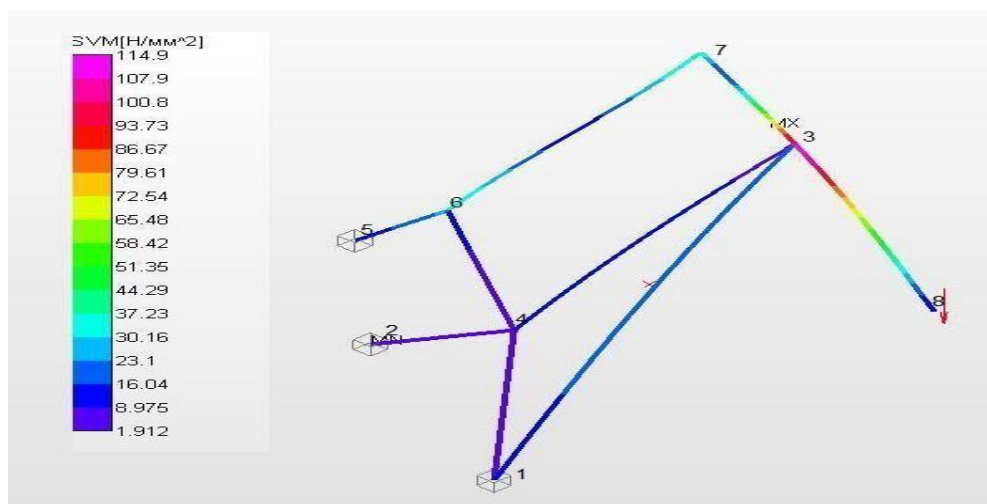
3.11-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 1-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 118.1 МПа- тең. Ең аз кернеу 0.3651 МПа-тең.

*2-орналасу күйі:*



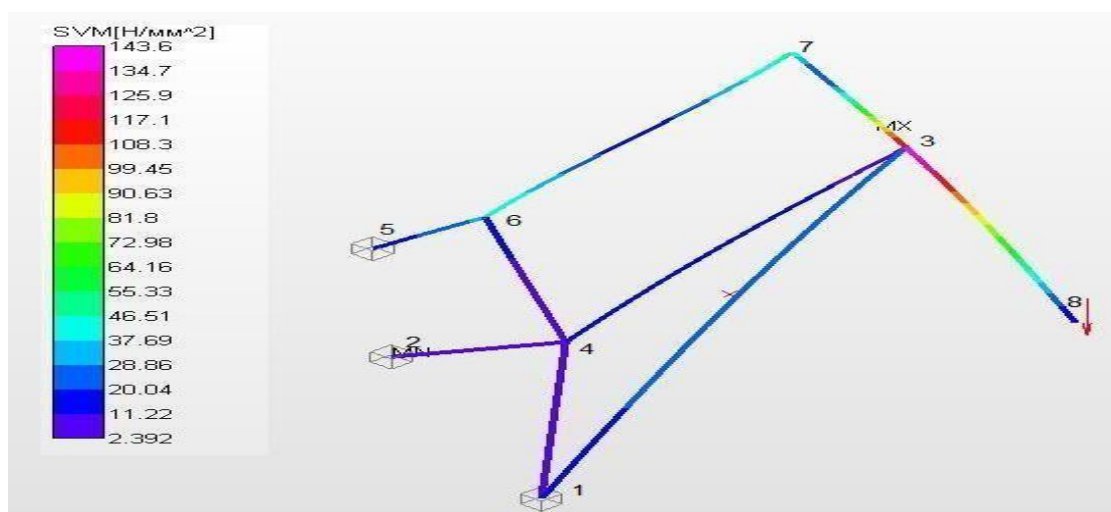
3.12-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу, күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=1500\text{H}$

3.12-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 2-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 57.53 МПа- тең. Ең аз кернеу 0.954 МПа-тең.



3.13 -сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттіккернеу,күш жетінші түйінге түсірілген. $P=2000\text{H}$

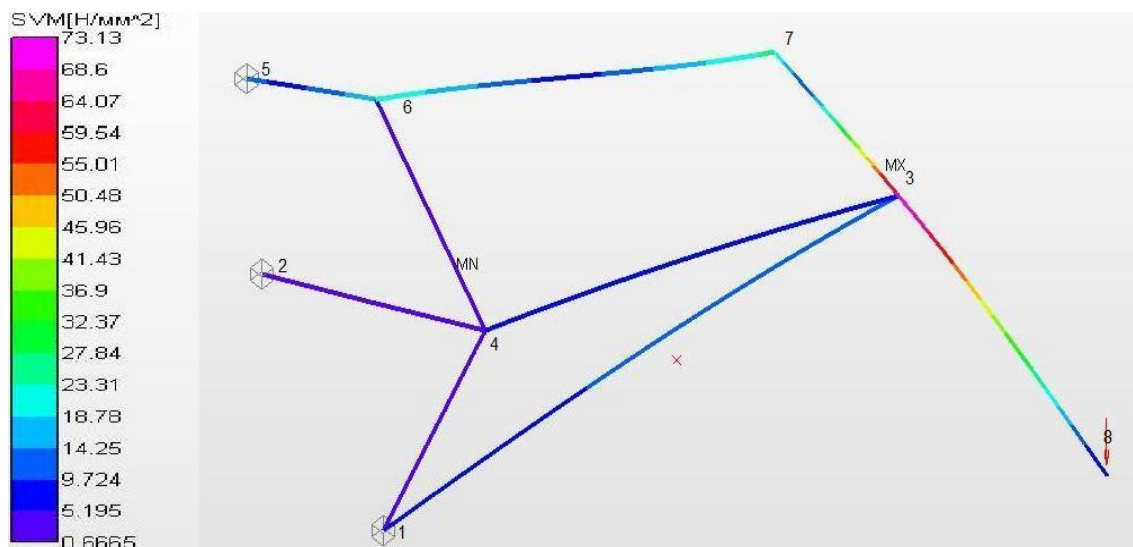
3.13-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген.Механизм 2-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 114.9 МПа- тең. Ең аз кернеу 1.912МПа-тең.



3.14 -сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттіккернеу,күш жетінші түйінге түсірілген. $P=2500\text{H}$

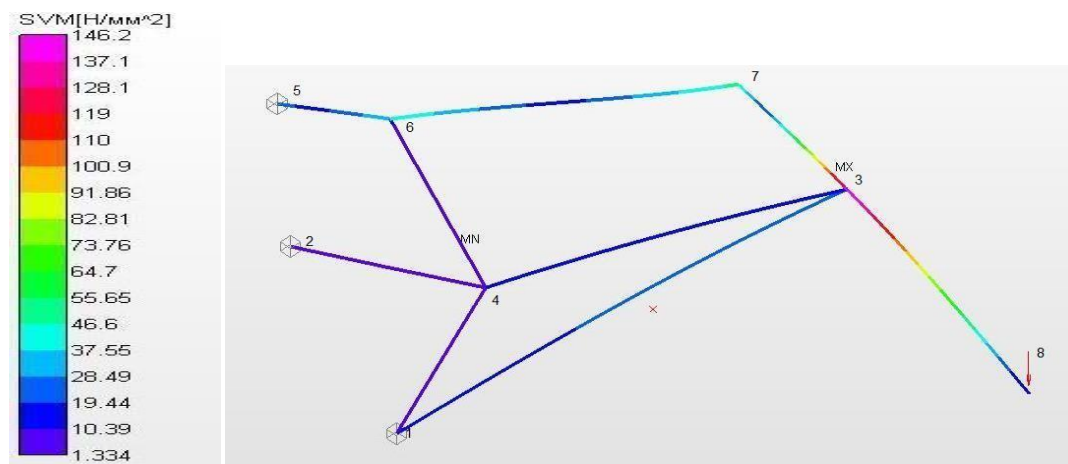
3.14-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген.Механизм 2-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 143.6 МПа- тең. Ең аз кернеу 2.392МПа-тең.

3 орналасу күйі:



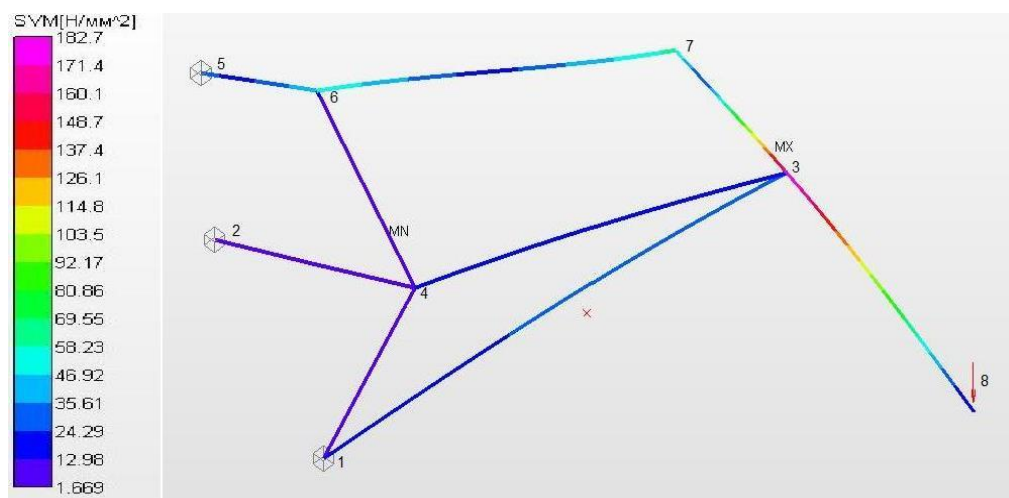
3.15-сурет- Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттіккернеу,күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=1500\text{H}$

3.15-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 3-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 73.13 МПа- тең. Ең аз кернеу 0.6665 МПа-тең.



3.16-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттіккернеу,күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=2000\text{H}$

3.16-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 3-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген, күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 146.2 МПа- тең. Ең аз кернеу 1.334 МПа-тең.

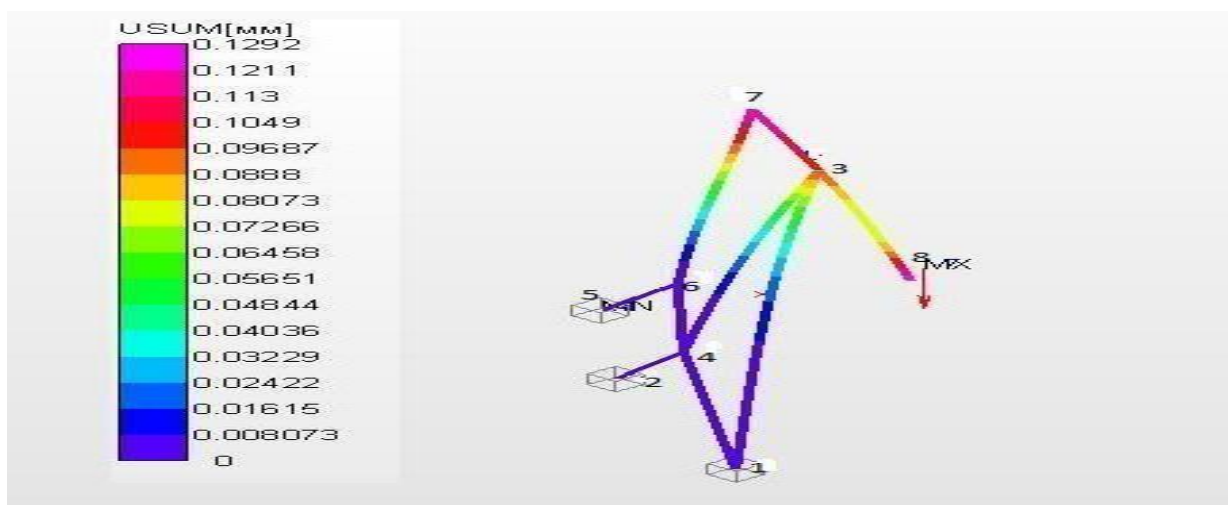


3.17-сурет-Механизмнің элементтерінде пайда болған эквиваленттіккернеу, күш жетінші түйінге түсірілген.  $P=2500\text{H}$

3.17-суретте порталды кранның элементтерінде пайда болған эквивалентті кернеу көрсетілген. Механизм 3-орналасу күйінде күш сегізінші торапқа түсірілген күштің әсерінен ең үлкен кернеу 3 элементте байқалды, 182.7 МПа- тең. Ең аз кернеу 1,669 МПа-тең.

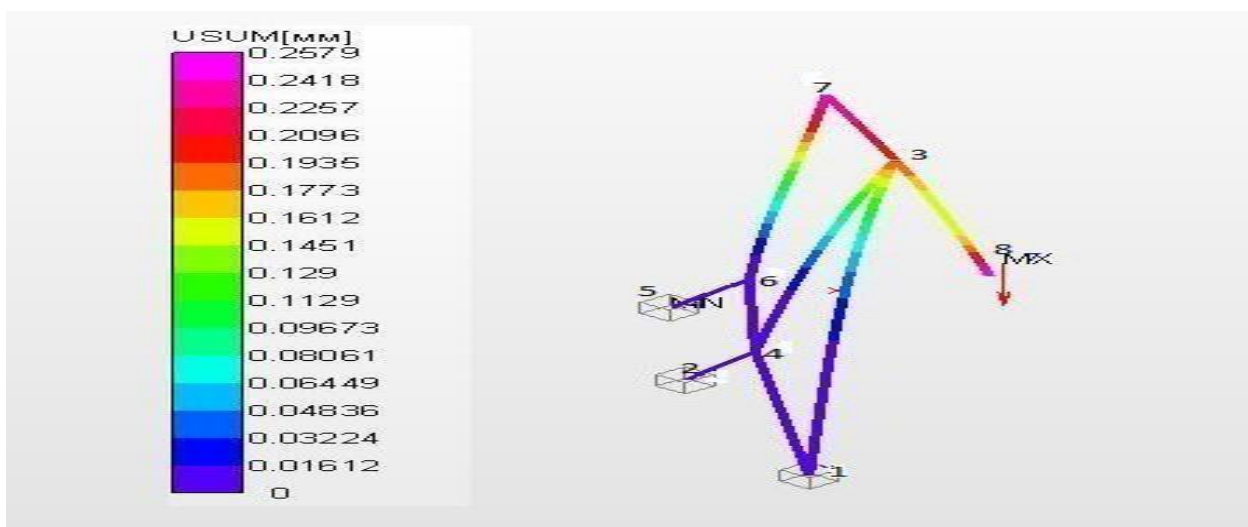
### 3.1 Порталды кранның орналасу күйлеріне байланысты орын ауыстыруға есептеу

*1 орналасу күйі:*



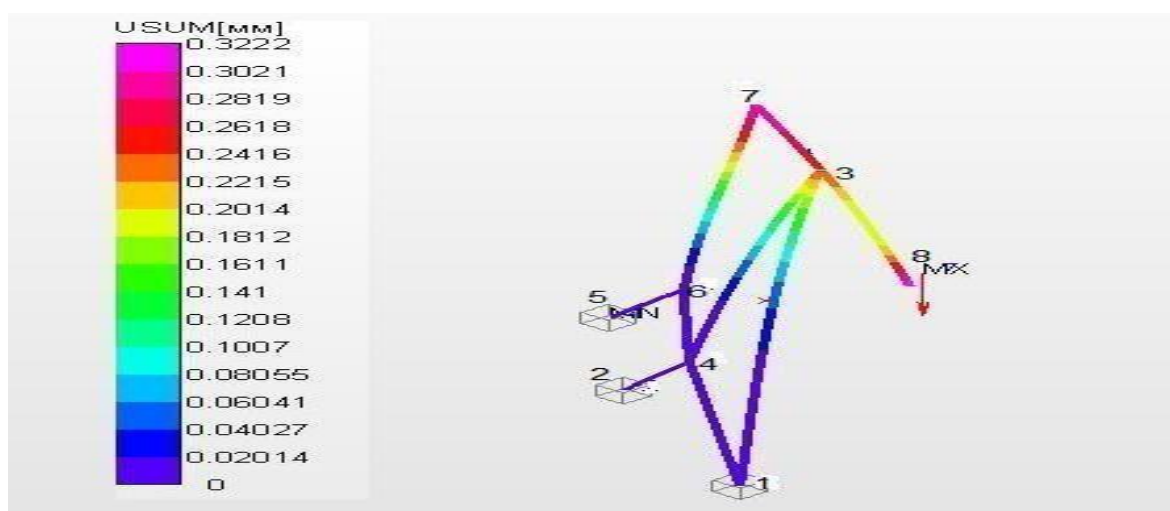
3.18-сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орын ауыстыру  $P=1500\text{H}$

3.18-суретте порталды кранның 1500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру жетінші(0.129) және сегізінші түйіндерде пайда болған.



3.19 сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2000\text{H}$

3.19-суретте порталды кранның 2000 Н күш түсірілген кездегі пайдыболған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру сегізінші(0.257 мм) және жетінші түйіндерде пайдаболған.

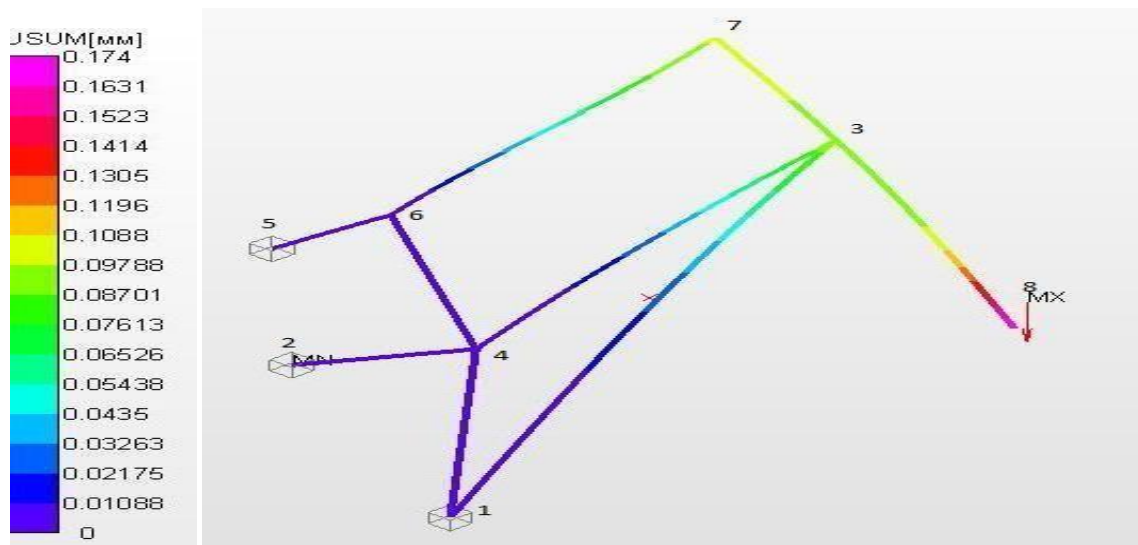


3.20 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2500\text{H}$

3.20-суретте порталды кранның 2500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру сегізінші(0.322 мм) және жетінші нүктелерде пайда болған

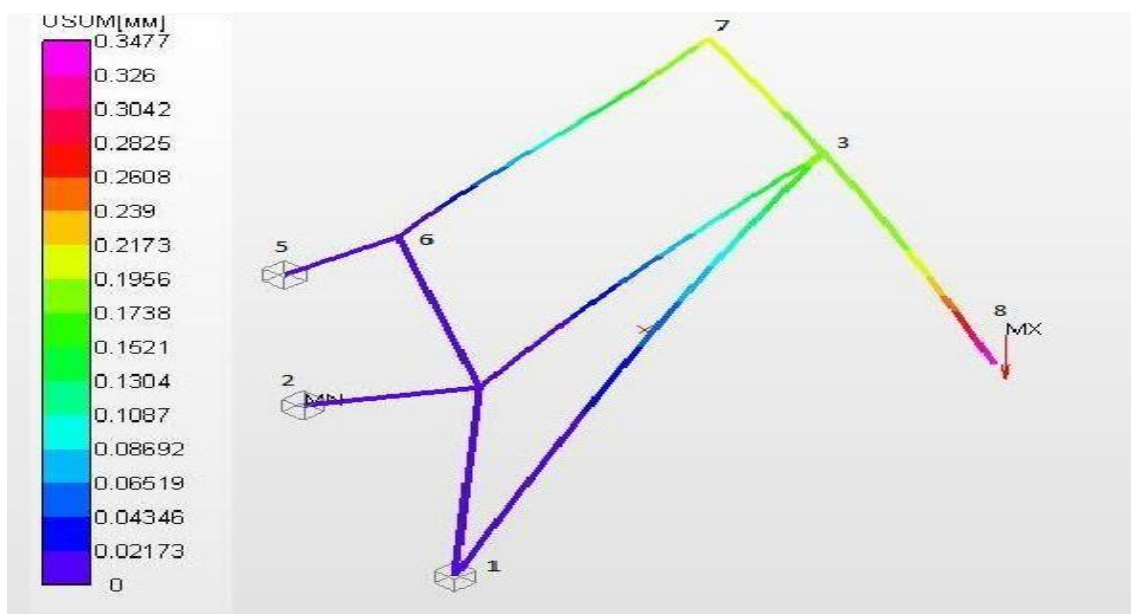


2 орналасу күйі:



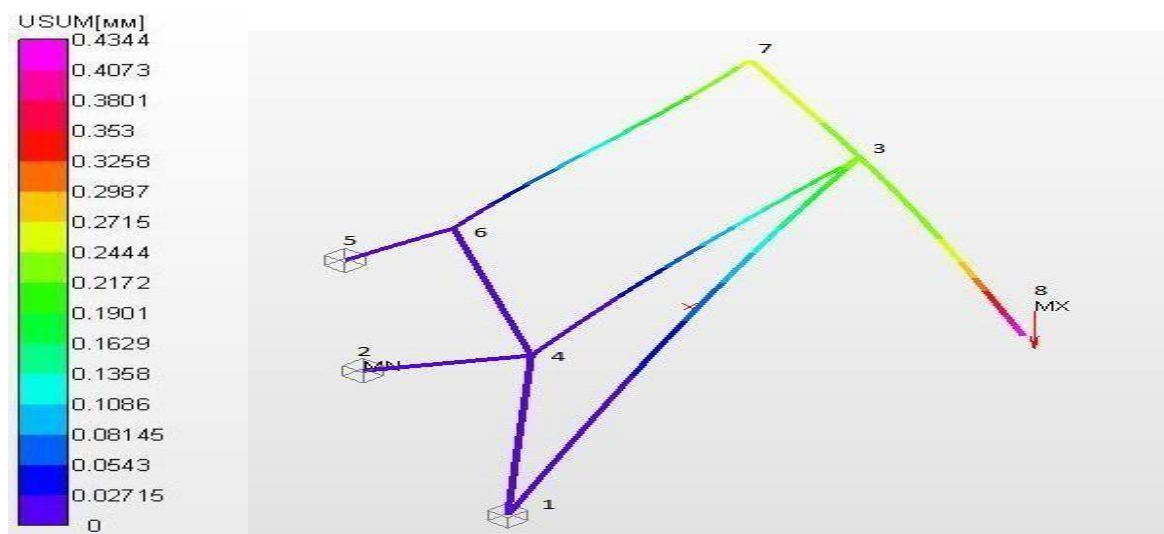
3.21 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орын ауыстыру  $P=1500\text{H}$

3.21-суретте порталды кранның 1500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру сегізінші нүктеде пайда болған(0.174 мм).



3.22 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2000\text{H}$

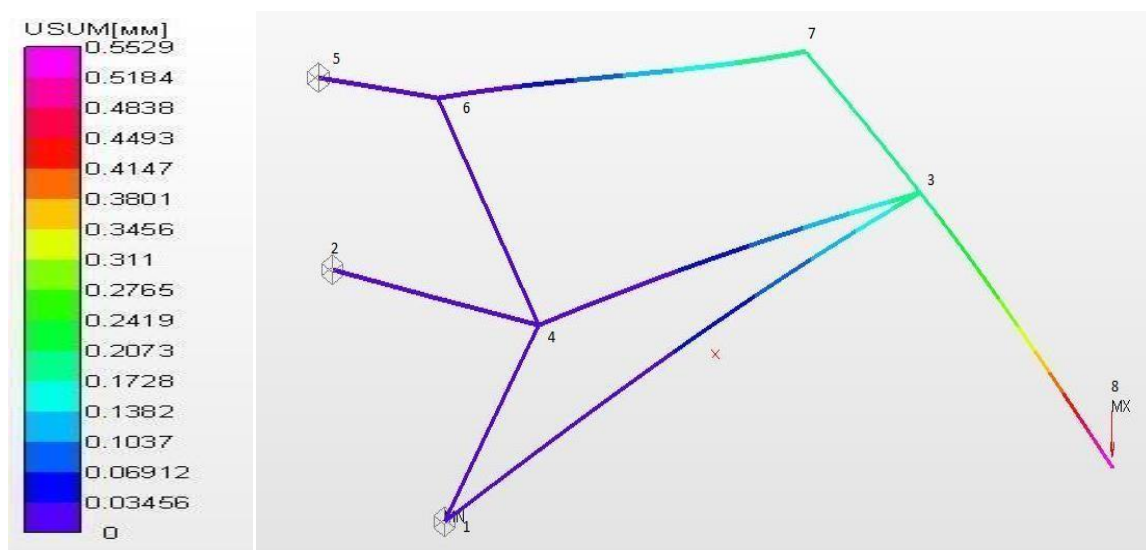
3.22-суретте порталды кранның 2000 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру сегізінші нүктеде пайда болған (0.347 мм).



3.23 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2500\text{H}$

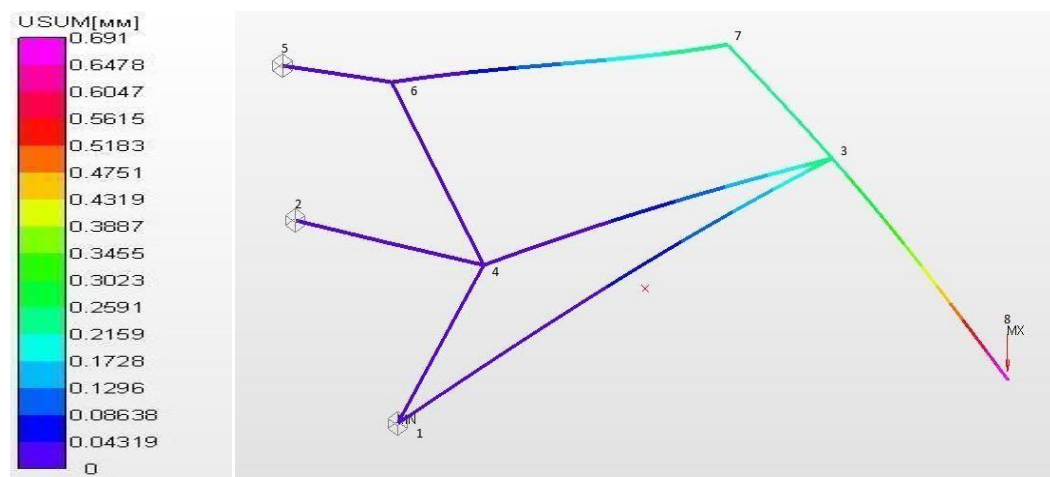
3.23 -суретте порталды кранның 2500 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру жетінші түйінде пайда болған (0.434 мм).

3-орналасу күйі:



3.24 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2000\text{H}$

3.24 -суретте порталды кранның 2000 Н күш түсірілген кездегі пайды болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру жетінші түйінде пайда болған (0.552 мм).

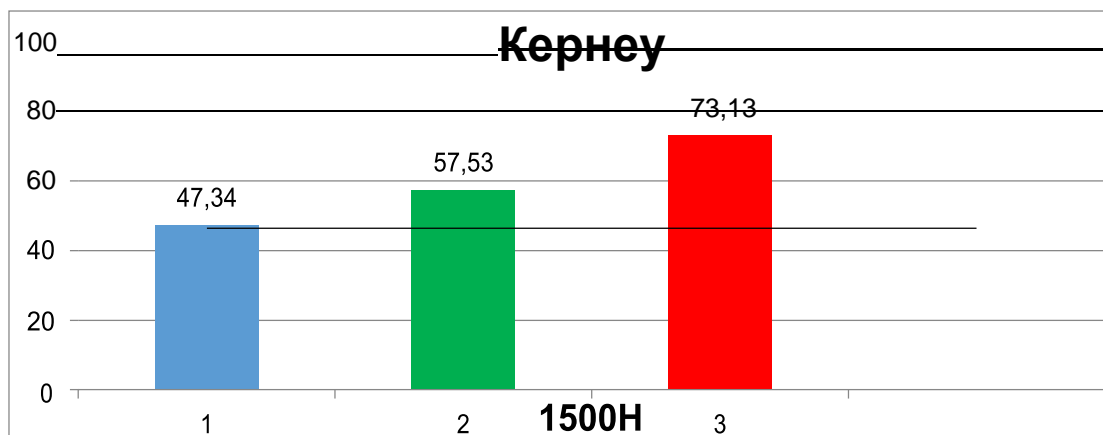


3.25 -сурет-Порталды кранның буындарында пайда болған орынауыстыру  $P=2500\text{H}$

3.25-суретте порталды кранның 2500 Н күш түсірілген кездегі пайда болған орын ауыстыру. Ең үлкен орын ауыстыру сегізінші нүктеде пайда болған (0.691 мм).

### 3.3 Қысқаша қорытынды

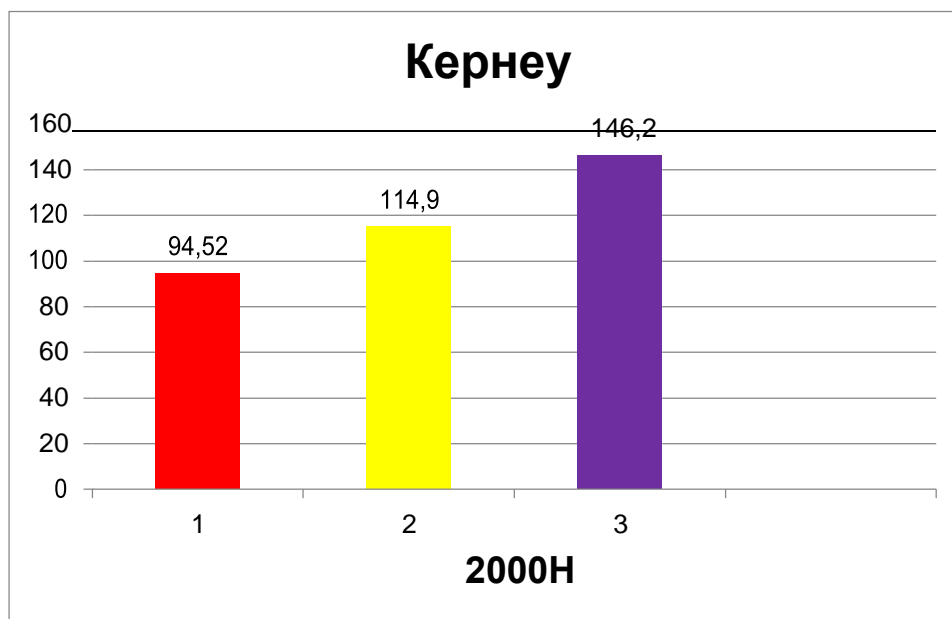
1-диаграмма:



3.26-сурет-Кернеудің өзгеру диаграммасы

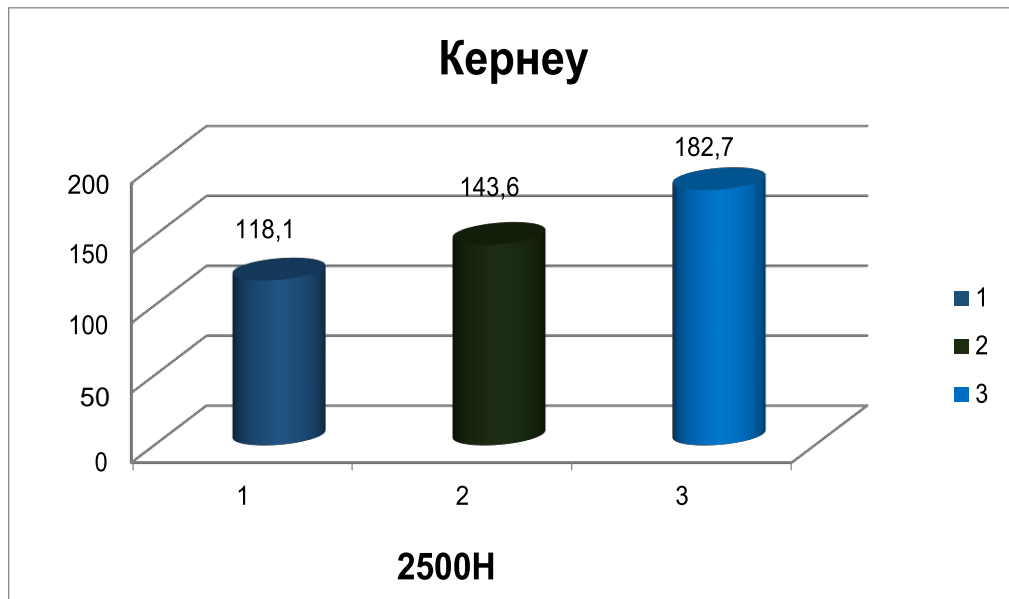
3.26-суретте үш орналасу күйіне байланысты, 1500 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу үшінші көріністе байқалды (73,13 МПа)

2-диаграмма:



3.27-сурет-Кернеудің өзгеру диаграммасы

3.27-суретте үш орналасу күйіне байланысты 2000 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу үшінші көріністе байқалды (146,2 МПа)



3.28 -сурет-Кернеудің өзгеру диаграммасы

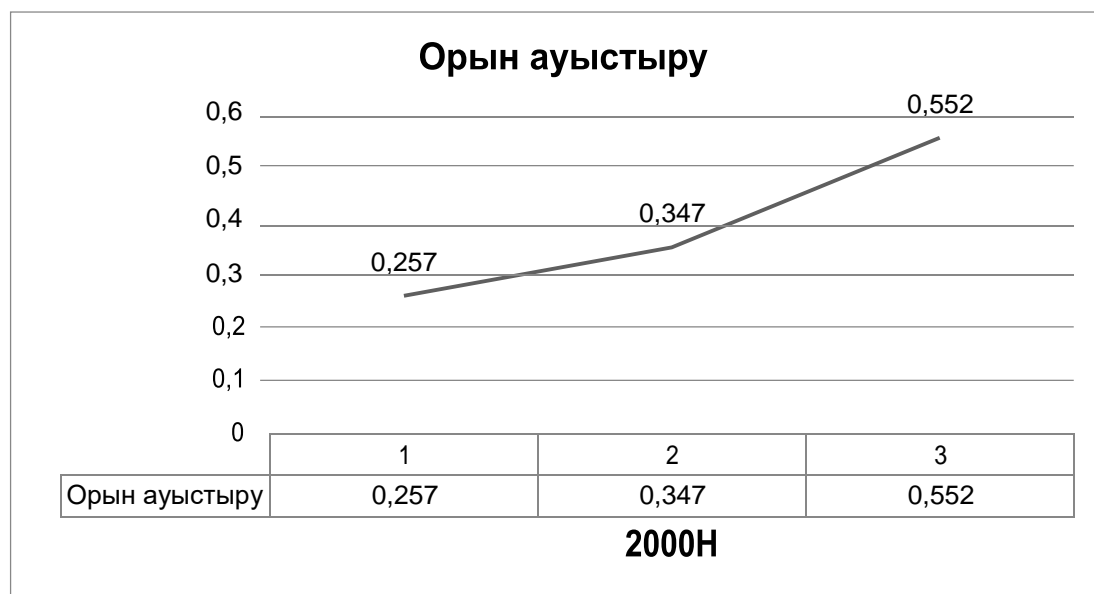
3.28-суретте үш орналасу күйіне байланысты, 2500 Н күш түсірілген кездегі кернеудің өзгеру диаграммасы. Ең үлкен кернеу үшінші көріністе байқалды(**182,7 МПа**)



3.29 -сурет-Үш орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигі

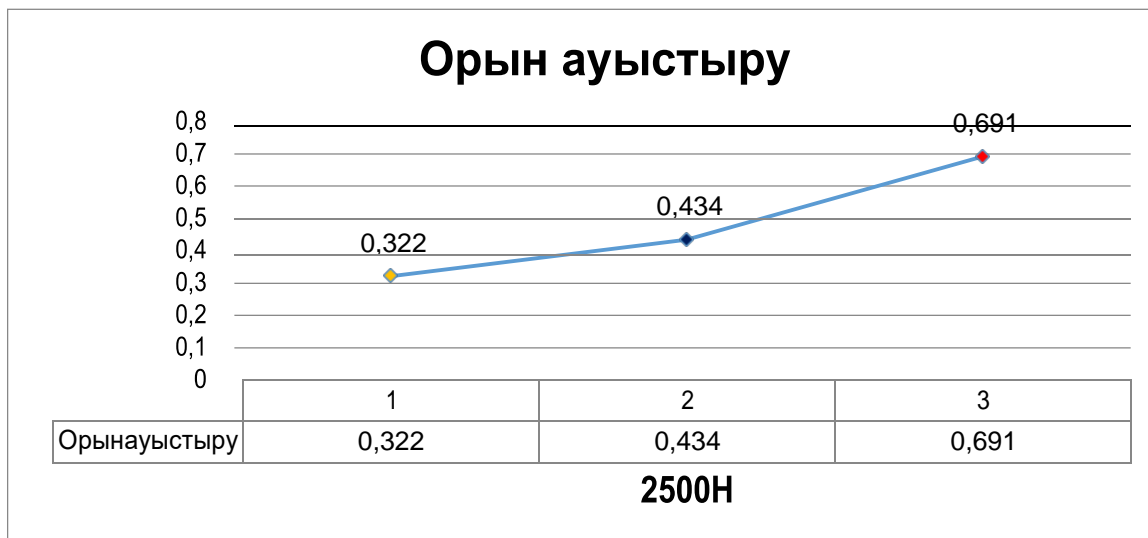
3.29-суретте көрсетілгендей 1000 Н күш түсірілген кездегі ,үш орналасу күйдеге орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру үшінші орналасу күйде (**0,322 мм**) байқалды.

Үш орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигтері:



3.30 -сурет-Үш орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигі

3.30-суретте 2000 Н күш түсірілген кездегі ,үш орналасу күйдеге орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру үшінші орналасу күйде (**0,552**) байқалды.



3.31 -сурет-Үш орналасу күйіне байланысты орын ауыстыру графигі

3.31-суретте 2500 Н күш түсірілген кездегі ,үш орналасу күйдеге орын ауыстыру графигі көрсетілген. Ең үлкен орын ауыстыру үшінші орналасу күйде (**0,691**) байқалды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Шекті-элементті модельдеу арқылы жазық және кеңістік механизмдердің серпімді квазистатикалық кернеулі-деформациялы күйінің теориялық зерттеуі жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің негізгі нәтижелері мыналар:

- ең үлкен эквивалентті кернеу порталды кран механизмнің үшінші орналасу күйінде 182,7 Мпа теңболды

- механизм өзінің екінші квазистатикалық орналасу күйінде орнықты. Ең үлкен орын ауыстыру бірінші орналасу күйінде 1,016 мм теңболды.

- жасалған есептеулер бойынша порталды кран механизмнің тиімді жұмыс істеу параметрлері таңдапалынды.

## ПАЙДАЛЫНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Жолдасбеков Ә.А. Машиналар механизмдерінің теориясы. – Алматы, 1979. <http://lms.kazntu.kz/course/?id=919>
- 2 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1988.
- 3 Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: курс лекций / Г. А. Тимофеев. – М.: ИД Юрайт, 2010. —351 с.
- 4 Программный комплекс АРМ WinMachine, – М.:Из-во Научно-технический центр АПМ.
- 5 Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде АРМ Structure 3D. – М.: Издательство АПМ, 2010. – 375 с.
- 6 Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам, – М.:Из-во «Машиностроение»,- 1987. –560 с.
- 7 Абдраимова Г.А. Квазистатическая упругая устойчивость плоских пространственных стержневых систем: Учеб. Пособие. – Алматы: КазНТУ, 2010 – 107 с. Ил.40. Табл. 6. Библиогр. - 18 назв.