

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Инженерлік механика» кафедрасы

Тыныштиков Айдос Аскарулы

Теңгерімсіз тербелмелі қондырғы жетегінің түрлендіруші механизмінің
көпкритериалды синтезі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07106 – «Инженерлік механика»

Алматы 2023

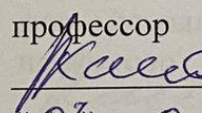
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Инженерлік механика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Инженерлік механика»
кафедрасының меңгерушісі,
физ.-мат.ғыл.докторы,
профессор

 А. Қалтаев
«07» 06 2023 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Теңгерімсіз тербелмелі қондырғы жетегінің түрлендіруші
механизмінің көпкритериалды синтезі»

6B07106 – «Инженерлік механика»

Орындаған

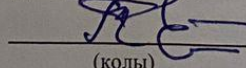
Тыныштиков Айдос Аскарулы

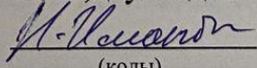
Пікір беруші

Ғылыми жетекші

доцент, т.ғ.к.

т.ғ.к., қауымдас.-проф

 Б.А.Еспаев
(қолы)

 Н.С.Иманбаева
(қолы)

«07» 06 2023 ж.

«07» 06 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

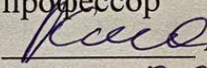
Энергетика және машина жасау институты

«Инженерлік механика» кафедрасы

6В07106 – Инженерлік механика

БЕКІТЕМІН

«Инженерлік механика»
кафедрасының меңгерушісі,
физ.-мат. ғыл. докторы,
профессор

 А. Қалтаев
«07» 06 2023 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Тыныштыков Айдос Асқарұлы

Тақырыбы: «Теңгерімсіз тербелмелі қондырғы жетегінің түрлендіруші
механизмінің көпкритериалды синтезі»

Университет ректорының 15.03.2023 ж. бастап №434-б бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «08» маусым 2023 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) штангалық сорғы қондырғыларының түрлеріне шолу және оларға тән
ақаулар мен кемшіліктерін анықтау

б) штангалық сорғы қондырғысының жетек механизмінің динамикалық
талдауы

в) сынақ кестелерін құру

г) қозғалыстың өзгеру графиктерін құру

Материалдар тізімі: Материалдарды слайдпен дайындау

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 21 атаулардан

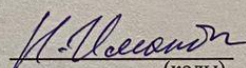
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Штангалық сорғы қондырғыларының түрлеріне шолу және оларға тән ақаулар мен кемшіліктерін анықтау	21.03.2023	—
Штангалық сорғы қондырғысының жетек механизмінің кинематикалық талдауын моделдеу	10.04.2023	—
Штангалық сорғы қондырғысының жетек механизмінің көпкритериалды синтезі	17.05.2023	—

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылаушы	Бекенов Е.Т., техн.ғыл.канд., қауым. проф.	06.06.23	

Ғылыми жетекші


(қолы)

Н.С. Иманбаева

Білім алушы тапсырманы орындауға алды


(қолы)

А.А. Тынышников

Күні

«07» 06 2023ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс түзу сызықты-бағыттаушы түрлендіргіш механизм негізінде штангалық сорғы қондырғылары жетегінің штангалық сорғы қондырғыларының жетегін оңтайлы құрылымын әзірлеу мақсатында жүргізілді. Механикалық жүйелерді есептеудің қазіргі заманғы әдістерін пайдалана отырып, ПҚ құрылымдарын оңтайлы жобалау үшін АЖЖ қойылатын заманауи талаптарға жауап беретін әмбебап бағдарламаны әзірлеп іске асыру. Кинетостатикалық анализ есебінің Maple бағдарламасында математикалық моделі жасалынып, нәтижелері алынды. Егжей - тегжейлі кинетостатикалық талдау жүргізіліп штангалық сорғы қондырғыларының жетегінің түрлендіргіш механизмі ретінде зерттелген төрт звенолы топсалы-рычагты түрлендіру механизмін пайдалану мүмкіндігін растадық

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа выполнена с целью разработки оптимальной конструкции привода штанговых насосных установок привода штанговых насосных установок на основе прямолинейно-направляющего преобразовательного механизма. Разработка и реализация универсальной программы, отвечающей современным требованиям к САПР для оптимального проектирования конструкций ПС с использованием современных методов расчета механических систем. Разработана математическая модель задачи кинетостатического анализа в программе Maple, получены результаты. Проведен детальный кинетостатический анализ и подтверждена возможность использования механизма четырехзвенкового шарнирно-рычажного преобразования, изученного как преобразовательный механизм привода штанговых насосных установок.

ANNOTATION

This thesis was carried out in order to develop an optimal design for the drive of rod pumping units for the drive of rod pumping units based on a straight-guide converter mechanism. Development and implementation of a universal program that meets modern CAD requirements for optimal design of PS structures using modern methods of calculation of mechanical systems. A mathematical model of the kinetostatic analysis problem in the Maple program has been developed, and the results have been obtained. A detailed kinetostatic analysis was carried out and the possibility of using a four-link hinge-lever conversion mechanism, studied as a conversion mechanism for the drive of rod pumping units, was confirmed.

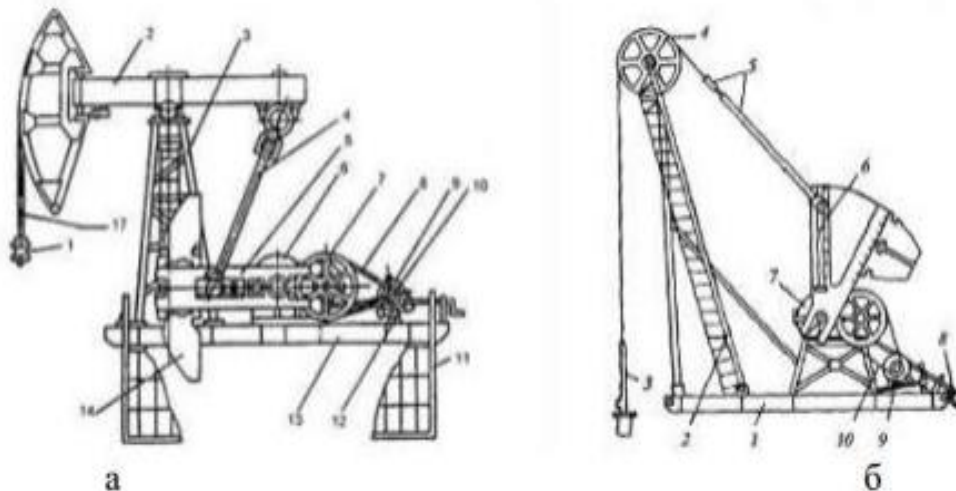
МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 Зерттеудің қазіргі жағдайын талдау және штангалық сорғы қондырғыларының жұмысына тән ақаулар	8
1.1 Зерттеудің қазіргі жағдайын талдау	8
1.2 Штангалық сорғы қондырғыларының пайдалану көрсеткіштері және жұмыстың сипаттамалық ақаулары	10
1.3 Зерттеу есебінің қойылуы	14
2 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмінің динамикалық талдауы және көпкритериалды синтезі	16
2.1 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмін динамикалық талдау	16
2.2 Штангалық сорғы қондырғыларын басқарудың төрт звенолы топсалы-рычагты түрлендіргіш механизмі	17
2.3 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмінің көпкритериалды синтезі	19
2.4 Синтез критерийлері	20
2.5 Сынақ кестелерін құру	21
2.6 ШНҚ жетегінің жаңа өздігінен реттелетін түрлендіргіш механизмінің кинематикасы, кинетостатикасы және тепе-теңдік режимдері	34
Қорытынды	38
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	39

КІРІСПЕ

Штангалық скважиналық сорғы қондырғылары Қазақстанда да, шетелде де мұнай өндіруде маңызды рөл атқарады. Скважиналардың шығыны біртіндеп төмендейтіндіктен, тербелмелі қондырғылардың тиімді жұмыс істеуі үшін штангаларды ілу нүктесінің санын азайту керек. Асинхронды электр қозғалтқышына негізделген жетек айналу жиілігін реттеу мүмкін болмағандықтан тиімсіз болады. Сондай-ақ, ШССҚ үлкен өлшемдері мен айтарлықтай салмағы бар, бұл оның металл сыйымдылығын арттырады.

Түрлендіргіш механизмдердің түрлеріне сәйкес механикалық жетектер екі топқа бөлінеді: баланsirлі (1-сурет, а) және теңгерімсіз (1-сурет, б). Біріншіден, штангалардың іліну нүктесінің кері қозғалысына шатунды-айналшақ механизм арқылы беріліс қорабының шығыс білігіне қосылатын тербелмелі рычаг арқылы қол жеткізіледі. Теңгерім құрылғысының түрі бойынша тербелетін механикалық баланsirлі станоктары жүк немесе пневматикалық теңгерім құрылғысымен жабдықталады. Теңгерім жүктемесін орналастырудың келесі әдістері бар: баланsirде, айналшақта, баланsirлі айналшақта, шатунда. Тиісінше, жетектер былай аталады: құрама және шатунды теңгерім, айналмалы, баланsirлі тербелетін қондырғы.



1 – сурет – Тербелетін Станок а-теңгерімді; б-теңгерімсіз

Қазіргі уақытта қолданыстағы стандарттарда алғашқы үш типтегі тербелмелі станоктар жасау қарастырылған. Бір иықты баланsirі бар тербелмелі қондырғылар баланsirдің бекітілген ұшында тірек орналасқан кинематикалық схема бойынша, ал теңгергіші бар шатунның қосылу нүктелері - штангаларды баланsir мен тірекке қосу арасында орындалады. Бір иықты теңгерімді тербелетін қондырғылар жүк немесе пневматикалық аккумулятормен теңгеріледі. Бірінші жағдайда жүкті баланsirге, айналшаққа немесе бір уақытта теңгергішке және иіндіге орнатуға болады. Пневматикалық теңгерім құрылғысы моноблок түрінде орындалады-пневмоцилиндрлік су тығыздағыш, ресивер, компрессор, май сорғысы.

Теңгерімсіз жетектерде штангаларды ілу нүктесінің кері қозғалысы икемді элементтері бар механизмдерді (арқандар немесе тізбектер) пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі.

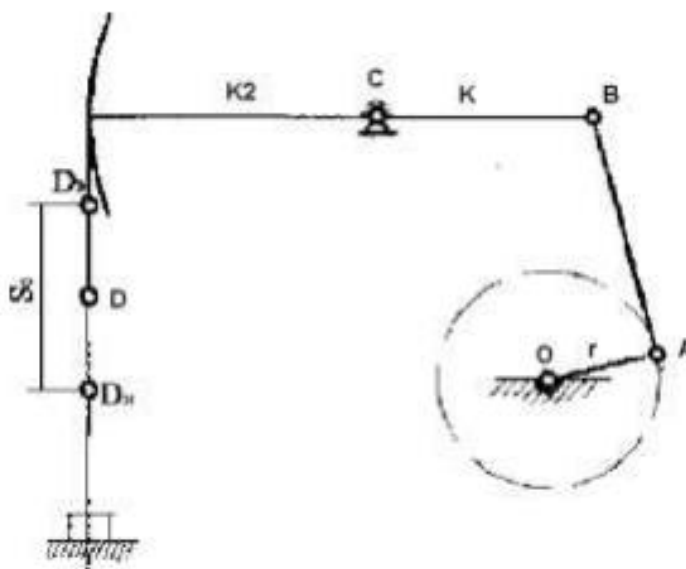
Теңгерімсіз тербелетін қондырғының артықшылықтары: - металл сыйымдылығы мен өлшемдері аз; - штангаларды ілу нүктесінің қозғалысының ең жақсы сипаттамасы.

Жоғарыда айтылғандардан зерттеудің өзектілігі туындайды. Жұмыстың мақсаты-компьютерлік модельдеу негізінде ШНУ жетегінің теңгерімсіз түрлендіру механизмінің кинематикасын, кинетостатикасын және тепе-теңдікті зерттеу және ШНҚ жетегінің теңгерімсіз түрлендіру механизмінің көпкритериалды синтезі.

1 Зерттеудің қазіргі жағдайын талдау және штангалық сорғы қондырғыларының жұмысына тән ақаулар

1.1 Зерттеудің қазіргі жағдайын талдау

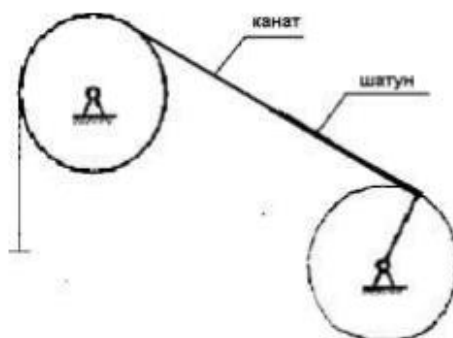
Қондырғының дизайнына түрлендіргіш механизмнің түрі мен кинематикалық схемасы үлкен әсер ететіні белгілі. Түрлендіру механизмдерінің түрлеріне сәйкес жетектерді екі топқа бөлуге болады: теңгерімді және теңгерімсіз. Бірінші жағдайда, штангалардың іліну нүктесінің алға-артқа қозғалысына тепе-теңдікті қолдану арқылы қол жеткізіледі. Тепе-теңдік ТҚ-ның айналшақты-шатунды механизмі қондырғының бір циклінің уақытында өзгертін тұрақты немесе өзгермелі ұзындықтағы сілтемелермен болуы мүмкін. Тербелмелі қондырғылар бір иықты және екі иықты тепе-теңдікте болуы мүмкін. Ең көп таралған-екі иықты теңгергіші бар тербелмелі қондырғылар (2 – сурет). Бұл жағдайда тепе-теңдік тірегі (С нүктесі) D штангаларының екі аспалы нүктесінің арасында және теңгергіштің В иіндісімен артикуляциясы арасында болады, тепе-теңдік күштері бірнеше жолмен берілуі мүмкін. Бұл үшін көбінесе тепе-теңдікке траверспен қосылған екі байланыстырушы балансир қолданылады. Бір иықты балансирі бар тербелмелі станоктар балансирдің бекітілген ұшындағы С тірегінің орналасуымен сипатталады (2 – суреттегі т. орнына), ал айналшақтан қозғалыс траверспен жалғанған байланыстырушы шыбықтар арқылы балансирге беріледі.



2 – сурет – Екі иықты тепе-теңдігі бар тербелетін машинаның кинематикалық схемасы

Теңгерімсіз жетектерде штангалардың іліну нүктесінің кері-қайтармалы қозғалысы икемді элементтері бар механизмдерді (арқандар немесе тізбектер) пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі (3–сурет). Теңгерімсіз жетектердегі

сорғы штангаларының бағанасын жылжыту икемді звено арқылы қамтамасыз етіледі - редуктордың айналшақтарын сағалық өзек ілулі тұрған траверске қосатын бірнеше арқан. Теңгерімсіз жетектердің иінділері жетектің тепе-теңдігін қамтамасыз ететін Н-тәрізді, алайда мұндай жетектер икемді байланыстың төмен сенімділігіне байланысты кең таралмады.



3 – сурет – Теңгерімсіз тербелетін қондырғының кинематикалық схемасы

Жұмыста [1] мұнай өндіруге арналған ұзақ жүретін скважиналық сорғы қондырғылары (түбі) қарастырылады, олардың бірқатар ерекшеліктері бар. Барлық қондырғылар салмақ өлшеудің жүк түрін қолданады, оны іс жүзінде жүзеге асыру үшін қосымша құрылғылар қолданылады: дінгек немесе шурф.

ПНКШ 150-3, ПНКШ 210-3, 5, ПНКШ 300-3, 5, ПНКШ 300-4, ПНКШ 420-4, ПНКШ 420-4, 5 сияқты иінді-шківті түрлендіру механизмі бар теңгерімсіз тербелмелі станоктар бар (4 – сурет).



4 – сурет – Теңгерімсіз тербелетін қондырғы

Мұнда жетектер ұңғыма сорғысының поршеніне штангалар бағанасы арқылы кері қозғалыс беруге арналған.

Арқан бұтақтарының V-тәрізді орналасуымен айналшақты-шкивті түрлендіру механизміне негізделген теңгерімсіз тербелмелі станоктардың жаңа звеносы бола отырып, бұл жетектер кинематикалық жетілуі бойынша өздерінің және шетелдік өндірушілердің әдеттегі тербелмелі станоктарының ең жақсы үлгілерінен асып түседі.

Динамикалық фактордың төмендеуіне және тепе-теңдіктің жоғары дәрежесіне, жүріс ұзындығының ұлғаюына және тербеліс санының азаюына байланысты электр энергиясының шығыны едәуір азаяды және қуат коэффициенті артады, штангалардың, түтік пен сорғының қызмет ету мерзімі артады, ал сағалық өзекке жүктеме бойынша қорғаныстың болуы оларды кептелу (ұстап алу) кезінде штангалардың бұзылуын іс жүзінде болдырмайды. жоғары және төмен жылжу кезінде ілулі.

Жұмыста [2] вентильді электр қозғалтқышы мен тірек берілісі бар жетек негізінде өлшемдері кішірек және салмағы аз теңгерімсіз тербелмелі станоктың дизайны жасалды. Асинхронды қозғалтқышпен салыстырғанда клапан қозғалтқышының артықшылықтары бар: айналу жиілігінің өзгеруінің кең ауқымы, жоғары энергия көрсеткіштері, жоғары қызмет ету мерзімі және жоғары сенімділік.

Жұмыста [3, 4] керілу шкивінің тікелей жетекші иіндіге тік сызықты кері қозғалысын қамтамасыз ететін және оны рельсте орнатылған бағыттаушы шкивтер арқылы сағалық өзек суспензиясына беретін дифференциалды айналшақты түрлендіру механизмі ұсынылған.

Тербелмелі станоктардың дифференциалды түрлендіру механизмінің ерекшелігі-айналшақтардың беріліс қорабының бір жағында орналасуы, Орталық иінді корпуста орналасқан сыртқы іліністің цилиндрлік берілісі арқылы өзара байланысуы, радиустары тең және әртүрлі бағытта айналуы.

Дифференциалды тербелмелі станоктардың ұзындығы реттелмейді, тек электр қозғалтқышының білігіндегі шкивтердің өзгеруіне байланысты тербеліс жиілігі өзгереді.

Дипломдық жұмыста II класты төрт звенолы түзу сызықты бағыттаушы түрлендіргіш механизмі негізінде штангалық сорғы қондырғыларының теңгерімсіз жетегінің дизайны зерттелді.

Техникалық нәтижеге негізгі төрт звенолы механизмнің байланыстырушы өзек нүктесі түзу сызықты кері қозғалысты орындайтын икемді буынның суспензия нүктесі болып табылады. Әр түрлі диаметрлі барабандар арқылы икемді буынға тербелетін машинаның штангаларының бағанасы бекітіледі.

1.2 Штангалық сорғы қондырғыларының пайдалану көрсеткіштері және жұмыстың сипаттамалық ақаулары

Маңғыстау мұнайы мен газының құрамдас бөліктері әлемдегі ең сұранысқа ие өнеркәсіп – мұнай химиясын дамытуға нақты перспективалар береді. Облыстың ең ірі кәсіпорындары:

"Маңғыстаумұнайгаз" ААҚ-жылына 4,5 млн. тонна мұнай өндіру;

"Өзенмұнайгаз" ААҚ-жылына 3,5 млн. тонна мұнай өндіру;

"Қаражанбасмұнай" ААҚ-жылына 0,7 млн. тонна мұнай өндіру.

Өңір өндірісінің негізі мұнай өндіру өнеркәсібі болып табылады, онда 3 мұнай кәсіпорны республикада жалпы өндірілетін мұнайдың 30% - дан астамын және газдың 20% береді. Бұл негізгі сала және облыс экономикасында жалпы өнім көлемінің 70,6% алады.

"Қаражанбасмұнай" АҚ - да ресейлік өндірістің келесі тербелмелі станоктары қолданылады: СК8-3,5-4000 және СКД8-3,0-4000 (2-сурет). Шетелдік өндірістегі тербелмелі станоктардан LUFKIN компаниясы шығарған американдық PF8-3,5-4000 қолданылады.

Аталған тербелмелі станоктардың техникалық сипаттамалары 3-кестеде, ал осы тербелмелі станоктарда қолданылатын редукторлардың техникалық сипаттамалары 4 – кестеде келтірілген.

3–кесте – Қолданылатын тербелмелі станоктардың техникалық сипаттамалары

Сипаттамасы	Тербелетін машинаның стандартты өлшемі		
	СК8-3,5-4000	СКД8-3,0-4000	PF8-3,5-4000
Өндіруші ел	РЕСЕЙ	РЕСЕЙ	АҚШ
Номиналды жүктеме (сағалық сабақта), кН	80	80	80
Сағалық өзек жүрісінің номиналды ұзындығы, м	3,5	3,0	3,5
Номиналды айналу моменті (редуктордың Шығыс білігінде) кН * м	40	40	40
Теңгергіштің 1 минуттағы тербеліс саны	5-12	4-12	5-12
Редуктор	Ц2НШ-750Б	Ц2НШ-750Б	PF8-3,5-4000

4–кесте – Қолданылатын редукторлардың техникалық сипаттамалары

Сипаттамасы	Редуктордың стандартты өлшемі	
	Ц2НШ-750Б	PF8-3,5-4000
Өндіруші ел	РЕСЕЙ	АҚШ
Түрі	Екі сатылы цилиндрлік	
Номиналды айналу моменті (шығыс білігінде), кН*м	40	40
Беріліс саны	37,18	37,18

Тербелетін машиналар мен олардың редукторларының жиі кездесетін немесе мүмкін болатын ақаулары 5-кестеде келтірілген.

5-кесте Тербелмелі станоктар мен олардың редукторларының сипаттамалық ақаулары және оларды жою әдістері

Ақаулықтың атауы, сыртқы көрінісі және қосымша белгілері	Мүмкін себептері	Жою әдісі
1	2	3
Қондырғының тербелуі. Бөлшектерді бір-біріне қатысты бейберекет жылжуы.	Дұрыс орындалмаған іргетас. Тербелмелі қондырғыны (станок-качалка) дұрыс орнатпау. Редуктор тірегін белдікке және раманы іргетасқа бекітетін болттардың босап кетуі.	Дұрыс емес құрастыру орындарын тексеру және түзету керек. Барлық болт қосылымдарын бекіту, гайкаларды орнату керек. Бекіту күйін үнемі қадағалап отыру керек.
Қондырғының дірілі.	Тербелістер санының және сағалық өзекке түсірілетін жүктеменің едәуір артуы. Қондырғының теңгерімсіздігі.	Станоктың жұмыс режимі ұсынылған қолдану саласына және станоктың техникалық сипаттамасына сәйкес белгіленеді. Қондырғыны тексеру және теңгеру.
Айналшақ саусағының айналып кетуі. Қайталанатын сықыр.	Айналшақ саңылауындағы саусақты қатайту. Саусақтың айналшақ түйнегімен сәйкес келмеуі. Саусақ пен втулканың тозуы.	Гайка мен бақылау гайкасын қатайту. Саусақты дұрыс бекіту және оларды өзгерту.

5-кестенің жалғасы

1	2	3
Байланыстырушы штанганың траверспен байланысын әлсірету.	Қосылыстың тозуы.	Тозған бөлікті ауыстыру.
Бұлғақтың айналшақпен қарсысалмаққа тиіп қалуы. Қайталанып отыратын тырсыл.	Балансир дұрыс орнатылмаған немесе бүкіл қондырғы реттелмеген.	Қондырғының массалар центрін орнықтыру: балансир осінің қондырғының бойлық осіне сәйкес келгенше реттеу.
Траверса тірегіндегі мойынтірек корпусының жылжуы. Траверса мойынтірегінің корпусындағы болттың босауы.	Мойынтірек корпусы мен балансир тіреулерінің арасында саңылаудың болуы. Гайкалар мен болттардың тірек беттеріне тығыз жанаспауы.	Қажетті қалыңдықтағы тығыздағыштарды салу және оларды дәнекерлеу. Гайкаларды қатайту. Мойынтірек корпусындағы ұялардың осьтері мен болттар үшін саңылаулардың өзара ауысуы жағдайында ұяларды кеңейту.
Айналшақ редуктордың жетектегі білігімен байланысын бұзу.	Айналшақ дифференциалды тартқышының бекіткіштерін босату.	Дифференциалды тартқышты қатайту.
Балансир осінің балансирмен байланысының бұзылуы.	Болттарды босату және балансир тірегінің осі мен балансирдегі тіреу жолақтары арасында бос орындардың болуы.	Саңылауларды жою үшін тығыздағышты орнату, гайкаларды қатайту.
Балансирдің штангалар бағанына қосылуын әлсірету. қысқыштарындағы сағалық өзектің немесе арқандардың сырғуы. Жеке арқан сымдарының үзілуі.	Арқан мен сағалық өзек мөлшерінің плашка мөлшеріне сәйкес келмеуі. Тістердің тозуы. Арқанның тозуы.	Тиісті штангалар мен арқандарды ауыстыру. Плашкаларды ауыстыру. Арқанды ауыстыру.

5-кестенің жалғасы

1	2	3
Тербелетін қондырғының домалау мойынтіректерінің дұрыс жұмыс істемеуі. Мойынтіректердегі шу.	Майлау жеткіліксіз. Мойынтіректердің тозуы немесе сынуы.	Майлау талаптарын орындау. Мойынтіректерді күн майымен шаю. сынған немесе тозған подшипникті тексеріп, ауыстыру. Мерзімінен бұрын істен шыққан жағдайда бұралудың бар жоғын тексеру.
Берілістегі қайталанатын соққылар.	Тісті доңғалақтардың бір немесе бірнеше тістерінің сынуы. Бөгде заттың тістердің арасына түсіп кетуі.	Сынған және жұпталған редукторларды ауыстыру. Редуктор картерін сынған тістерден және бөгде заттардан тазалау және майды ауыстыру.
Редуктор корпусындағы қосылған жерлерінің тығыз болмауы және май ағуы. Корпус қақпағының пульсациялары.	Корпустың және беріліс қорабы қақпағының болттарының босауы. Бөлу сызығы бойында тығыздағыш пастаның болмауы.	Бекіту болттарын қатайту. Корпустың қақпағын алу, қосқыш жазықтығын тығыздағыш пастасымен жабу. Тығыздау пастасы болмаған жағдайда бояумен жабуға рұқсат етіледі.

1.3 Зерттеу есебінің қойылуы

Қолданыстағы тербелмелі станоктардың жұмысына жоғарыда келтірілген талдау көрсеткендей, олардың келесі маңызды кемшіліктері бар:

1. Редуктордағы жүктеменің нашар теңгерілуіне байланысты өте үлкен ауыспалы және айналшақ саусақтарына айтарлықтай күш әсер етеді.
2. Қондырғылардың тиімділігі төмен (40% - дан сәл астам).
3. Құрылымның металл сыйымдылығы және тіректердегі жүктемелер үлкен болғандықтан жоғары сапалы бетоннан жасалған іргетастың қажеттілігін тудырады.
4. Осы қондырғыларды пайдаланудың қолданыстағы технологиясымен жүктемелерді азайту және жетектің жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін

терендік сорғысының ең кіші диаметрі таңдалады, плунжердің жүрілген ұзындығын азайтады (плунжердің орташа ұзындығы 1,7 м, есептелген кезде - 3 м дейін), сорғыны беру коэффициенті өте төмен болған кезде минутына қос поршеньді соққылардың санын көбейтеміз.

5. Қолданыстағы СК дизайны негізінен екі жұптасқан кинематикалық тізбектер болып табылады, параллель жазықтықтарда жұмыс істейді. Түрлендіргіш механизмде екі айналшақ және траверс арқылы теңгерімге қосылатын екі шатун бар. Механизм Л.Н.Решетов пен С.Н.Кожевников бойынша статикалық анықталмайтын жүйе болып табылады, бұл тиімділікке айтарлықтай әсер етеді және элементтердің қосымша тозуын тудырады.

Статикалық анықталмағандықты жою өзін-өзі реттейтін құрылымы бар кеңістік механизмдер негізінде мүмкін болады. Мұндай станоктарда өлшемдері кішірек балансир басы сальникті өзекке тікелей жалғанады. Мұндай схема бойынша құрастырылған тербелмелі қондырғы ықшам және аз салмағымен ерекшеленеді. Тербеліс моментін азайту арқылы "Жоғарғы тіректі" төмендету, құрылымның металл сыйымдылығын азайтуға және іргетасты кішірейтуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде келесі зерттеу міндеттері қойылды:

1. ШНҚ жетегінің түрлендіру механизмінің кинематикасын, кинетостатикасын және теңгерілу режимдерін компьютерлік моделін құрастыру және зерттеу.
2. ШНҚ жетегінің түрлендіру механизмінің кинематикасы мен кинетостатикасын есептеудің компьютерлік бағдарламасын әзірлеу.
3. Айналмалы және аралас теңдестіру кезінде ШНҚ жетегінің түрлендіргіш механизмін оңтайлы динамикалық синтездеу мәселесін шешу.

Сапа критерийлерінің кешені бойынша ШНҚ жетегінің өздігінен реттелетін кеңістіктік механизмінің динамикалық синтезін жүргізу.

2 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмінің динамикалық талдауы және көпкритериалды синтезі

2.1 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмін динамикалық талдау

Штангалық сорғылар үшін жетек ретінде дәстүрлі түрде қарапайым зерттелген схемасы бар және басқа жетектермен салыстырғанда үнемді, жөндеуге жарамды құрылымы бар тербелмелі баланстық станоктар қолданылады [5, 6, 7-12, 13, 14,15].

Жұмыстар [16, 17] кинематикалық және кинетостатикалық есептеулер мен екі иінді теңгергішпен және айналмалы теңгерумен ШНҚ түрлендіру механизмдерін оңтайлы теңестіруге арналған әдістемені, алгоритмдерді және қолданбалы бағдарламаларын жасады. Әдістеме мен бағдарламалар қуысының тығыздағышында 6т және 8т толтырғыштағы максималды жүктемелермен ПШН 6-2,5-3500 және ПШН 8-3-4500 сорғы қондырғыларын есептеу үшін пайдаланылды.

Түзу сызықты бағыттаушы-түрлендіргіш механизмдерді пайдалану альтернативті мүмкіндік юолып табылады. Сонымен, "қалқымалы балансирмен" ТҚ артықшылығы СКН70-3012 тербелмелі қондырғының негізінде жасалған 2СКМ7 түрін әзірлеу және пайдалану тәжірибесімен расталды [7, 16]. Мұнда түрлендіру механизмі ретінде Эванстың лемнискаттық түзу сызығы қолданылады. Түзу сызықты бағыттаушы механизмдерді қолданудың тағы бір мысалы Миннесота штатының жақында дамуы [20] болып табылады, онда стержень суспензиясының кері қозғалысы Робертс механизмімен қамтамасыз етіледі. Әзірлеудің мақсаты - типтік қондырғылардағы массивтік және күрделі басын ("horse head") бастапқыда жою болып табылады [12]. Сонымен қатар, екі жағдайда да жалпы өлшемдер прототиптермен салыстырғанда екі есе аз болды. Түзу сызықты бағыттаушы механизмдердің басқа да түрлері бар, оларды тиімді пайдалануға болады [16-20]. Бірақ қарастырылып отырған мәселеге қатысты оларды жүйелі түрде зерттеу ешқашан жүргізілмеген.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері

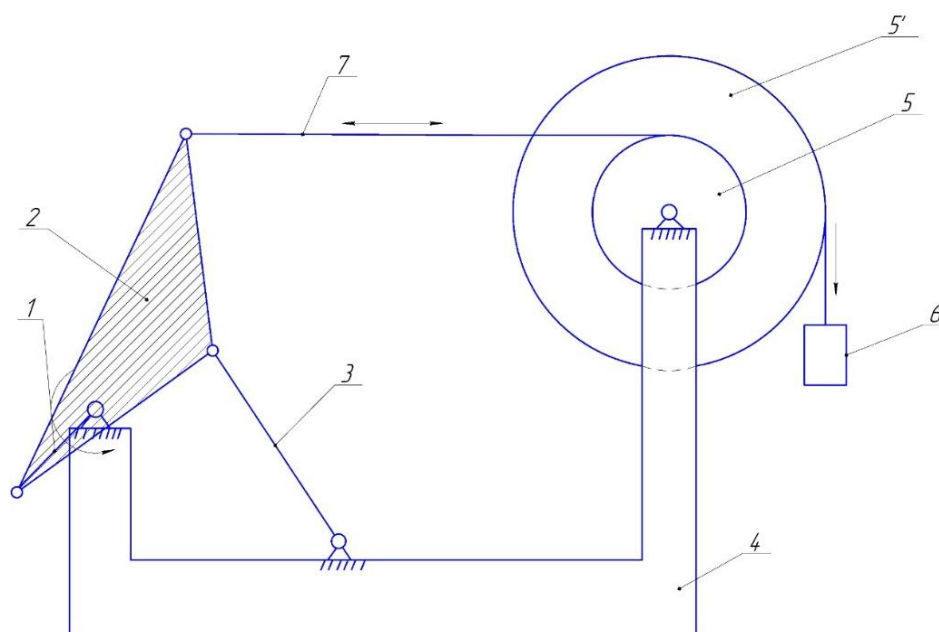
[21] жұмысында алты звенолы топса-рычаг механизмінің қозғалысы зерттеліп, келесі мәселелер шешілді: алты звенолы түзу сызықты - бағыттаушы түрлендіргіш механизмнің кинематикалық талдауының міндеті; механизмнің позицияларының функцияларын анықтау; алты звенолы түзу сызықты - бағыттаушы түрлендіргіш механизмнің күштік талдауының міндеті; кинематикалық жұптардағы реакциялардың күшін анықтау. Сондай - ақ, ШНҚ жетегінің алты звенолы түзу сызықты бағыттаушы механизмінің кинематикасы мен кинетостатикасын зерттеудің компьютерлік моделі жасалды.

Осы зерттеулердің негізінде біз штангалық сорғы қондырғыларының төрт звенолы-рычагты түрлендіру механизмін теңгеру мәселесін шешеміз.

2.2 Штангалық сорғы қондырғыларын басқарудың төрт звенолы топсалы-рычагты түрлендіргіш механизмі

Тербелмелі қондырғы жетек механизмінде 1-айналшак (5-сурет), 2-байланыстырушы өзек бір жағынан 1-иіндіге, ал екінші жағынан коромысло, ол үшбұрышты контурға ие. Рокер 3 және иінді 1-4-тірекке бекітілген.

СК жетек механизмі келесідей жұмыс істейді. Момент редуктордан (диаграммада көрсетілмеген) иінді 1 осіне беріледі. Иінді 1-нің 2-байланыстырушы шыбық арқылы айналуы 5 және 5' барабандар арқылы 6-штангалық баған бекітілген 7 икемді буынға беріледі. Байланыстырушы өзек нүктесі Р, түзу сызықты кері қозғалысты орындайтын 7 икемді буынның суспензия нүктесі.



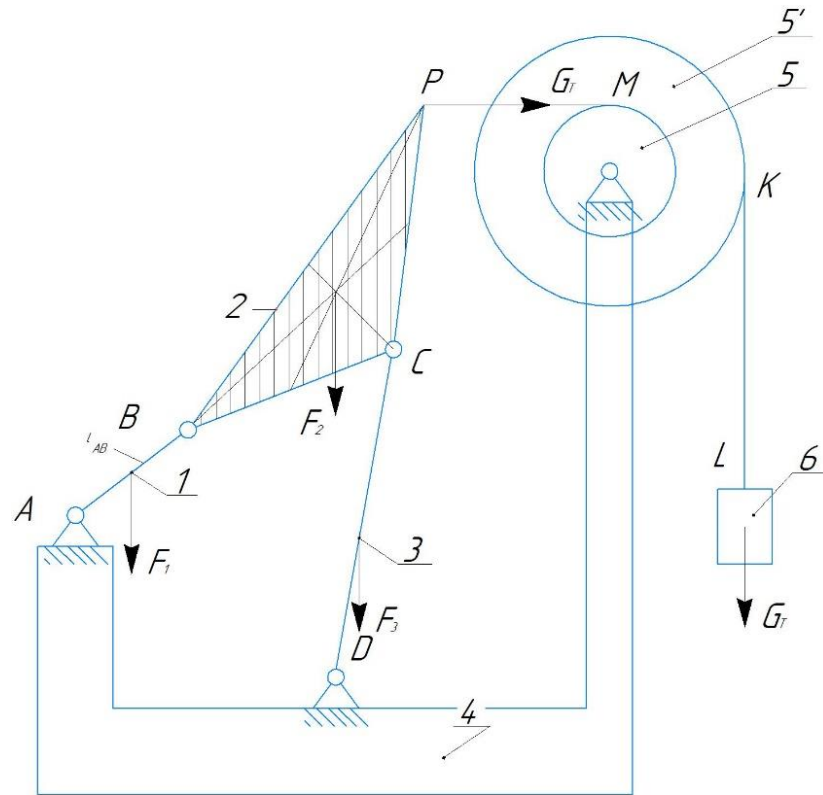
5 – сурет – жоғарғы позициядағы штангалық сорғы қондырғыларының жетек механизмінің кинематикалық схемасы

ШНҚ жетегінің төрт звенолы механизмнің Күшін талдау мәселесін қарастырыңыз. Штанга колоннаның К нүктесіндегі механизмге колонна штангтан түсетін жүктеме $\vec{G}_T$, сондай-ақ звенолардың ауырлығы $\vec{F}_i$ және жүктер (6-сурет).

Біз әр звеноның тепе-теңдігін қарастырамыз.

Айналшак S_1 нүктесінде әсер етеді, айналшак центрінде масса $\vec{F}_1$ – айналшак салмағы және қозғалтқыш моменті $\vec{M}_D$, В нүктесінде де реакция $\vec{R}_{21}$ және А нүктесінде реакция $\vec{R}_{01}$. 1-ші звено үшін тепе-теңдік теңдеулерін құрамыз.

$$\begin{aligned}
R_{01}^x + R_{21}^x &= 0 \\
-G_1 + R_{01}^y + R_{21}^y &= 0 \\
F_1(X_{S1} - X_A) + R_{21}^y(X_B - X_A) + R_{21}^x(Y_B - Y_A) + M_D &= 0.
\end{aligned}
\tag{1}$$



6 – сурет – Штангалық сорғы қондырғыларының жетегінің төрт буынды топсалы-тұтқалы түрлендіргіш механизмін күштік талдау

Енді 2-ші звеноның тепе-теңдігін қарастырайық. Шатунға шатунның массасының центріне әсер етеді F_2 - шатунның салмағы және реакция күштері $\vec{R}_{12}$ $\vec{R}_{32}$ және шатун P нүктесінде көлденең бағытталған күш $\vec{G}_T$.
2-ші звено тепе-теңдік теңдеулерін құрастырамыз

$$\begin{aligned}
-R_{21}^x + R_{32}^x + G_T &= 0 \\
-F_2 + R_{21}^y + R_{32}^y &= 0 \\
F_2(X_{S2} - X_B) + R_{32}^y(X_C - X_B) + R_{32}^x(Y_C - Y_B) + G_T(Y_P - Y_B) &= 0.
\end{aligned}
\tag{2}$$

Енді 3-ші звеноның тепе-теңдігін қарастырайық. Үшінші звено S_3 нүктесінде әрекет етеді, күш F_3 - үшінші звено салмағы, C нүктесінде реакция күші $\vec{R}_{23}$ және D нүктесінде реакция күші $\vec{R}_{03}$.

Содан кейін 3-ші звено үшін

$$\begin{aligned}
R_{03}^x - R_{32}^x &= 0 \\
-F_3 + R_{03}^y - R_{32}^y &= 0 \\
F_3(X_{S3} - X_D) + R_{32}^y(X_C - X_D) + R_{32}^x(Y_C - Y_D) &= 0.
\end{aligned}
\tag{3}$$

Осы құрылған теңдеулерден R_{21}^x , R_{21}^y , R_{32}^x , R_{32}^y , R_{03}^x , R_{03}^y белгісіз мәндерін анықтаймыз.

Теңгеруші күштің мәнін анықтау үшін А нүктесіне қатысты моменттер теңдеуін жасаймыз

$$P_{yp} \cdot AB - Y_{S1} \cdot F_1 + X_B \cdot R_{01}^y - Y_B \cdot R_{01}^x = 0 \quad (4)$$

$$P_{yp} = \frac{Y_{S1} \cdot F_1 - X_B \cdot R_{01}^y + Y_B \cdot R_{01}^x}{AB} \quad (5)$$

Теңдеулер жүйесін шешкен кезде біз сандық әдістерді қолданамыз және топсалар мен тіректердің реакцияларының мәндерін аламыз, сондай-ақ $\vec{M}_D$ мәнін аламыз.

$$M_{yp} = (Y_{S1} \cdot F_1 - X_B \cdot R_{01}^y + Y_B \cdot R_{01}^x) AB \quad (6)$$

Әрі қарай орын ауыстырулар принципі бойынша нәтижелердің сенімділігі үшін келесі теңдеуді құрамыз:

$$\bar{F}_1 \bar{V}_{S1} + \bar{F}_{21} \bar{V}_{S2} + \bar{F}_{32} \bar{V}_{S3} + \bar{G}_T \bar{V}_P + M_i \omega_i = 0 \quad (7)$$

Мұндағы, $\bar{V}_i$ - бұл ауырлық күштерін қолданудың тиісті нүктелерінің жылдамдығы;

ω_{OA} - айналшақтың бұрыштық жылдамдығы; индекс АВ

M – айналшақ білігіндегі айну моменті.

Содан кейін айналшақ білігіндегі моментті анықтау үшін біз аламыз

$$M_i = -\frac{1}{\omega_i} (\bar{F}_1 \bar{V}_{S1} + \bar{F}_{21} \bar{V}_{S2} + \bar{F}_{32} \bar{V}_{S3} + \bar{G}_T \bar{V}_P) \quad (8)$$

Онда

$$M_{yp} = M_i \quad (9)$$

2.3 Теңгерімсіз штангалық сорғы қондырғысының төрт буынды жетек механизмінің көпкритериалды синтезі

Қарастырылып отырған механизмнің көпкритериалды синтезі кезінде біз келесі деректерді қарастырамыз. Механизмнің құрылымын белгілі деп аламыз – 6-суретте көрсетілген механизм. Тірекке бекітілген топсалардың координаттары $X_D = 0$, $Y_D = 0$ және $P_B = 20 \text{ кН}$ жоғары көтерілгенде және $P_H = 15 \text{ кН}$ төмен түскенде колонна штанганың бекітілу нүктесіндегі белгілі жүктемелер.

Өзгермелі параметрлер ретінде механизмнің келесі айнымалы өлшемдері таңдалады:

- Айналшақтың айналу осінің координаталары $x_1 = X_A$, $x_2 = Y_A$
- Төртінші звеноның ұзындығы $x_3 = l_4$ (6-сурет).
- Төртінші звеноның төменгі шеткі орны $x_4 = \beta_0$.

Қалған геометриялық параметрлер $l_2 = r$ – айналшақтың ұзындығы және $l_3 = l_{ш}$ - шатунның ұзындығы теңгерімнің берілген экстремалды позициялары арқылы есептеледі: $\beta' = \beta_0$, $\beta'' = \beta_0 + \beta_{размах}$.

Звенолардың массалары m сәйкесінше анықталған звенолар прототипі m' және прототип звеноларының ұзындығы l' , сондай-ақ табылған l ұзындығы, келесі түрде анықталады: $m = \frac{l}{l'} m'$.

2.4 Синтез критерийлері

Прототипті зерттеу кезінде анықталғандай, қолданыстағы тербелмелі қондырғылардың кемшіліктері:

Қондырғының нашар теңгерілу, ол айналшақ саусағындағы тангенциалды жүктеменің таңбаауысуынан және $\vec{M}_{кр}$ -айналу моментінің үлкен абсолютті мәндерінен байқалады.

2. "Жоғарғы тірек" топсасындағы маңызды реакциялар, нәтижесінде іргетасқа үлкен тербеліспен әсер етеді.

Көптеген басқа кемшіліктер, мысалы, қуатты көп тұтыну, редуктордағы ауыспалы жүктемелер, күрделі қымбат Новиков берілістерін пайдалану қажеттілігі, қондырғының үлкен металл сыйымдылығы, іргетасты құю үшін қымбат металл бетон құрылымын пайдалану, тербелісті жою мақсатында және т.б. осы екі кемшіліктерге байланысты.

Сондықтан көпкритериалды синтез мәселесін шешкен кезде біз көрсетілген кемшіліктерді ескереміз. Сонымен, "жоғарғы тіректің" биіктігін төмендету арқылы іргетастың тербеліс моментінің мөлшерін азайтуға болады. Жоғарыда айтылғандардың негізінде сапа критерийлері бойынша келесілер таңдалды:

Негізгі критерийлер:

1. Оңтайлы теңгеруді орындағаннан кейін моменттің максималды абсолютті мәнін азайтамыз

$$C_1 = \max |M_{кр}| \Rightarrow \min$$

2. D топсасындағы реакцияның максималды абсолютті мәнін азайту

$$C_2 = \max |R_{03}| \Rightarrow \min$$

3. "Жоғарғы тіректің" биіктігін төмендету үшін $H = Y_D - Y_A \Rightarrow \min$.
 Y_D берілгендіктен, критерий ретінде әрекет етеді
 $C_3 = Y_A \Rightarrow \max$,
яғни Y_A координатасын барынша көбейту.

Қосымша критерийлер:

4. Шатундық топсалардағы реакцияның максималды абсолютті мәнін

$$\text{азайту } C_4 = \max |R_{12}| \Rightarrow \min; \quad C'_4 = \max |R_{32}| \Rightarrow \min$$

5. Айналшақ білігіндегі реакцияның максималды абсолютті мәнін

$$\text{азайту } C_5 = \max |R_{01}| \Rightarrow \min$$

6. $\mu = (\overrightarrow{CB}, \overrightarrow{CD})$ қозғалысының берілу бұрышын жақсарту, яғни косинустың максимум мәнін беретін ең кіші бұрышты анықтау

$$\mu_1 = \min(\mu, \pi - \mu). \quad C_6 = \min(\cos \mu_1) \Rightarrow \max$$

2.5 Сынақ кестелерін құру

Өзгермелі параметрлердің мәндерін өзгерту үшін $x_1, x_2, \dots, x_4$ және көп критерийлі оңтайландырудың қарастырылған күрделі мәселесін шешу үшін біз Собол-Статников[22] кездейсоқ іздеу әдісін қолданамыз. Бұл әдіске сәйкес, өзгермелі параметрлердің бес өлшемді кеңістігінде нүктелердің кездейсоқ тізбегін құру үшін «ЛПТ_τ - тізбегінің генераторын» қолданған жөн. Бұл генераторды пайдалану кездейсоқтық пен біркелкілік бойынша берілген іздеу аймағын ең жақсы қамтуға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, егер төрт өлшемді текшені біркелкі тормен жабу кезінде әр осьте 10 мәнді орнатқанда, $10^4 = 10000$ нүктені ескеру қажет. Ал $C_1, C_2, \dots, C_6$ критерийлерінің мәнін тордың түйіндік нүктелерінің әрқайсысының есебімен сынақ кестесін алу үшін механизмнің кинематикалық талдауын және механизмнің кинетостатикалық талдауын 10000 рет орындау керек, сонымен қатар 10 000 механизмнің оңтайлы теңгерілуін қарастырамыз. Собол-Статников кездейсоқ іздеу әдісін пайдаланған кезде конструктор іздеуді үзуі мүмкін, өйткені кездейсоқ нүктелер арқылы қажетті нәтижеге қол жеткізіледі: $k = 5, 6, \dots$. 5-6 параметрі және 5-6 сапа критерийлері бар Собол-Статников әдісін қолдану арқылы ұқсас есептерді шешу тәжірибесі $2^{10} = 1024$ -тен $2^{13} = 8192$ дейін сынақ нүктелерін пайдалану жеткілікті екенін көрсетеді. Тіпті 15-20 айнымалы параметрі бар есептер үшін $2^{16} = 65536$ Собол нүктесін пайдалану жеткілікті.

Шекаралары бар келесі төртбұрышты іздеу аймағын $\prod = \prod_{j=1}^5 [x_j^{лев}, x_j^{прав}]$ белгілейік $x_j^{лев} \leq x_j \leq x_j^{прав}, j = 1, \dots, 4$

$$\begin{aligned} x_1^{лев} &= 0,6м, & x_1^{прав} &= 1,5м \\ x_2^{лев} &= 1м, & x_2^{прав} &= 2,5м \\ x_3^{лев} &= 0м, & x_3^{прав} &= 1,2м \\ x_4^{лев} &= 1,4м, & x_4^{прав} &= 2м \\ x_5^{лев} &= -15 \text{ градус}, & x_5^{прав} &= -50 \text{ градус} \end{aligned}$$

« $ЛП_\tau$ тізбегінің генераторы » - қосалқы бағдарламасы $ЛП_\tau(4, \alpha, T)$, мұнда $T - t_1^\alpha, t_2^\alpha, \dots, t_4^\alpha, \alpha = 1, \dots, 2^k$, компоненттері бар төрт өлшемді вектор, төрт өлшемді текшеде біркелкі бөлінген кездейсоқ нүктелерді тудырады $1^4 = [0, 1]^4$.

Төрт өлшемді параллелепипедте біркелкі таралған нүктелердің кездейсоқ тізбегін алу үшін қарапайым өрнек қолданылады.

$$x_j^{(\alpha)} = x_j^{лев} + (x_j^{прав} - x_j^{лев}) \cdot t_j^{(\alpha)}, j = 1, \dots, 4, \alpha = 1, \dots, 2^k$$

Кездейсоқ тізбектің осы 2^k нүктесінің әрқайсысы үшін кинематикалық, кинетостатикалық талдау және оңтайлы динамикалық теңгерімдеу алдыңғы бөлімдерде сипатталған модельдер мен әдістерді қолдану арқылы орындалады. Нәтижесінде келесі сынақ кестелері алынды

15-кесте – Сынақ кестесі

Alpt	XA	YA	ZA	l_3	beta0	l_1	l_2
1	1,05	1,75	0,6	1,7	-32,5	1,027851	2,315625
2	0,825	2,125	0,3	1,85	-23,75	1,127271	2,77056
3	1,275	1,375	0,9	1,55	-41,25	0,925303	1,999432
4	0,7125	1,9375	1,05	1,925	-36,875	1,090386	1,738139
5	1,1625	1,1875	0,45	1,625	-19,375	0,927114	2,736239
6	0,9375	1,5625	0,75	1,475	-45,625	0,80837	1,926968
7	1,3875	2,3125	0,15	1,775	-28,125	1,061623	3,079547
8	0,65625	2,40625	0,825	1,588	-21,5625	0,93048	2,453787
9	1,10625	1,65625	0,225	1,888	-39,0625	1,14319	2,503092
10	0,88125	1,28125	1,125	1,738	-30,3125	1,028008	1,802134
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

15-кестенің жалғасы

Alpt	XA	YA	ZA	l_3	beta0	l_1	l_2
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
111	1,464844	1,691406	1,059375	1,545313	-28,9453125	0,929359792	2,244544
112	0,649219	2,394531	0,121875	1,976563	-25,6640625	1,197448697	2,911626
113	1,099219	1,644531	0,721875	1,676563	-43,1640625	0,957846438	2,03866
114	0,874219	1,269531	0,421875	1,526563	-16,9140625	0,881230908	2,673329
115	1,324219	2,019531	1,021875	1,826563	-34,4140625	1,032258166	2,16409
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
469	1,20293	1,735352	0,194531	1,668359	-31,3378906	1,01474257	2,761425
470	0,97793	1,360352	1,094531	1,518359	-40,0878906	0,904258094	1,688007
471	1,42793	2,110352	0,494531	1,818359	-22,5878906	1,107789196	2,865353
472	0,69668	2,016602	1,169531	1,555859	-29,1503906	0,874765919	1,880676
473	1,14668	1,266602	0,569531	1,855859	-46,6503906	1,128891236	2,058765
474	0,92168	1,641602	0,869531	1,705859	-20,4003906	1,028393232	2,26146
475	1,37168	2,391602	0,269531	1,405859	-37,9003906	0,729509578	2,9429
476	0,80918	1,079102	0,119531	1,780859	-42,2753906	1,082986199	2,428109
477	1,25918	1,829102	0,719531	1,480859	-24,7753906	0,897235178	2,49528
478	1,03418	2,204102	0,419531	1,630859	-33,5253906	0,930986227	2,596688
479	1,48418	1,454102	1,019531	1,930859	-16,0253906	1,071023503	2,571618
480	0,626367	1,149414	1,000781	1,715234	-46,1035156	1,045625279	1,453721
481	1,076367	1,899414	0,400781	1,415234	-28,6035156	0,847076635	2,642354
482	0,851367	2,274414	0,700781	1,565234	-37,3535156	0,805578425	2,303952
.	.	.	.	.	.	.	.
2983	1,407935	1,584106	0,264551	1,7104	-39,9768066	1,028209673	2,609584
2984	0,676685	1,677856	0,789551	1,6729	-46,5393066	0,897785265	1,75723
2985	1,126685	2,427856	0,189551	1,9729	-29,0393066	1,177285788	2,927327
2986	0,901685	2,052856	1,089551	1,8229	-37,7893066	0,95416997	1,865519
2987	1,351685	1,302856	0,489551	1,5229	-20,2893066	0,897718361	2,741743
2988	0,789185	2,240356	0,339551	1,7479	-24,6643066	1,05628344	2,744732
2989	1,239185	1,490356	0,939551	1,4479	-42,1643066	0,821441466	1,978851
2990	1,014185	1,115356	0,039551	1,5979	-15,9143066	0,889447482	3,124357
2991	1,464185	1,865356	0,639551	1,8979	-33,4143066	1,146411277	2,485803
2992	0,64856	1,068481	0,527051	1,46665	-38,8830566	0,893729042	2,053656
2993	1,09856	1,818481	1,127051	1,76665	-21,3830566	1,076639067	2,130832
2994	0,87356	2,193481	0,227051	1,91665	-47,6330566	0,975959371	2,385673
2995	1,32356	1,443481	0,827051	1,61665	-30,1330566	0,984635912	2,272435
2996	0,76106	2,005981	0,677051	1,99165	-17,0080566	1,19836712	2,558693
2997	1,21106	1,255981	0,077051	1,69165	-34,5080566	1,026596247	2,775798
2998	0,98606	1,630981	0,977051	1,54165	-25,7580566	0,939047596	2,075095
2999	1,43606	2,380981	0,377051	1,84165	-43,2580566	0,925632173	2,690782
3000	0,70481	2,474731	0,902051	1,57915	-36,6955566	0,743339043	2,23184

16 кесте

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
1	0,74748	0,60	114542,4	135031,9	137266	194297,5	25138,81	52339,31
2	0,692943	0,30	68446,18	90634,48	93068,87	153988,7	30641,07	15483,51
3	0,715699	0,90	237368,4	255132	257041,9	305622,7	30901,12	20716,85
4	0,911721	1,05	2132417	2147724	2149296	2186578	52210,26	17709,41
5	0,58977	0,45	120106	103005,4	101695,2	161419	79319,09	79844,03
6	0,868775	0,75	812135,9	831021,4	832971,9	879716,5	40778,83	31554,35
7	0,758134	0,15	113259	132767	134920,3	190248,1	30339,59	44136,87
8	0,873713	0,83	156216,7	173764,6	175702,5	226289,4	39301,06	43628
9	0,746541	0,23	95630,23	117852,2	120249,3	179776,1	27524,12	16402,57
10	0,760518	1,13	85903,01	99179,91	101627,3	162851,1	51339,45	13038,73
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
111	0,670213	1,059375	190345,2	205979,9	207716,8	253855,093	30122,29	76190,03
112	0,776932	0,121875	72356,17	94270,91	96677,87	156912,1864	30842,24	21269,85
113	0,828173	0,721875	420271,4	438232,4	440118,9	486645,1308	34025,43	25645,2
114	0,570113	0,421875	116955,3	97691,43	96118,51	158337,1374	83941,74	83037,64
115	0,787853	1,021875	865409,6	878817,1	880219,9	914742,7616	46471,63	16633,99
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
469	0,678014	0,194531	90482,82	112654,5	115064,6	174898,6156	23809,48	18254,63
470	0,776846	1,094531	283377,1	301209,9	303110,9	350966,0604	32891,52	21428,41
471	0,640377	0,494531	84938,56	104023,8	106200,4	162805,5171	32272,6	16101,05
472	0,91504	1,169531	438620	454164,7	455813,2	497229,5183	44990,83	27717,43
473	0,712961	0,569531	119746,5	140547,7	142802,8	199595,8801	39186,66	18328,59
474	0,715781	0,869531	70200,45	93788,66	96322,17	158320,3338	29888,66	11742,97
475	0,874947	0,269531	597105,1	614620,8	616446,6	660953,4769	47355,63	14653,22
476	0,771365	0,119531	60410,66	85980,52	88665,53	152817,4162	31803,47	15502,18
477	0,685626	0,719531	125295,6	144600,3	146722,4	201221,9375	31993,12	20913,89
478	0,869138	0,419531	215534,3	234613,8	236654,9	288030,7971	34534,9	22091,8
479	0,717986	1,019531	85055,94	105772,8	108065,7	166334,1933	39128,28	47245,93
480	0,791629	1,000781	127551,7	149993,3	152406,8	211627,9122	63736,83	18197,28
481	0,761918	0,400781	137103,7	158104,4	160373,2	217046,8959	29661,08	41834,83
482	0,928426	0,700781	1295369	1311557	1313227	1353163,697	55436,4	15931,8
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
2981	0,845503	0,564551	569014,9	586477	588299,5	632828,8945	38403,33	32002,08
2982	0,856024	0,864551	213641,8	230206,1	232015	279036,3146	39561,13	25971,47
2983	0,721962	0,264551	130000,5	150619,8	152850	209018,0843	25302,45	17025,12
2984	0,921924	0,789551	1583846	1602528	1604444	1649765,44	43711,88	33549,64
2985	0,806489	0,189551	104748,5	124519,7	126706,1	182796,4396	29910,82	66615,1
2986	0,864076	1,089551	421347,9	436244,2	437832	478077,6706	39334,24	15851,57
2987	0,554561	0,489551	127185	111544,1	110361,4	170384,9649	79487,04	81762,87
2988	0,772331	0,339551	90706,39	112012,5	114343	172998,9379	32382,72	23613,4
2989	0,767552	0,939551	555361,3	571809,6	573533,5	615989,2061	36044,48	23755,55

16 кестенің жалғасы

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
2990	0,507843	0,039551	111399	88848,69	87651,72	151341,391	88027,46	82187,91
2991	0,705648	0,639551	130622	148321,7	150298,8	202253,5137	26979,25	17799,66
2992	0,684601	0,527051	84241,2	109888,9	112562,2	176322,8795	29025,88	13350,51
2993	0,665025	1,127051	91769,91	109590,2	111638,6	166612,8191	33724,03	17255,28
2994	0,928695	0,227051	974190,5	993169,5	995124,6	1041755,266	44393,7	35953,2
2995	0,615821	0,827051	99159,55	118836,6	121023,4	177287,5554	28577,3	16677,57
2996	0,749859	0,677051	53412,48	77977,22	80603,4	144112,5582	32724,76	11475,47
2997	0,608123	0,077051	85096,33	92991,39	95556,51	158003,0023	55690,39	34460,53
2998	0,678222	0,977051	109685,8	129577,4	131785,5	188080,7262	30032,32	18202,87
2999	0,844106	0,377051	1164083	1179968	1181609	1221038,059	48528,55	19077,78
3000	0,940384	0,902051	549855,1	565154,4	566765,6	606811,8401	45514,85	18091,38

17 кесте

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
1	0,74748	0,60	114542,4	135031,9	137266	194297,5	25138,81	52339,31
2	0,692943	0,30	68446,18	90634,48	93068,87	153988,7	30641,07	15483,51
3	0,715699	0,90	237368,4	255132	257041,9	305622,7	30901,12	20716,85
4	0,911721	1,05	2132417	2147724	2149296	2186578	52210,26	17709,41
5	0,58977	0,45	120106	103005,4	101695,2	161419	79319,09	79844,03
6	0,868775	0,75	812135,9	831021,4	832971,9	879716,5	40778,83	31554,35
7	0,758134	0,15	113259	132767	134920,3	190248,1	30339,59	44136,87
8	0,873713	0,83	156216,7	173764,6	175702,5	226289,4	39301,06	43628
9	0,746541	0,23	95630,23	117852,2	120249,3	179776,1	27524,12	16402,57
10	0,760518	1,13	85903,01	99179,91	101627,3	162851,1	51339,45	13038,73
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
111	0,670213	1,059375	190345,2	205979,9	207716,8	253855,093	30122,29	76190,03
112	0,776932	0,121875	72356,17	94270,91	96677,87	156912,1864	30842,24	21269,85
113	0,828173	0,721875	420271,4	438232,4	440118,9	486645,1308	34025,43	25645,2
114	0,570113	0,421875	116955,3	97691,43	96118,51	158337,1374	83941,74	83037,64
115	0,787853	1,021875	865409,6	878817,1	880219,9	914742,7616	46471,63	16633,99
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
469	0,678014	0,194531	90482,82	112654,5	115064,6	174898,6156	23809,48	18254,63
470	0,776846	1,094531	283377,1	301209,9	303110,9	350966,0604	32891,52	21428,41
471	0,640377	0,494531	84938,56	104023,8	106200,4	162805,5171	32272,6	16101,05
472	0,91504	1,169531	438620	454164,7	455813,2	497229,5183	44990,83	27717,43
473	0,712961	0,569531	119746,5	140547,7	142802,8	199595,8801	39186,66	18328,59
474	0,715781	0,869531	70200,45	93788,66	96322,17	158320,3338	29888,66	11742,97
475	0,874947	0,269531	597105,1	614620,8	616446,6	660953,4769	47355,63	14653,22
476	0,771365	0,119531	60410,66	85980,52	88665,53	152817,4162	31803,47	15502,18
477	0,685626	0,719531	125295,6	144600,3	146722,4	201221,9375	31993,12	20913,89
478	0,869138	0,419531	215534,3	234613,8	236654,9	288030,7971	34534,9	22091,8
479	0,717986	1,019531	85055,94	105772,8	108065,7	166334,1933	39128,28	47245,93

17 кестенің жалғасы

480	0,791629	1,000781	127551,7	149993,3	152406,8	211627,9122	63736,83	18197,28
481	0,761918	0,400781	137103,7	158104,4	160373,2	217046,8959	29661,08	41834,83
482	0,928426	0,700781	1295369	1311557	1313227	1353163,697	55436,4	15931,8
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
2981	0,845503	0,564551	569014,9	586477	588299,5	632828,8945	38403,33	32002,08
2982	0,856024	0,864551	213641,8	230206,1	232015	279036,3146	39561,13	25971,47
2983	0,721962	0,264551	130000,5	150619,8	152850	209018,0843	25302,45	17025,12
2984	0,921924	0,789551	1583846	1602528	1604444	1649765,44	43711,88	33549,64
2985	0,806489	0,189551	104748,5	124519,7	126706,1	182796,4396	29910,82	66615,1
2986	0,864076	1,089551	421347,9	436244,2	437832	478077,6706	39334,24	15851,57
2987	0,554561	0,489551	127185	111544,1	110361,4	170384,9649	79487,04	81762,87
2988	0,772331	0,339551	90706,39	112012,5	114343	172998,9379	32382,72	23613,4
2989	0,767552	0,939551	555361,3	571809,6	573533,5	615989,2061	36044,48	23755,55
2990	0,507843	0,039551	111399	88848,69	87651,72	151341,391	88027,46	82187,91
2991	0,705648	0,639551	130622	148321,7	150298,8	202253,5137	26979,25	17799,66
2992	0,684601	0,527051	84241,2	109888,9	112562,2	176322,8795	29025,88	13350,51
2993	0,665025	1,127051	91769,91	109590,2	111638,6	166612,8191	33724,03	17255,28
2994	0,928695	0,227051	974190,5	993169,5	995124,6	1041755,266	44393,7	35953,2
2995	0,615821	0,827051	99159,55	118836,6	121023,4	177287,5554	28577,3	16677,57
2996	0,749859	0,677051	53412,48	77977,22	80603,4	144112,5582	32724,76	11475,47
2997	0,608123	0,077051	85096,33	92991,39	95556,51	158003,0023	55690,39	34460,53
2998	0,678222	0,977051	109685,8	129577,4	131785,5	188080,7262	30032,32	18202,87
2999	0,844106	0,377051	1164083	1179968	1181609	1221038,059	48528,55	19077,78
3000	0,940384	0,902051	549855,1	565154,4	566765,6	606811,8401	45514,85	18091,38

18 кесте

Alpt	XA	YA	ZA	l_3	beta0	l_1	l_2
1375	1,481104	1,106201	1,126758	1,50166	-38,4985352	0,913684017	2,009133
1631	1,480225	1,482666	0,80918	1,431934	-25,7495117	0,872794966	2,455193
2575	1,444849	1,188599	1,030957	1,514697	-36,763916	0,923012347	2,072647
1303	1,417822	1,422607	0,929883	1,459473	-28,3813477	0,889708535	2,273288
879	1,46748	1,317871	0,894141	1,458008	-32,9443359	0,888646521	2,251121
1711	1,462646	1,394775	1,170117	1,645215	-34,362793	1,002835954	2,028684
1079	1,430127	1,0271	1,025977	1,659863	-48,5473633	1,011212347	1,900788
2843	1,362231	1,800903	0,878613	1,520557	-19,3322754	0,926947185	2,50596
1151	1,493408	1,554443	1,110352	1,617676	-23,6645508	0,983333564	2,283342
1115	1,366846	1,296631	1,166602	1,439551	-26,3989258	0,873343249	2,07916
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
1989	1,176123	1,878174	0,689648	1,955762	-35,1147461	1,175713712	2,247713
374	0,988477	1,084961	0,386719	1,431641	-48,7011719	0,855120834	2,143751
250	0,933984	1,193359	0,773438	1,974219	-39,4726563	1,165256879	1,975824
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

18 кестенің жалғасы

2460	0,802368	1,512329	0,450879	1,993408	-25,8605957	1,1765321	2,520402
1551	1,445068	1,658447	0,312305	1,605371	-42,9760742	0,930474908	2,570704
636	0,818848	1,742676	1,191797	1,838867	-28,6376953	1,119244618	1,766394
1088	0,607471	1,062256	1,054102	1,533301	-44,9926758	0,934358245	1,432086
1833	1,123389	1,544189	1,191211	1,400293	-40,1733398	0,761960267	1,784012
2383	1,452759	2,186157	0,005566	1,672314	-32,5598145	0,987786842	3,120163
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
2612	0,755786	2,243286	0,262207	1,824072	-44,967041	0,939574389	2,4059
2936	0,708325	2,02356	0,044238	1,843994	-46,9494629	1,001797807	2,452817
1888	0,62417	1,790283	0,338086	1,81748	-48,1030273	0,999491822	2,088451
2096	0,642407	2,060181	0,467285	1,797705	-42,1984863	0,979594787	2,177214
128	0,603516	2,494141	0,370313	1,744531	-34,2773438	0,959105369	2,587382
704	0,611426	1,877441	0,587109	1,428711	-42,7197266	0,753021367	2,099299
2948	0,718872	2,404419	0,058301	1,644775	-40,5236816	0,870845089	2,759768
740	0,737988	2,463379	0,493359	1,550586	-37,7978516	0,782913707	2,520872
2468	0,732056	2,332642	0,357129	1,534033	-42,8137207	0,752615412	2,495889
632	0,706348	2,305176	0,141797	1,613867	-41,7626953	0,846381258	2,633972
1264	0,653174	2,040771	0,243164	1,549707	-45,949707	0,797472001	2,383502
2728	0,674927	2,424927	0,304395	1,812354	-41,0021973	0,941460562	2,494218
1168	0,63208	2,263428	0,308789	1,966895	-44,0356445	1,037612772	2,309229
2184	0,659985	2,499634	0,003223	1,996924	-43,4289551	1,048715075	2,669319
1792	0,603076	2,317627	0,272461	1,690918	-41,8139648	0,878621174	2,47901
1928	0,662842	2,405518	0,924023	1,847949	-31,5600586	1,006235019	2,141447
2612	0,755786	2,243286	0,262207	1,824072	-44,967041	0,939574389	2,4059
2936	0,708325	2,02356	0,044238	1,843994	-46,9494629	1,001797807	2,452817
1888	0,62417	1,790283	0,338086	1,81748	-48,1030273	0,999491822	2,088451
2096	0,642407	2,060181	0,467285	1,797705	-42,1984863	0,979594787	2,177214

19 кесте

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
1375	0,559377	1,126758	152092,3	168465,9	170302,3	219218,115	44394,96	13995,32
1631	0,567882	0,80918	116454,1	135583,7	137701	192364,8898	27677,78	13912,44
2575	0,568192	1,030957	141106,6	158469,7	160405,6	211357,9827	34773,13	14186,65
1303	0,568814	0,929883	124670,2	143143,3	145209,4	198814,1076	26127,37	15847,29
879	0,57239	0,894141	136966,1	155255,1	157276,8	209800,4063	27898,31	16932,21
1711	0,584382	1,170117	167480,9	182938	184676,7	231422,0272	38429,87	14757,14
1079	0,587325	1,025977	182717,7	198915,1	200709,4	248082,6888	71341,61	16976,02
2843	0,589772	0,878613	104565,1	123043,5	125122,7	179954,0189	34642,28	14427,89
1151	0,593506	1,110352	107978,3	124828,1	126764,6	179184,6731	29799,44	14772,65
1115	0,593598	1,166602	119008,1	136876,3	138882,7	191781,6649	29633,73	14063,2
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
1989	0,776413	0,689648	142789,3	161211,9	163239,6	215715,7131	29035,59	15757,54
374	0,776444	0,386719	159873,1	183274,1	185726,9	245212,0923	27420,13	19242,14
.	.	.	.	.	.	.	.	.

19 кестенің жалғасы

250	0,776452	0,773438	80407,98	88468,87	89883,75	149064,499	62306,53	12059,25
2460	0,776533	0,450879	54510,05	80109,92	82802,86	147123,4083	31039,7	12613,78
1551	0,776591	0,312305	226536,9	246112,9	248195,7	300213,9677	24258,62	21672,89
636	0,776607	1,191797	123772,7	141471,2	143456,7	196194,9847	33382,12	30647,16
1088	0,776722	1,054102	134145,8	157262,7	159703	219269,2081	48615,64	17813,35
1833	0,776823	1,191211	15844872	15858962	15860398	15893891,6	53895,52	19193,58
2383	0,776829	0,005566	137441,8	157558,5	159739	214925,0186	27010,23	50041,75
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
1928	0,948387	0,924023	862028,4	877219,3	878800,3	917299,5299	50766,98	22323,81
2612	0,949376	0,262207	25504053	25522855	25524769	25556149,49	52926,58	31916,06
2936	0,949548	0,044238	474824,1	496056,1	498254	551058,5492	37780,01	34901,89
1888	0,950232	0,338086	680158,9	701192,8	703360,3	755048,1698	38830,19	36009,95
2096	0,95129	0,467285	678264,8	697588,6	699587,8	747639,0892	43962,35	23174
128	0,951906	0,370313	304349,3	322942,3	324910	373895,0912	41875,72	19198,43
704	0,952391	0,587109	860937,1	880505,4	882522	930649,8652	46637,35	23438,92
2948	0,954459	0,058301	450237,6	470096,1	472163,1	522318,4111	43831,01	15439,37
740	0,955247	0,493359	1700133	1717319	1719084	1760922,704	55167,4	15577,49
2468	0,955433	0,357129	2066127	2084248	2086105	2129888,489	58857,82	19985
632	0,956244	0,141797	576922,2	596696,2	598745,1	648105,1872	45335,76	19814,76
1264	0,959409	0,243164	994501,6	1014641	1016711	1065867,927	48319,71	43609,5
2728	0,961438	0,304395	1240109	1258289	1260159	1304646,835	52088,47	16026,06
1168	0,961714	0,308789	2770158	2789028	2790956	2822772,984	54299,3	28665,66
2184	0,96753	0,003223	1044130	1063562	1065560	1113085,224	47999,83	26622,95
1792	0,967596	0,272461	963987,1	983230,7	985212,3	1032443,052	49338,34	19081,57
1928	0,948387	0,924023	862028,4	877219,3	878800,3	917299,5299	50766,98	22323,81
2612	0,949376	0,262207	25504053	25522855	25524769	25556149,49	52926,58	31916,06
2936	0,949548	0,044238	474824,1	496056,1	498254	551058,5492	37780,01	34901,89
1888	0,950232	0,338086	680158,9	701192,8	703360,3	755048,1698	38830,19	36009,95
2096	0,95129	0,467285	678264,8	697588,6	699587,8	747639,0892	43962,35	23174

C_1 критерийі бойынша ең нашар нұсқалар (тепе-теңдік моменттері 30 кН жоғары) алынып тасталды және механизмдердің 347 нұсқасы қалды. C_2 критерийін ескере отырып («жоғарғы бағанның» ұштарындағы реакцияның 180 кН жоғары абсолютті мәні алынып тасталды), опциялар саны 174-ке дейін азаяды. Әрі қарай C_3 критерийіне сәйкес («жоғарғы бағанның» биіктігі) 86 нұсқа қалдырылды. (19 және 20 кестелер).

20 кесте – Сынақ кестесі

Alpt	XA	YA	ZA	l_3	beta0	l_1	l_2
628	0,762598	1,836426	0,366797	1,951367188	-26,4501953	1,186429336	2,569386
2144	0,621313	1,884399	0,66416	1,971142578	-24,4250488	1,198028268	2,307931
1740	0,780615	1,593994	0,354492	1,940527344	-31,9018555	1,178890323	2,42902
2726	0,956177	1,581177	0,379395	1,924853516	-30,0646973	1,165349641	2,513705
142	0,997266	1,650391	0,445313	1,93203125	-27,7148438	1,168090731	2,53059
.	.	.	.	.	.	.	.

20-кестенің жалғасы

494	1,020117	1,805664	0,925781	1,977734375	-22,0410156	1,191401936	2,266445
1776	0,654053	1,664307	0,635742	1,856152344	-28,0737305	1,12821255	2,217937
2848	0,616919	1,730591	0,409863	1,829931641	-27,5354004	1,113980637	2,442029
2676	0,762817	1,73938	0,834082	1,903759766	-19,5373535	1,136519956	2,297565
2018	0,852686	2,089111	0,333398	1,927636719	-23,6303711	1,175055591	2,741906
666	0,91377	1,79541	0,465234	1,864648438	-22,7587891	1,128334724	2,609189
948	0,76084	1,534668	0,523828	1,854101563	-31,9873047	1,127115474	2,25412
308	0,756445	1,588867	0,696094	1,811328125	-25,4589844	1,092691849	2,249998
1789	1,272803	1,945557	0,410742	1,968652344	-25,8862305	1,19930302	2,75325
2949	1,168872	1,654419	0,658301	1,944775391	-23,0236816	1,158951161	2,534149
1853	1,264014	1,684814	0,553711	1,906542969	-28,1420898	1,157580547	2,541289
1301	1,192822	1,797607	0,629883	1,909472656	-19,6313477	1,144308846	2,655845
688	0,646582	1,725098	0,483984	1,986523438	-33,1494141	1,210987416	2,238209
383	1,494727	1,741211	0,461719	1,919140625	-24,6386719	1,159408462	2,825379
2074	0,909595	1,427368	0,486035	1,750830078	-31,8078613	1,062940015	2,339807
12	0,76875	1,46875	0,375	1,8125	-34,6875	1,104025498	2,328317
974	1,006934	1,780762	0,626953	1,793164063	-24,0576172	1,090818204	2,457588
1100	0,776221	1,531006	0,829102	1,720800781	-25,3051758	1,03969472	2,122415
2431	1,494946	1,834595	0,736816	1,925439453	-22,1691895	1,16515098	2,662395
901	1,168652	1,933105	0,542578	1,900976563	-24,8779297	1,158492485	2,610973
2356	0,756665	1,869751	0,502441	1,742626953	-23,536377	1,06201776	2,50866
249	1,158984	1,568359	0,473438	1,82421875	-30,7226563	1,10945853	2,490205
2539	1,357837	1,524048	0,422754	1,801220703	-28,3215332	1,089257061	2,682553
1880	0,694482	1,298096	0,469336	1,676855469	-31,1499023	1,012469107	2,29154
1723	1,378271	1,62915	0,532617	1,813964844	-26,706543	1,099551743	2,640064
1034	0,881689	1,847412	0,707227	1,875488281	-26,1254883	1,143141674	2,299542
43	1,345313	1,726563	0,61875	1,840625	-23,203125	1,112800928	2,638175
264	0,658008	1,65918	0,414844	1,726953125	-29,2871094	1,052676851	2,394608
1298	0,855322	1,610107	0,779883	1,684472656	-24,0063477	1,022028168	2,229859
1089	1,057471	1,812256	0,454102	1,833300781	-27,4926758	1,117505498	2,560032
1456	0,6479	1,908936	0,437695	1,714941406	-23,8696289	1,045441411	2,539591
474	0,92168	1,641602	0,869531	1,705859375	-20,4003906	1,028393232	2,26146
132	0,716016	1,556641	0,820313	1,66953125	-21,1523438	1,003313708	2,200313
2031	1,471436	1,620361	0,708398	1,890136719	-21,4428711	1,121397572	2,672335
1910	0,989795	1,649658	0,600586	1,798730469	-29,5092773	1,095949753	2,33322
2454	0,971118	1,606079	0,675879	1,655908203	-23,6730957	1,00442113	2,374756
1804	0,771826	2,036377	0,497461	1,878417969	-26,5014648	1,142989252	2,483341
2532	0,739087	1,430298	0,947754	1,613720703	-21,7590332	0,964386666	2,058155
876	0,79248	1,692871	0,594141	1,608007813	-24,1943359	0,979699845	2,38254
2673	1,100317	1,55188	0,984082	1,828759766	-15,1623535	1,052215071	2,380987
509	1,273242	1,383789	0,513281	1,733984375	-34,0722656	1,05488092	2,431525
1576	0,671631	1,54126	0,706055	1,614746094	-28,2104492	0,983960433	2,130025
2334	1,023853	1,611938	0,521191	1,808251953	-32,833252	1,102312939	2,340768
2959	1,450122	1,560669	0,583301	1,682275391	-25,2111816	1,019172385	2,651583
848	0,637793	1,575684	0,837891	1,692382813	-29,1162109	1,031540914	1,981241
2711	1,420239	1,979614	0,360645	1,877978516	-27,3303223	1,144071968	2,839325
1169	1,08208	1,513428	0,908789	1,666894531	-26,5356445	1,012027745	2,150852
1779	1,329053	1,289307	0,335742	1,706152344	-36,8237305	1,038915959	2,555871
.	.	.	.	.	.	.	.

20-кестенің жалғасы

2185	1,109985	1,749634	0,603223	1,696923828	-25,9289551	1,034436853	2,473677
1762	0,850928	1,336182	0,823242	1,537402344	-29,1674805	0,933575508	2,046386
1856	0,610107	1,438721	0,881836	1,470605469	-23,4936523	0,89237561	2,022426
160	0,617578	1,298828	0,876563	1,54765625	-23,8867188	0,922921617	2,022997
2519	1,428149	1,453735	0,704004	1,735595703	-24,4934082	1,036866965	2,556682
215	1,426172	1,357422	0,604688	1,64609375	-30,1757813	0,997167043	2,511328
1422	0,999463	1,463623	0,981445	1,630566406	-20,0415039	0,971099311	2,176348
197	1,173047	1,685547	0,792188	1,73984375	-26,8945313	1,060345224	2,310717
1010	0,880371	1,851074	0,345703	1,708789063	-28,9794922	1,039073242	2,568089
263	1,389258	1,56543	0,939844	1,689453125	-22,7246094	1,019997614	2,376017
2316	0,770728	1,190063	0,333691	1,602001953	-40,489502	0,976477095	2,239734
1370	0,918604	1,293701	0,676758	1,576660156	-34,1235352	0,960325826	2,109659
2626	0,83313	1,528442	0,665332	1,631884766	-31,0217285	0,994772334	2,163718
1563	1,360693	1,517822	0,949805	1,736621094	-17,8198242	1,019599152	2,458248
2797	1,244458	1,710083	0,78252	1,807666016	-28,6975098	1,10195954	2,322114
2992	0,64856	1,068481	0,527051	1,466650391	-38,8830566	0,893729042	2,053656
411	1,364648	1,418945	0,897656	1,626171875	-27,7832031	0,985762415	2,283066
492	0,795117	1,430664	0,625781	1,527734375	-30,7910156	0,93130506	2,180024
103	1,408594	1,785156	0,384375	1,6578125	-26,7578125	1,010427517	2,794222
2091	1,345532	1,825806	0,579785	1,703955078	-25,7922363	1,038485788	2,624058
2229	1,208423	1,632446	0,359473	1,612548828	-29,7570801	0,982772604	2,636253
2844	0,799731	1,613403	0,728613	1,745556641	-32,4572754	1,063195967	2,070245
933	1,182715	1,487793	0,636328	1,685351563	-33,0810547	1,027407965	2,301364
2112	0,607251	1,532837	0,57041	1,624267578	-33,7219238	0,988174269	2,120793
1205	1,208643	1,349365	1,002539	1,545019531	-22,7075195	0,923922061	2,191567
2097	1,092407	1,310181	1,067285	1,497705078	-24,6984863	0,90150491	2,029146
1326	1,01001	1,727295	0,498633	1,618847656	-28,9282227	0,98499228	2,45921
2910	1,031763	1,015747	0,437988	1,515869141	-42,0275879	0,923968172	2,22996
177	1,095703	1,345703	0,389063	1,71640625	-40,2929688	1,045140998	2,321585
2596	0,727661	1,540161	0,449707	1,730322266	-37,310791	1,050556343	2,189798
2299	1,384204	1,480103	1,025098	1,570361328	-24,0148926	0,952499445	2,262414
1157	1,166455	1,747803	0,346289	1,798144531	-34,1918945	1,090960505	2,546351

21 кесте

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
628	0,715617	0,366797	53137,42	76829,76	79409,83	142395,2389	25714,08	13081,18
2144	0,744347	0,66416	54249,95	77132,61	79661,72	142062,27	28423,92	14037,33
1740	0,723662	0,354492	53765,37	78160,1	80785,37	144280,0189	29352,32	19754,79
2726	0,714765	0,379395	54687,67	79271,45	81896,92	145375,3802	29097,83	12731,93
142	0,714596	0,445313	57460,44	81825,49	84432,09	147625,9974	28450,36	12252,99
494	0,731369	0,925781	59399,89	82160,13	84653,27	146370,8122	30000,48	16741,25
1776	0,735378	0,635742	59029,45	82789,68	85370,55	148214,3894	28338,26	14206,56
2848	0,713026	0,409863	58331,9	82802,25	85415,3	148779,0779	25048,84	13402,42
2676	0,766126	0,834082	58534,88	83222,44	85849,4	149283,0252	29496,44	12087,97
2018	0,6754	0,333398	61176,36	83468,75	85925,44	147362,0363	29864,48	14360,76
666	0,712688	0,465234	58762,67	83396,88	86019,91	149399,7322	27730,95	11750,76
948	0,723229	0,523828	60286,2	84315,87	86895,21	149937,7733	30010,13	14876,7
.	.	.	.	.	.	.	.	.

21 кестенің жалғасы

308	0,742305	0,696094	59637,8	84753,19	87407,95	151180,2094	28550,37	12155,83
1789	0,654106	0,410742	65659,22	86321,36	88650,74	148384,5798	27388,94	14206,3
2949	0,720401	0,658301	63318,75	86256,85	88754,74	150433,5337	29438,76	11903,2
1853	0,669518	0,553711	66092,01	87053,38	89410,33	149179,556	28410,31	13671,3
1301	0,707325	0,629883	64538,11	87348,49	89835,05	151336,3988	29254,12	11091,48
688	0,726125	0,483984	63536,42	87299,51	89855,67	152287,3917	29976,8	13076,33
383	0,656266	0,461719	66588,31	88016,89	90399,81	150485,04	26414,34	11842,84
2074	0,700225	0,486035	64336,89	88232,86	90796,78	153513,3876	28946,49	17551,72
12	0,702265	0,38	64217,82	88811,95	91425,2	154591,3822	29121,79	13008,72
974	0,681722	0,626953	67461,9	89228,56	91634,19	152256,1268	28433,89	13263,59
1100	0,733023	0,829102	64884,35	89543,66	92160,71	155366,3675	28638,68	12506,61
2431	0,6493	0,736816	69833,09	90298,53	92603,09	151539,5469	29285,82	12766,42
901	0,657685	0,542578	69969,31	90660,4	92981,41	152269,2175	28794,56	14682,91
2356	0,680735	0,502441	67798,75	90656,38	93140,56	154849,9467	29524,73	13745,04
249	0,668076	0,473438	68754,98	90757,34	93181,19	153943,5426	28184,04	14322,13
2539	0,660603	0,422754	69057,5	91342,06	93782,34	154555,4651	27568,21	11751,74
1880	0,731664	0,469336	65721,48	91787,57	94502,72	158996,6114	28954	11228,01
1723	0,651934	0,532617	70542,9	92397,79	94803,72	155075,3008	26851,31	12401,1
1034	0,693189	0,707227	71153,93	92552,8	94932,97	154843,3975	28340,15	16174,68
43	0,664894	0,62	70782,71	92762,33	95177,01	155559,5783	27548,13	11962,2
264	0,687114	0,414844	68492,38	92767,04	95352,41	158275,6672	24279,84	14482,71
1298	0,704946	0,779883	68609,51	92939,7	95528,92	158305,3242	27790,45	12626,57
1089	0,65882	0,454102	71307	93171,83	95590,11	156011,5343	26305,36	14789,64
1456	0,676276	0,437695	70219,25	93372,33	95874,09	157805,3993	29770,21	14370,49
474	0,715781	0,869531	70200,45	93788,66	96322,17	158320,3338	29888,66	11742,97
132	0,742746	0,820313	69726,58	94862,02	97507,94	161031,5409	28330,83	11248,01
2031	0,680055	0,708398	74094,26	95180,26	97521,88	156814,1875	28861,51	11515,81
1910	0,677051	0,600586	73249,82	95383,52	97810,72	158298,3657	27217,1	15680,88
2454	0,687064	0,675879	72137,03	96088,13	98645,59	160932,2236	27556,06	12121,58
1804	0,738766	0,497461	76312,19	98086,74	100476,1	160360,2708	29300,44	18786,04
2532	0,749156	0,947754	73253,07	97924,41	100533,4	163505,9852	28094,22	11142,62
876	0,674608	0,594141	75268,93	98360,9	100866,1	162380,3418	28544,46	13317,2
2673	0,752635	0,984082	77234,45	100093,8	102563,5	163539,8808	29737,74	18989,82
509	0,644082	0,513281	79118,61	100651,9	103018,1	162501,7496	29831,47	12583,77
1576	0,695671	0,706055	76891,43	100650,3	103191	165162,4656	25328,88	14425,33
2334	0,667967	0,521191	79492,22	101584,1	103992,4	164115,2692	28019,42	16462,59
2959	0,633044	0,583301	80302,32	101660	104010,8	163243,4136	25593,51	11896,05
848	0,715264	0,837891	78787,11	101714,3	104187	165446,9319	27985,45	18015,2
2711	0,646776	0,360645	82200,44	102028,7	104257,4	162062,9451	27622,57	16765,23
1169	0,673681	0,908789	81276,83	102024,6	104326,6	163086,5092	28683,22	13908,5
1779	0,628952	0,335742	80504,58	102519,8	104920,7	164854,2432	29175,26	13076,74
2185	0,639872	0,603223	82230,8	103349,1	105679,4	164916,1807	27962,77	14721,27
1762	0,693032	0,823242	80344,15	103505,2	105993,6	168444,776	28261,05	13066,02
1856	0,715964	0,881836	78049,98	103575,9	106243,9	169977,0318	27908,33	12156,01
160	0,761544	0,876563	77700,97	103558,7	106251,4	170334,9642	28693,38	10759
2519	0,663245	0,704004	83918,58	105302,4	107649,3	166724,4192	28904,04	10989
215	0,629232	0,604688	84257,22	105520,8	107857,7	166781,7159	28547,98	12203,34
1422	0,718665	0,981445	82984,62	106184	108672,2	169789,0048	28409,67	10980,48
.	.	.	.	.	.	.	.	.

21 кестенің жалғасы

197	0,646339	0,792188	86392,13	106454,8	108693,8	166223,3763	27409,96	15805,44
1010	0,718882	0,345703	84734,24	107421,7	109868,3	170355,2031	26553,43	18159,94
263	0,641884	0,939844	87104,48	107610,7	109883,5	167799,5707	28395,6	12390,97
2316	0,682795	0,333691	82848,09	107941,9	110574,2	173751,2102	28644,81	14248,65
1370	0,671378	0,676758	85110,46	108333,5	110821	171887,9103	29299,41	12804,06
2626	0,678564	0,665332	86184,82	109072,6	111533	172187,4941	26129,97	18429,85
1563	0,689235	0,949805	88124,52	109354,2	111682,4	170374,2933	28760,63	13112,89
2797	0,63897	0,78252	90374,67	109782,3	111961,9	168408,8018	27818,9	19399,67
2992	0,684601	0,527051	84241,2	109888,9	112562,2	176322,8795	29025,88	13350,51
411	0,627595	0,897656	91250,55	110631,6	112899,1	170644,9866	29570,32	13575,37
492	0,662889	0,625781	86857	110462,9	112996,4	174700,228	24940,13	15054,34
103	0,615865	0,384375	90217,98	110877,7	113157,7	171083,6637	27251,69	14846,33
2091	0,628692	0,579785	91767,82	111548,3	113755,3	170789,7905	28807,65	15818,5
2229	0,636255	0,359473	89471,25	111397,1	113795,2	173477,0983	24311,57	15220,56
833	0,718861	0,425391	90447,5	112216,9	114584,5	174038,0275	28836,18	15143,47
2844	0,728972	0,728613	90517,1	112513,8	114923,7	174757,5005	28356,96	19397,99
933	0,632077	0,636328	92815,4	113842,9	116148,2	174506,7291	28235,82	14737,47
2112	0,747627	0,57041	90556,57	114485,7	117022,5	178870,7412	25594,77	17109,71
1205	0,669647	1,002539	94030,1	115521,9	117862,7	176585,6995	28684,55	11223,52
2097	0,671675	1,067285	94378,96	116258,1	118629,3	177797,6236	29418,78	12060,44
1326	0,693085	0,498633	94270,82	116257,5	118637,4	177937,776	26488,1	17710,23
2910	0,638314	0,437988	92520,33	116170,1	118683,3	179995,3576	29978,89	13611,04
177	0,684095	0,389063	94007,26	116534,6	118973,6	179162,981	29581,53	15318,41
2596	0,765978	0,449707	92985,88	116686,4	119211,3	180691,4138	27449,83	15315,66
2299	0,615814	1,025098	98266,43	117059,3	119276	176058,8872	28286,07	13198,09
1157	0,718325	0,346289	96442,25	117785,6	120111,4	178550,092	24667,09	16589,62

Қосымша C_4 критерийлерін (120 кН жоғары шатундық қосылыстардағы реакцияның максималды абсолютті мәні қабылданбады) және C_5 (120 кН жоғары айналшақ білігінде реакцияның максималды абсолютті мәні қабылданбады) қосымша критерийлерін ескере отырып, біз барлық сапа критерийлерін қанағаттандыратын механизмдердің 16 нұсқасын аламыз (21-кесте).

22 кесте-Механизмдердің нұсқалары

Alpt	XA	YA	ZA	l_3	beta0	l_1	l_2
264	0,658008	1,65918	0,414844	1,726953125	-29,2871094	1,052676851	2,394608
2229	1,208423	1,632446	0,359473	1,612548828	-29,7570801	0,982772604	2,636253
1157	1,166455	1,747803	0,346289	1,798144531	-34,1918945	1,090960505	2,546351
492	0,795117	1,430664	0,625781	1,527734375	-30,7910156	0,93130506	2,180024
2848	0,616919	1,730591	0,409863	1,829931641	-27,5354004	1,113980637	2,442029
1576	0,671631	1,54126	0,706055	1,614746094	-28,2104492	0,983960433	2,130025
2959	1,450122	1,560669	0,583301	1,682275391	-25,2111816	1,019172385	2,651583
2112	0,607251	1,532837	0,57041	1,624267578	-33,7219238	0,988174269	2,120793
628	0,762598	1,836426	0,366797	1,951367188	-26,4501953	1,186429336	2,569386
.	.	.	.	.	.	.	.

22 кесте-Механизмдердің нұсқалары

2626	0,83313	1,528442	0,665332	1,631884766	-31,0217285	0,994772334	2,163718
1089	1,057471	1,812256	0,454102	1,833300781	-27,4926758	1,117505498	2,560032
383	1,494727	1,741211	0,461719	1,919140625	-24,6386719	1,159408462	2,825379
1326	1,01001	1,727295	0,498633	1,618847656	-28,9282227	0,98499228	2,45921
1010	0,880371	1,851074	0,345703	1,708789063	-28,9794922	1,039073242	2,568089
1723	1,378271	1,62915	0,532617	1,813964844	-26,706543	1,099551743	2,640064

23 кесте-Механизмдердің нұсқалары

Alpt	Max_ cos_mu	ZA	maxR01	maxR12	maxR23	maxR03	Mmax1	Mmax4
264	0,687114	0,414844	68492,38	92767,04	95352,41	158275,6672	24279,84	14482,71
2229	0,636255	0,359473	89471,25	111397,1	113795,2	173477,0983	24311,57	15220,56
1157	0,718325	0,346289	96442,25	117785,6	120111,4	178550,092	24667,09	16589,62
492	0,662889	0,625781	86857	110462,9	112996,4	174700,228	24940,13	15054,34
2848	0,713026	0,409863	58331,9	82802,25	85415,3	148779,0779	25048,84	13402,42
1576	0,695671	0,706055	76891,43	100650,3	103191	165162,4656	25328,88	14425,33
2959	0,633044	0,583301	80302,32	101660	104010,8	163243,4136	25593,51	11896,05
2112	0,747627	0,57041	90556,57	114485,7	117022,5	178870,7412	25594,77	17109,71
628	0,715617	0,366797	53137,42	76829,76	79409,83	142395,2389	25714,08	13081,18
2626	0,678564	0,665332	86184,82	109072,6	111533	172187,4941	26129,97	18429,85
1089	0,65882	0,454102	71307	93171,83	95590,11	156011,5343	26305,36	14789,64
383	0,656266	0,461719	66588,31	88016,89	90399,81	150485,04	26414,34	11842,84
1326	0,693085	0,498633	94270,82	116257,5	118637,4	177937,776	26488,1	17710,23
1010	0,718882	0,345703	84734,24	107421,7	109868,3	170355,2031	26553,43	18159,94
1723	0,651934	0,532617	70542,9	92397,79	94803,72	155075,3008	26851,31	12401,1

Механизмдердің алынған нұсқаларынан C_1 критерийі бойынша 264, 2959, 383, 1723 нөмірлері ең жақсы механизмдер болып табылады.

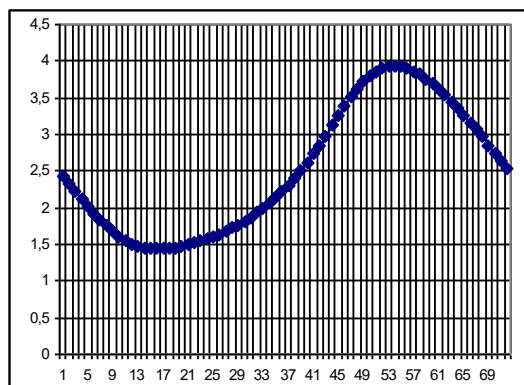
C_2 критерийі бойынша механизмдегі "жоғарғы тірек" топсаларындағы реакцияның абсолютті мәні 628, $R_{03} = 142,4 \text{ кН}$, бұл мүмкін минималды мән. Бұл механизм C_5 және C_4 критерийлері бойынша да ең жақсы болып табылады, өйткені $R_{01} = 53,1 \text{ кН}$ айналшақ білігіндегі реакцияның абсолютті мәні, ал $R_{12} = 76,8 \text{ кН}$, $R_{23} = 79,3 \text{ кН}$ иінді қосылыстарындағы реакцияның абсолютті мәндері механизмдердің алынған нұсқалары арасында минималды болып табылады.

C_3 критерийі бойынша 1576 нөмірі бар механизм ең жақсы болып табылады, өйткені "жоғарғы тіректің" биіктігі 0,7 метрге азаяды, осы кездегі максималды тепе-теңдік моменті $M_{yp} = 14,4 \text{ кН}$.

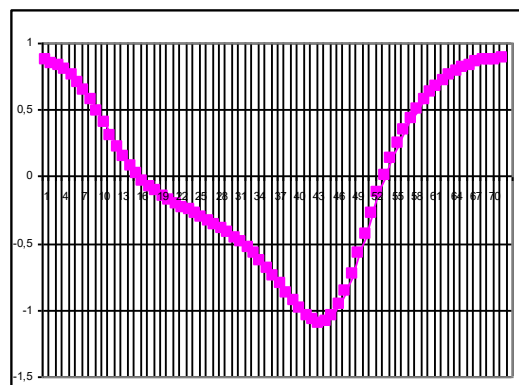
Айта кетсек, 2848 нөмірі бар механизмді атап өткен жөн, өйткені мұнда C_1 критерийіне сәйкес максималды тепе-теңдік моменті $M_{yp} = 13,4 \text{ кН}$. C_2 критерийі бойынша "жоғарғы тірек" топсаларындағы реакцияның абсолютті мәні $R_{03} = 148,7 \text{ кН}$. C_5 және C_4 , критерийлері бойынша айналшақ білігіндегі реакцияның абсолютті мәні $R_{01} = 58,3 \text{ кН}$, ал шатундық қосылыстардағы реакцияның абсолютті мәндері $R_{12} = 82,8 \text{ кН}$, $R_{23} = 85,4 \text{ кН}$

2.6 ШНҚ жетегінің жаңа өздігінен реттелетін түрлендіргіш механизмінің кинематикасы, кинетостатикасы және тепе-теңдік режимдері

№ 1396 барлық сапа критерийлерін қанағаттандыратын 16 нұсқадан тұратын түрлендіру механизмін қарастырайық (21-кесте). 1396 механизмнің кинематикалық талдауын зерттеу нәтижелері 7-суретте көрсетілген



а



б

7 – сурет – Қозғалыстың өзгеру графиктері s (а), жылдамдықтар v (б) айналшақтағы бір айналымды штанганың аспалы нүктелері

22-23 кестелерде ШНҚ жетегінің таңдалған түрлендіргіш механизмінің кинетостатикалық талдауының нәтижелері көрсетілген.

22 кесте – шатунның төменгі басындағы В топсасындағы

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{12}^x	R_{12}^y	R_{12}^z	R_{12}
0	29247,47	36862,74	-66408,2	81389,98
-5	30596,41	38916,92	-69346,4	85203,2
-10	32130,35	41116,71	-72760,4	89537,84
-15	33843,2	43423,7	-76654,7	94376,5
-20	35710,79	45761,91	-80999,1	99650,75
-25	37680,4	48001,84	-85705,6	105211,4
-30	39659,09	49945,69	-90599,6	110795,8
-35	41506,08	51324,14	-95396,2	116005,9
-40	43038,51	51820,53	-99701,7	120325
-45	44060,92	51135,94	-103064	123201,1
-50	44418,55	49086	-105083	124197,2
-55	44052,99	45684,37	-105536	123148,7
-60	43026,02	41155,85	-104453	120230,6
-65	41494,34	35863,61	-102087	115886,5
-70	39653,44	30197,29	-98810	110669,3
-75	37684,96	24484,04	-94999,5	105093
-80	23848,94	12649,96	-60226,4	66000,09
-85	22611,23	9163,894	-57532,9	62492,24
-90	21476,69	5923,749	-54933,1	59278,86
-95	20461,11	2935,995	-52480,7	56404,81

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{12}^x	R_{12}^y	R_{12}^z	R_{12}
-180	17744,86	-26656,7	-37067,7	48984,44
-185	18229,6	-27588	-37979,8	50357,5
-190	18764,11	-28312,8	-39195,6	51865,24
-195	19336,19	-28760,2	-40722,3	53472,84
-200	19928,17	-28844,2	-42546,7	55130,24
-205	20515,93	-28469,7	-44624,8	56769,69
-210	21068,89	-27544	-46872	58305,69
-215	21551,45	-25996,2	-49158,5	59639,12
-220	21926,49	-23799,9	-51315,5	60667,04
-225	22160,8	-20994,5	-53155,9	61297,81
-230	22231,33	-17692,4	-54508	61468,5
-235	22130,31	-14067,4	-55251,9	61158,92
-240	21867,12	-10324	-55344,4	60396,68
-245	21466,1	-6658,62	-54822,9	59251
-250	20961,31	-3227,67	-53787,7	57817,88
-255	20390,23	-131,778	-52373,1	56202,53
-260	19788,37	2583,747	-50719,6	54504,42
-265	28878,21	7402,069	-74434,4	80182,45
-270	28005,9	10383,17	-71757,9	77726,03
-275	27193,68	12898,32	-69177,2	75441,01

22 кестенің жалғасы

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{12}^x	R_{12}^y	R_{12}^z	R_{12}
-100	19568,37	188,6426	-50202	53881,31
-105	18795,62	-2339,51	-48106	51700,41
-110	18136,68	-4673,17	-46192,1	49844,59
-115	17584,08	-6837,33	-44454,8	48292,67
-120	17130,32	-8855,56	-42887,2	47023,19
-125	16768,43	-10749,2	-41482,2	46016,27
-130	16492,38	-12537,2	-40234,1	45254,42
-135	16297,11	-14235,6	-39139,4	44722,93
-140	16178,57	-15858,2	-38196,9	44409,84
-145	16133,66	-17415,8	-37408,5	44305,79
-150	16160,09	-18916,4	-36779,2	44403,68
-155	16256,29	-20364,9	-36317,2	44698,28
-160	16421,12	-21762	-36034,9	45185,7
-165	16653,74	-23103,9	-35947,8	45862,66
-170	16953,14	-24380,6	-36075,6	46725,51
-175	17317,77	-25574,1	-36440,8	47768,99

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{12}^x	R_{12}^y	R_{12}^z	R_{12}
-280	26459,2	15022,37	-66771	73376,65
-285	25813,72	16829,4	-64590	71564,31
-290	25263,98	18387,64	-62664,2	70022,66
-295	24813,73	19757,32	-61009,4	68762,06
-300	24464,98	20990,41	-59632,9	67788,03
-305	24218,98	22131,33	-58537	67103,92
-310	24076,85	23218,01	-57722	66712,81
-315	24040,11	24283,13	-57188,2	66618,95
-320	24111,06	25355,27	-56937,3	66828,78
-325	24293,07	26459,92	-56973,5	67351,77
-330	24590,78	27620,32	-57304,3	68201
-335	25010,26	28858,08	-57941	69393,57
-340	25559,11	30193,56	-58899,2	70950,92
-345	26246,44	31645,89	-60198,8	72898,78
-350	27082,74	33232,55	-61864,3	75266,65
-355	28079,34	34968,27	-63924	78086,51

23 кесте - C топсасындағы реакциялар

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{23}^x	R_{23}^y	R_{23}^z	R_{23}
0	29247,47	36862,74	-66408,2	81389,98
-5	30596,41	38916,92	-69346,4	85203,2
-10	32130,35	41116,71	-72760,4	89537,84
-15	33843,2	43423,7	-76654,7	94376,5
-20	35710,79	45761,91	-80999,1	99650,75
-25	37680,4	48001,84	-85705,6	105211,4
-30	39659,09	49945,69	-90599,6	110795,8
-35	41506,08	51324,14	-95396,2	116005,9
-40	43038,51	51820,53	-99701,7	120325
-45	44060,92	51135,94	-103064	123201,1
-50	44418,55	49086	-105083	124197,2
-55	44052,99	45684,37	-105536	123148,7
-60	43026,02	41155,85	-104453	120230,6
-65	41494,34	35863,61	-102087	115886,5
-70	39653,44	30197,29	-98810	110669,3
-75	37684,96	24484,04	-94999,5	105093
-80	23848,94	12649,96	-60226,4	66000,09
-85	22611,23	9163,894	-57532,9	62492,24
-90	21476,69	5923,749	-54933,1	59278,86
-95	20461,11	2935,995	-52480,7	56404,81
-100	19568,37	188,6426	-50202	53881,31
-105	18795,62	-2339,51	-48106	51700,41
-110	18136,68	-4673,17	-46192,1	49844,59
-115	17584,08	-6837,33	-44454,8	48292,67
-120	17130,32	-8855,56	-42887,2	47023,19
-125	16768,43	-10749,2	-41482,2	46016,27
-130	16492,38	-12537,2	-40234,1	45254,42
-135	16297,11	-14235,6	-39139,4	44722,93

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{23}^x	R_{23}^y	R_{23}^z	R_{23}
-180	17744,86	-26656,7	-37067,7	48984,44
-185	18229,6	-27588	-37979,8	50357,5
-190	18764,11	-28312,8	-39195,6	51865,24
-195	19336,19	-28760,2	-40722,3	53472,84
-200	19928,17	-28844,2	-42546,7	55130,24
-205	20515,93	-28469,7	-44624,8	56769,69
-210	21068,89	-27544	-46872	58305,69
-215	21551,45	-25996,2	-49158,5	59639,12
-220	21926,49	-23799,9	-51315,5	60667,04
-225	22160,8	-20994,5	-53155,9	61297,81
-230	22231,33	-17692,4	-54508	61468,5
-235	22130,31	-14067,4	-55251,9	61158,92
-240	21867,12	-10324	-55344,4	60396,68
-245	21466,1	-6658,62	-54822,9	59251
-250	20961,31	-3227,67	-53787,7	57817,88
-255	20390,23	-131,778	-52373,1	56202,53
-260	19788,37	2583,747	-50719,6	54504,42
-265	28878,21	7402,069	-74434,4	80182,45
-270	28005,9	10383,17	-71757,9	77726,03
-275	27193,68	12898,32	-69177,2	75441,01
-280	26459,2	15022,37	-66771	73376,65
-285	25813,72	16829,4	-64590	71564,31
-290	25263,98	18387,64	-62664,2	70022,66
-295	24813,73	19757,32	-61009,4	68762,06
-300	24464,98	20990,41	-59632,9	67788,03
-305	24218,98	22131,33	-58537	67103,92
-310	24076,85	23218,01	-57722	66712,81
-315	24040,11	24283,13	-57188,2	66618,95

23 кестенің жалғасы

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{23}^x	R_{23}^y	R_{23}^z	R_{23}
-140	16178,57	-15858,2	-38196,9	44409,84
-145	16133,66	-17415,8	-37408,5	44305,79
-150	16160,09	-18916,4	-36779,2	44403,68
-155	16256,29	-20364,9	-36317,2	44698,28
-160	16421,12	-21762	-36034,9	45185,7
-165	16653,74	-23103,9	-35947,8	45862,66
-170	16953,14	-24380,6	-36075,6	46725,51
-175	17317,77	-25574,1	-36440,8	47768,99

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{23}^x	R_{23}^y	R_{23}^z	R_{23}
-320	24111,06	25355,27	-56937,3	66828,78
-325	24293,07	26459,92	-56973,5	67351,77
-330	24590,78	27620,32	-57304,3	68201
-335	25010,26	28858,08	-57941	69393,57
-340	25559,11	30193,56	-58899,2	70950,92
-345	26246,44	31645,89	-60198,8	72898,78
-350	27082,74	33232,55	-61864,3	75266,65
-355	28079,34	34968,27	-63924	78086,51

24-кесте-Д тірегіндегі реакциялар

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{03}^x	R_{03}^y	R_{03}^z	R_{03}
0	-29247,5	-36862,7	135576,6	143510,6
-5	-30596,4	-38916,9	138514,8	147095,2
-10	-32130,4	-41116,7	141928,8	151217,5
-15	-33843,2	-43423,7	145823,1	155869,7
-20	-35710,8	-45761,9	150167,5	160996
-25	-37680,4	-48001,8	154874	166463,1
-30	-39659,1	-49945,7	159768	172026,8
-35	-41506,1	-51324,1	164564,6	177308,9
-40	-43038,5	-51820,5	168870,1	181809,8
-45	-44060,9	-51135,9	172232,8	184987,5
-50	-44418,6	-49086	174251,7	186403,1
-55	-44053	-45684,4	174704,5	185874,6
-60	-43026	-41155,8	173621,1	183546,5
-65	-41494,3	-35863,6	171255,1	179822,9
-70	-39653,4	-30197,3	167978,4	175217,1
-75	-37685	-24484	164167,9	170207,9
-80	-23848,9	-12650	109794,8	113065
-85	-22611,2	-9163,89	107101,3	109845
-90	-21476,7	-5923,75	104501,5	106849,9
-95	-20461,1	-2935,99	102049,1	104121,6
-100	-19568,4	-188,643	99770,39	101671,5
-105	-18795,6	2339,508	97674,36	99493,87
-110	-18136,7	4673,169	95760,45	97574,8
-115	-17584,1	6837,328	94023,24	95897,44
-120	-17130,3	8855,556	92455,6	94445,26
-125	-16768,4	10749,22	91050,58	93203,72
-130	-16492,4	12537,16	89802,51	92161,1
-135	-16297,1	14235,62	88707,79	91308,93
-140	-16178,6	15858,2	87765,33	90642,05
-145	-16133,7	17415,8	86976,93	90158,7
-150	-16160,1	18916,44	86347,56	89860,34
-155	-16256,3	20364,87	85885,64	89751,53
-160	-16421,1	21761,99	85603,25	89839,6
-165	-16653,7	23103,89	85516,23	90134,14
-170	-16953,1	24380,56	85644,05	90646,15
-175	-17317,8	25574,14	86009,24	91386,72

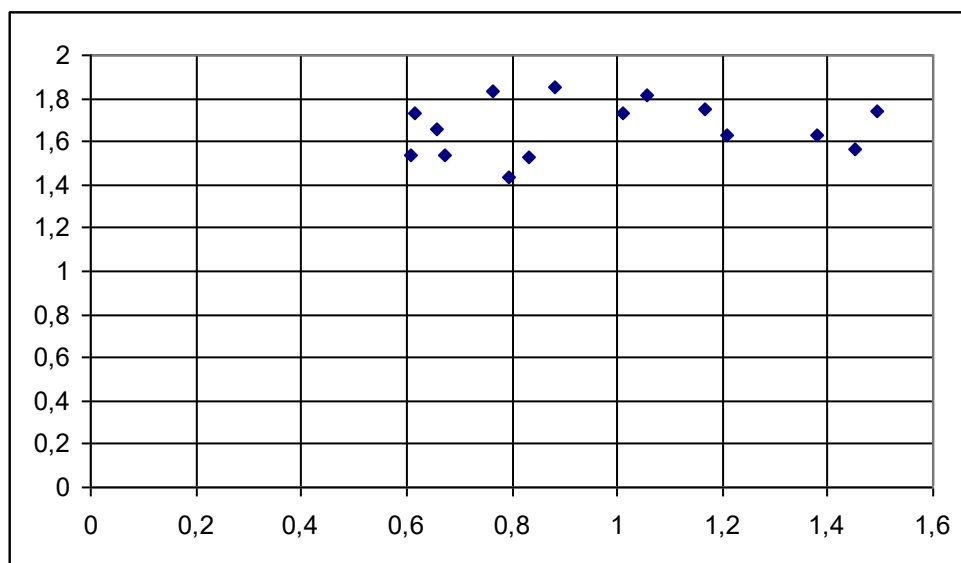
Бұрыш ОА	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{03}^x	R_{03}^y	R_{03}^z	R_{03}
-180	-17744,9	26656,72	86636,1	92364,9
-185	-18229,6	27587,98	87548,17	93584,7
-190	-18764,1	28312,84	88763,99	95040,8
-195	-19336,2	28760,23	90290,69	96713,23
-200	-19928,2	28844,24	92115,09	98561,21
-205	-20515,9	28469,69	94193,18	100517,6
-210	-21068,9	27544,01	96440,39	102485,7
-215	-21551,4	25996,17	98726,91	104342,1
-220	-21926,5	23799,94	100883,9	105947
-225	-22160,8	20994,49	102724,3	107164,2
-230	-22231,3	17692,36	104076,4	107884,9
-235	-22130,3	14067,4	104820,3	108050,6
-240	-21867,1	10324,03	104912,8	107663,6
-245	-21466,1	6658,624	104391,3	106783,3
-250	-20961,3	3227,668	103356,1	105509,6
-255	-20390,2	131,7784	101941,5	103960,8
-260	-19788,4	-2583,75	100288	102254,3
-265	-28878,2	-7402,07	143602,8	146664,6
-270	-28005,9	-10383,2	140926,3	144056,8
-275	-27193,7	-12898,3	138345,6	141581,7
-280	-26459,2	-15022,4	135939,4	139302,9
-285	-25813,7	-16829,4	133758,4	137262,1
-290	-25264	-18387,6	131832,6	135485,1
-295	-24813,7	-19757,3	130177,8	133986,3
-300	-24465	-20990,4	128801,3	132773,9
-305	-24219	-22131,3	127705,4	131852,3
-310	-24076,8	-23218	126890,4	131224,8
-315	-24040,1	-24283,1	126356,6	130895,3
-320	-24111,1	-25355,3	126105,7	130869,7
-325	-24293,1	-26459,9	126141,9	131156,6
-330	-24590,8	-27620,3	126472,7	131768,5
-335	-25010,3	-28858,1	127109,4	132721,9
-340	-25559,1	-30193,6	128067,6	134038,1
-345	-26246,4	-31645,9	129367,2	135743,2
-350	-27082,7	-33232,6	131032,7	137867,5
-355	-28079,3	-34968,3	133092,4	140445

24 кестенің жалғасы

Бұрыш α_1	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{03}^x	R_{03}^y	R_{03}^z	R_{03}
-155	-16256,3	20364,87	85885,64	89751,53
-160	-16421,1	21761,99	85603,25	89839,6
-165	-16653,7	23103,89	85516,23	90134,14
-170	-16953,1	24380,56	85644,05	90646,15
-175	-17317,8	25574,14	86009,24	91386,72

Бұрыш ОА	Абсолютті жүйедегі координаттар			
	R_{03}^x	R_{03}^y	R_{03}^z	R_{03}
-335	-25010,3	-28858,1	127109,4	132721,9
-340	-25559,1	-30193,6	128067,6	134038,1
-345	-26246,4	-31645,9	129367,2	135743,2
-350	-27082,7	-33232,6	131032,7	137867,5
-355	-28079,3	-34968,3	133092,4	140445

Көпкритериалды синтез нәтижелері бойынша синтез параметрлерінің оңтайлы жиынтығы графикалық түрде берілген (8-сурет)



8 – сурет – Парето жиындары

Графиктен айнымалы параметрлерді орнату аралықтарын тарылтуға болатынын көруге болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері зерттеу мақсатына қол жеткізілгенін көрсетеді. Егжей - тегжейлі кинетостатикалық талдау штангалық сорғы қондырғыларының жетегінің түрлендіргіш механизмі ретінде зерттелген төрт звенолы топсалы-рычагты түрлендіру механизмін пайдалану мүмкіндігін растайды.

2. Кинетостатикалық анализ есебінің Maple бағдарламасында математикалық моделі жасалды, нәтижелері алынды.

3. Жасалған компьютерлік модельдер негізінде ШНҚ жетегінің түрлендіру механизмінің көпкритериалды синтезіне арналған бағдарлама құрылды. Синтез критерийлерін таңдай отырып: оңтайлы теңгерілу, топсалардағы минималды реакция, төменгі биіктіктегі «жоғарғы тірек», қозғалысты берудің ең жақсы бұрышы, көпкритерийлі синтез жүргізілді. Белгіленген критерийлер бойынша және ШНҚ жетек механизмі үшін сілтемелердің оңтайлы қатынасы алынды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дауетов Ақылжан Асқарұлы Разработка конструкции длинноходового привода ШСН грузоподъемностью 60кН и длиной хода 6м. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева-2022г
2. http://promsouz.com/stanok-kachalka_pnksh.html
3. Г.Р. Зиякаев, Е.О. Куклин XIV Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения» РАЗРАБОТКА БЕЗБАЛАНСИРНОГО СТАНКА-КАЧАЛКА, 2БМ05 Томский политехнический университет E-mail: eok8@tpu.ru
4. Патент RU 2 267 649 С2 Дифференциальный длинноходовой станок-качалка с полиспастом.
5. Патент RU 2 308 616 С2 Дифференциальный длинноходовой станок-качалка с полиспастом и раздельным приводом на каждую ветвь гибкого элемента.
6. Wang, D., Liu H.. Dynamic Modeling and Analysis of Sucker Rod Pumping System in a Directional Well // Mechanism and Machine Science of ASIAN MMS, 2016. – P. 1115-1127
7. Reges GD, Schnitman L, Reis R et al A new approach to diagnosis of sucker rod pump systems by analyzing segments of downhole dynamometer cards.// In: SPE artificial lift conference—Latin America and Caribbean: Society of Petroleum Engineers, Salvador, 2015. – P. 1–13.
8. Chen, G.S., Liu, X., Friction Dynamics of Oil-Well Drill Strings and Sucker Rods. – Friction Dynamics, 2016. – P 211-24.
9. Мезрина Н.М. Алгоритм расчета экономических нормативов для планирования технического обслуживания и ремонта оборудования и рыночной стоимости оборудования// Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. Т.20. № 1. – 2017. – С. 64 - 69.
10. Паспорт программы инновационного развития ПАО НК «Роснефть». – М.: 2016. – С.30
11. Tan, Ch., Qu, Y., Yan, X., Bangert, P. Predicting the Dynamometer Card of a Rod Pump //Algorithmica Technologies, 2018. – P.1-8.
12. Guo, B., Liu, X., Tan, X. Petroleum Production Engineering // -Houston: Gulf Professional Publishing, 2017. – 780 p.
13. Ибраев С.М. Динамический синтез и оптимизация привода рычажных механизмов. – Алматы: 2014. – 303 с.
14. RU № 2018130381 F 04 B 47/02, 21.05.2019
15. Hand A. Cost Cutting's Effect on Oil and Gas Safety // Automation World Journal. – 2018. – P. 52-57.
16. S Ibrayev, N Imanbaeva, A Nurmaganbetova, A Zhauyt. [Computerized modeling of kinematics and kineto-statics of sucker-rod pump power units](#). // 16th International Scientific Conference: Engineering for Rural Development . – 2017. – P.904-907

17. Иманбаева Н.С., Рахматуллина А.Б., Исаметова М.Е., Нұрмағанбетова А.Т. Штангалы піспекті қондырғының (ШПҚ) түрлендіруші механизмінің, қарсы салмақтың орнын анықтай отырып, теңгерілу режимдерін зеттеу. Вестник КазНУ №1, 2017. – С. 328-332
18. A. Rakhmatulina, S. Ibrayev, N. Imanbayeva, A. Ibrayeva, N. Tolebayev. Kinematic and kinetostatic analysis of the six-link straight-line generating converting mechanism of the unbalanced sucker rod pumper drive Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 6/7 (108) 2020. - P.6-14
19. Georgeta T. Research concerning the dynamic model of the conventional sucker rod pumping units. Petroleum-Gas University of Ploiesti, 39 Bucuresti Blvd., 100680, Ploiesti, Romania. <http://www.revistadechimie.ro> REV.CHIM.(Bucharest),70, No. 8, 2019. - P. 2818-2821
20. Ziming Feng, Methodology. Funding acquisition, Investigation1 Dynamic coupling modelling and application case analysis of high-slip motors and pumping units // PLoS One. 2020. - P. 1-25
21. А.Б. Рахматулина, Н.С. Иманбаева Современные задачи моделирования и оптимального проектирования привода штанговых насосных установок: Книга.- Алматы: Дарын, 2022. – 220 с.