

**СЕЙСМИКАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ КЕЗІНДЕ СҰЙЫҚ ҚОРҒАСЫНЫ БАР БЕТОН
РЕЗЕРВУАРЛАРЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІНІҢ
ДИНАМИКАСЫН ЕСЕПТЕУ****Сапарханова Мөлдір Қанатқызы**

магистрант, Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы, Қазақстан, Алматы қ.

Садыров Русланжан Каримжанович

техн. ғылымд. канд., қауымд. проф. Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы Қазақстан, Алматы қ.

**CALCULATION OF THE DYNAMICS OF THE STRESS-DEFORMABLE STATE OF CONCRETE
TANKS WITH LIQUID LEAD UNDER SEISMIC IMPACT****Moldir Saparkhanova***master's student, Kazakh Leading Academy of architecture and construction, Kazakhstan, Almaty***Ruslanzhan Sadyrov***candidate of technical sciences, associate professor, Kazakh main Academy of architecture and construction, Kazakhstan, Almaty*

Аннотация. Мақаланың шешетін негізгі мәселелердің бірі қондырғы блогы корпусының кернеулі-деформацияланған күйіне контурдың (сұйық қорғасын) жылу тасымалдағышының тербелістерінің әсерін есепке алу болды. Қорғасын салқындатқыштың тербелістерінің әсерін бағалау үшін осы мақалада келтірілген бірқатар міндеттер шешілді.

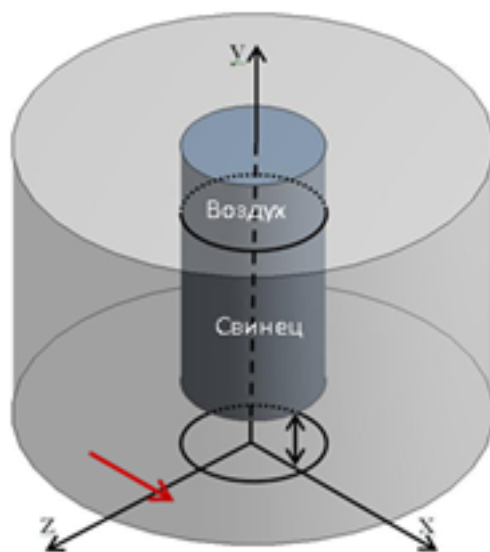
Abstract. One of the main problems solved by the article was to take into account the influence of vibrations of the heat carrier of the circuit (liquid lead) on the stress-deformed state of the housing of the unit unit. To assess the impact of lead coolant vibrations, a number of tasks presented in this article have been solved.

Түйін сөздер: резервуар, сейсмикалық әсер, деформация, бетон, сұйық қорғасын.

Keywords: tank, seismic impact, deformation, concrete, liquid lead.

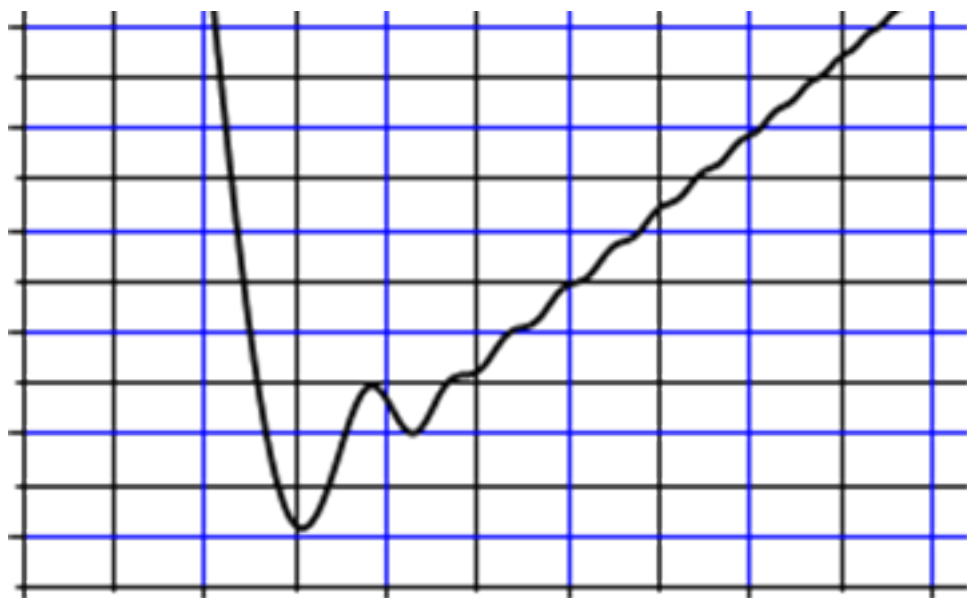
Қорғасын салқындатқышының тербелістерінің әсерін бағалау екі дәйекті жуықтау болып табылатын гидравликалық серпімділіктің екі байланысты мәселесін шешу нәтижелері бойынша жүргізілді: бір орталық қуысы бар бетон резервуары туралы есеп (есеп схемасы 1-суретте көрсетілген) және бір орталық және төрт перифериялық қуыстары бар бетон резервуары туралы есеп. Әрбір тапсырма жеке-жеке гидравликалық серпімділіктің

байланысты динамикалық есебі болды және ANSYS талдау бағдарламалық жасақтамасының көмегімен соңғы элементтер әдісімен шешілді.

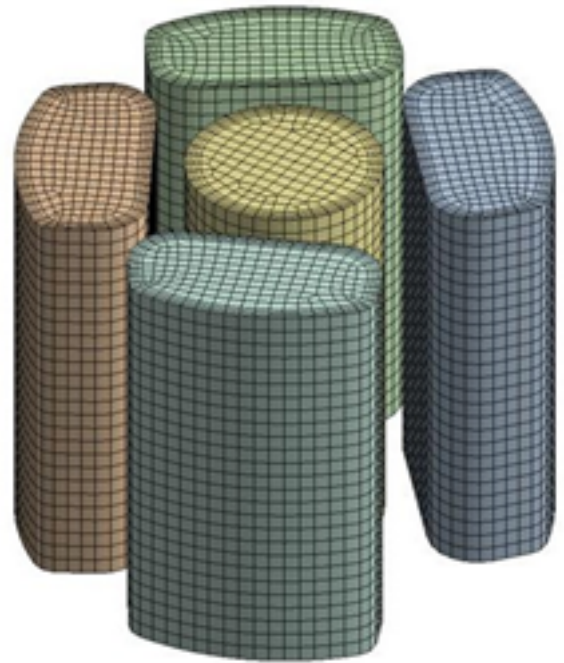


Сурет 1. Бір қуысты резервуар схемасы

Мәселені шешу оны механикалық және гидродинамикалық бөліктерге бөлу және мәселенің екі бөлігін шешушілер арасындағы шекаралық шарттармен өзара алмасу арқылы бірлесіп шешу арқылы жүзеге асырылды. Механикалық бөлік ANSYS Mechanical құралдарымен шешілді және 2-суретте көрсетілген қозғалыстарды анықтау арқылы модельделген көлденең сейсмикалық жүктеменің әсерінен бетон резервуарының динамикасы мәселесі болды. Орын ауыстырулар СА-482 синтезделген акселерограммаға сәйкес қойылды. Бұл акселерограмма [1] сәйкес таңдалды. Сондай-ақ, ол берілген баллдық үшін жер сілкінісінің ең нашар нұсқасын қамтамасыз ететіндей етіп жасалғанын атап өткен жөн. Акселерограмма бір қуысты резервуар жағдайында 7 баллдық жер сілкінісіне (үдеудің ең жоғарғы мәні 0,1 g) және бес қуысты резервуар жағдайы үшін 9 баллдық (үдеудің ең жоғарғы мәні 0,4 g) нормаланды. Сондай-ақ, мәселенің механикалық бөлігі бетонның сызықтық әрекеті туралы болжаммен шешілді гидродинамикалық бөлік ANSYS CFX пакетінде қуыстарда сұйық қорғасын мен ауаның болуын ескере отырып шешілді [2]. Сұйық қорғасын тұтқыр сығылмайтын сұйықтықпен модельденді. Сондай-ақ, бес қуысы бар резервуар туралы тапсырмада жобаланған реакторда орын алатын қорғасын салқындатқыштың деңгейлеріндегі айырмашылық ескерілген. Әрине, бес қуыстың жағдайына арналған элементтік модельдер 3-суретте көрсетілген, мұндағы а - СЭ бойынша есептеудің механикалық бөлігінің моделі, б - СЭ есептеудің гидродинамикалық бөлігінің моделі.



Сурет 2. Резервуардың түбінде берілетін орын ауыстырулар



Сурет 3. Бес күшті резервуар туралы СЭ тапсырма моделі

Динамикалық көп-салалы мәселелерді шешу уақыт ресурстарының әсерлі шығындарын талап ететіндіктен, сондықтан қарастырылып отырған байланысты есепті тек Деформацияланатын қатты дененің механикасы жеткілікті жақсы жағдайда, оның квазистатикалық тұжырымына (мысалы, [2], [3]). Бұл күрделілік пен уақыт шығындарын едәуір төмендетеді. Мысалы, цилиндрлік резервуардың сұйықтың әсері А. Н. Бирбраер в [3] гидродинамикалық компонентін қатты дененің қисымға қосу арқылы ескеруді ұсынады. Радиусы R және тереңдігі h цилиндрлік резервуарда шекті мәні бар көлденең сейсмикалық әсер ету кезінде

қабырғаның ең төменгі гидродинамикалық қысым $A_{max}^{(x)}$ (g үлестерінде) тең

$$p_x^{(x)}(z_0, h_0, \theta) = p g R A_{max}^{(x)} k_4(z_0, h_0) \sin \theta, \quad \theta - \text{саннан алынған}$$

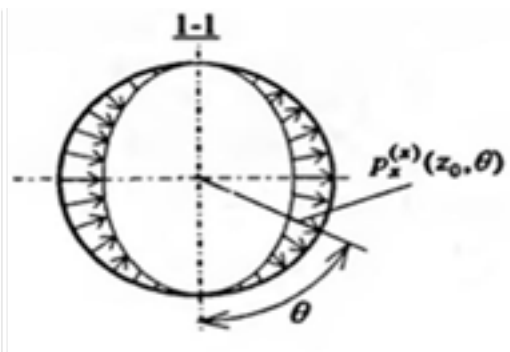
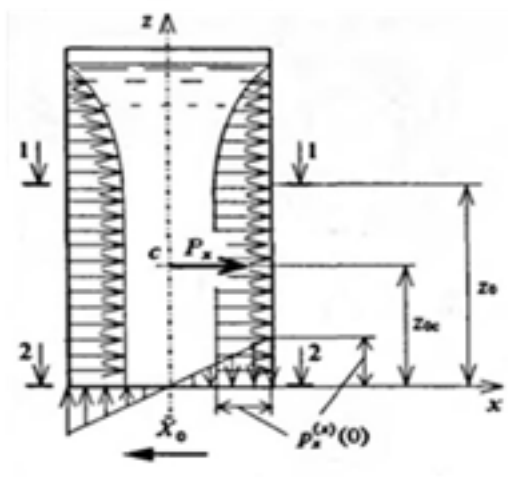
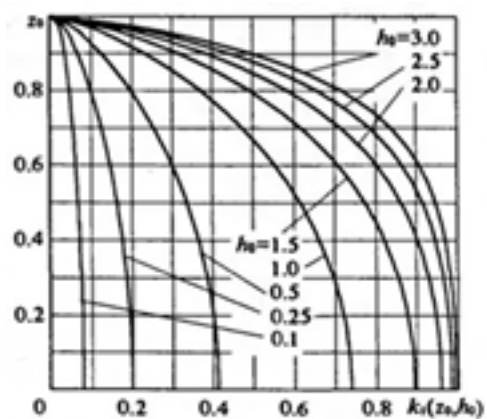
$$z_0 = \frac{z}{h} \quad \text{және} \quad h_0 = h/R$$

бұрыш, үдеу бағытына перпендикуляр жазықтық;

өлшемсіз параметрлер, $k_4(z_0, h_0)$ - гидродинамикалық қысым эпюрасы:

$$k_4(z_0, h_0) = 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{ch(k_n z_0 h_0)}{(k_n^2 - 1) ch(k_n h_0)}.$$

Сейсмикалық гидродинамикалық эпюралардың формалары 4,а-суретте көрсетілген. 4,б және 4,в суреттерінде көлденең сейсмикалық әсерден цилиндрлік резервуардың қабырғалары мен түбіне сәйкесінше сейсмикалық гидродинамикалық қысымның таралуы көрсетілген [2].



а

б

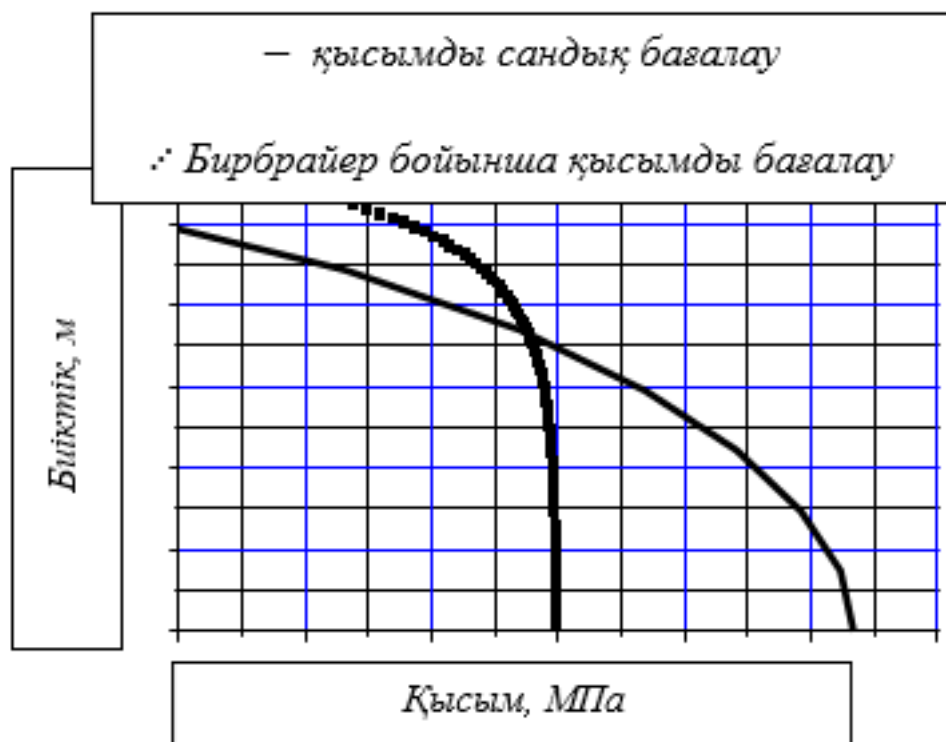
в

Сурет 4. Сейсмикалық гидродинамикалық қысым қысымының, аналитикалық бағалауына

Сұйық қорғасынның тербелістерін сандық бағалау үшін, сондай-ақ [3] тұжырымдалған әдістемемен салыстыру үшін гидродинамикалық қысым шамаларын бағалауды олар жоғарыда сипатталғандай етіп тұжырымдау қажет. Сандық есептеу кезінде гидродинамикалық қысым шамаларын бағалауды орталық және шеткері лайнерлер үшін былайша тұжырымдаймыз: биіктігі бойынша әрбір нүктеге осы биіктіктегі гидростатикалық қысымды шегере отырып, сейсмикалық әсердің барлық уақытында (өтпелі процесті қоспағанда) қабырғаға максималды толық қысым сәйкес келеді. Мұндай тұжырым резервуардың қабырғаларында қысымның таралуын консервативті бағалауға мүмкіндік береді.

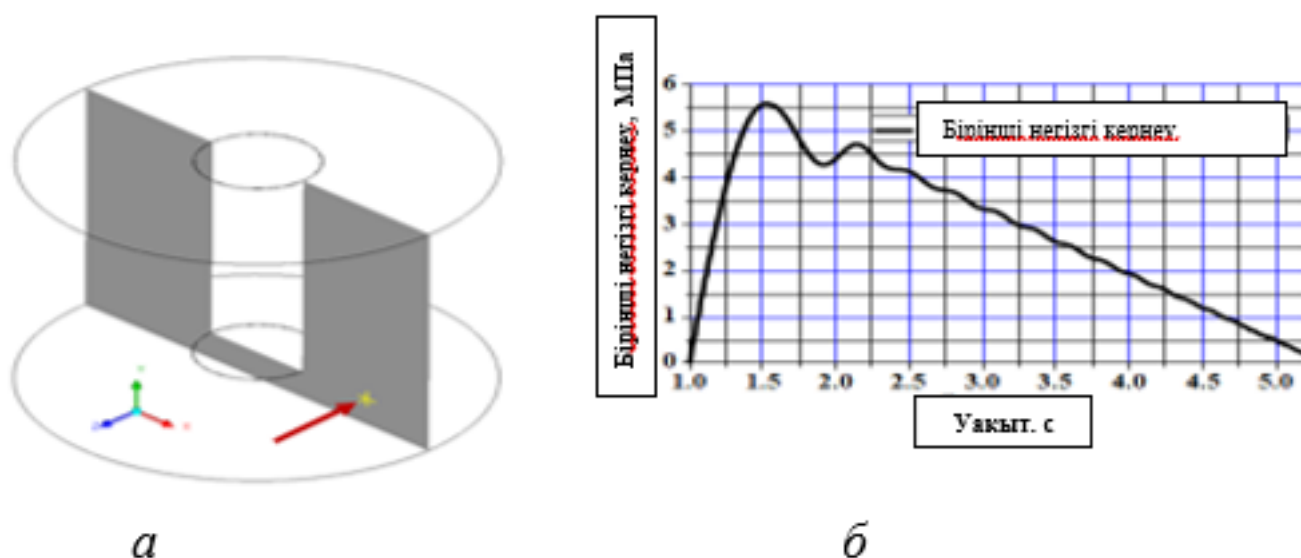
Бір қуысты резервуар үшін мәселенің шешімін қарастырыңыз. Резервуардың қабырғалары бойымен қысымның таралуы 5-суретте көрсетілген.

Графиктен сандық шешім аналитикалық бағалауға қарағанда гидродинамикалық қысымға консервативті баға беретіндігін көруге болады [3].



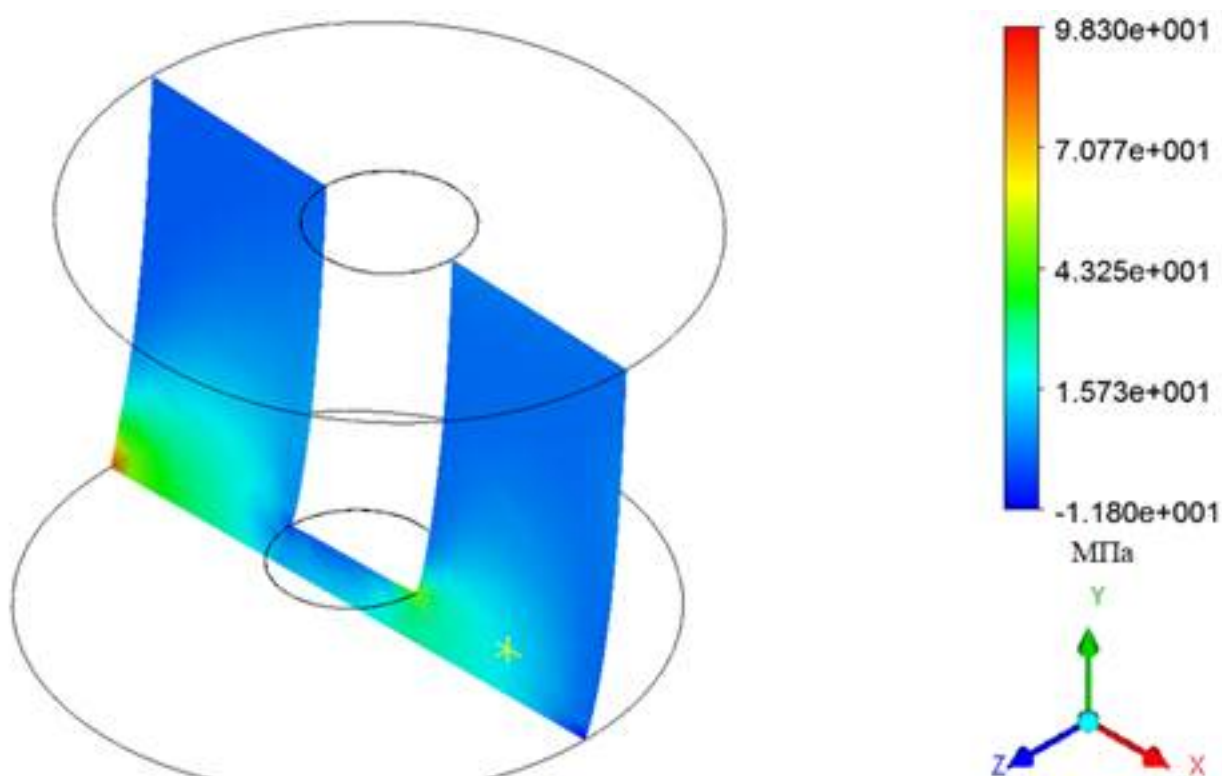
Сурет 5. Қуыс қабырғасындағы қысым диаграммалары

Аналитикалық бағалау мен сандық шешім арасындағы алшақтықты аналитикалық шешім шығарылған кезде жасалған тым өрескел болжамдармен түсіндіруге болады. Аналитикалық бағалауда алынған гидродинамикалық қысым тәртібі сандық жағынан бірдей екенін атап өткен жөн, бұл сандық схема процестің физикасын тиісті дәрежеде көрсететіндігін көрсетуі мүмкін.



Сурет 6. Көрсетілген нүктедегі алғашқы негізгі кернеулердің өзгеруі

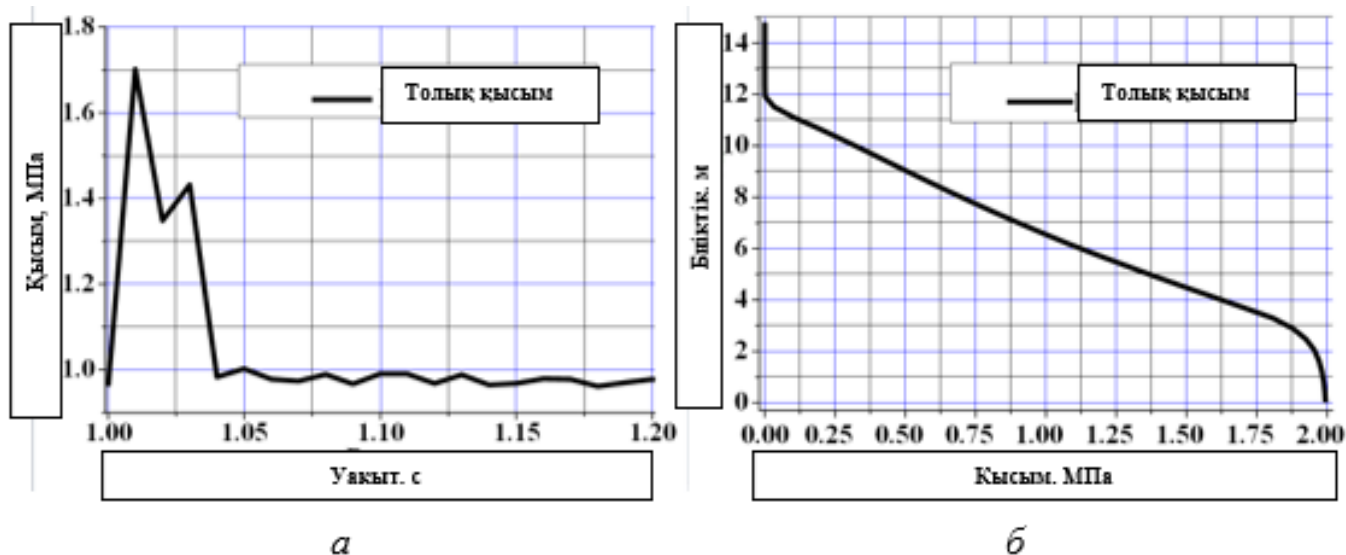
Резервуардың кернеулі-деформацияланған күйінің суретін қарастыруға көшейік. 6,6-суретте көрсетілген нүктеде алғашқы негізгі кернеулердің таралуы көрсетілген (6-сурет,а). Талдау кестеден көрініп тұрғандай, ол подобен кесте бойынша орын ауыстыру, берілген негіз. Бұл факт осы дизайнның меншікті жиіліктері сейсмикалық әсер ету жиіліктерінің аралығынан тыс орналасқандығын көрсетеді [2].



Сурет 7. Резервуардың қимасындағы алғашқы негізгі кернеулердің таралуы

7-суретте бірінші негізгі кернеулердің жүктемені қолдану жазықтығына параллель және резервуардың осі арқылы өтетін жазықтық бойынша таралуы көрсетілген (қозғалыс шкаласы ерікті). 7-суретте көрсетілген кернеу мәндері 6-суреттегі кернеудің максималды мәніне сәйкес келетін уақыт моменті үшін алынады, Б. қабырғадағы және қуыстың түбіндегі түйісу аймақтарындағы хабтар, сондай-ақ сыртқы қабырғаның негізмен түйісуі бірден байқалады.

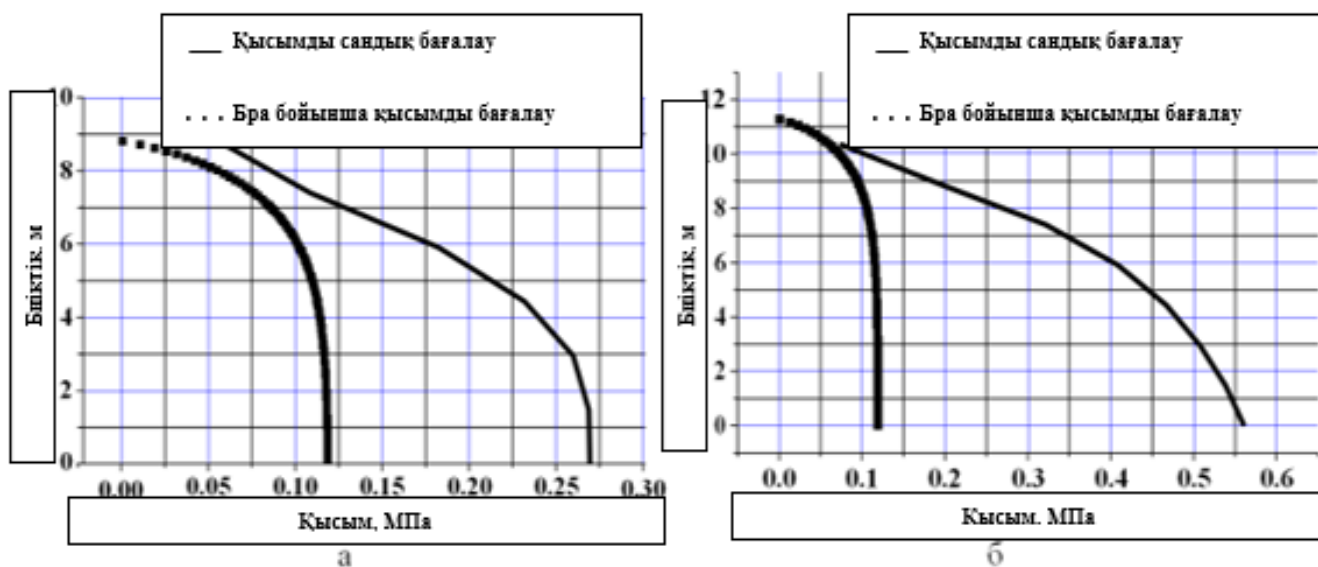
Белгіленген сейсмикалық тербелістер режиміндегі гидродинамикалық қысымдардан басқа, сейсмикалық әсер басталғаннан кейін болып жатқан өтпелі процесті қарастыру мәселесіне ерекше назар аударылды. Өтпелі кезең бір қуысты бетон резервуарының міндеті аясында қарастырылды. Шешімнің дәлдігін арттыру үшін бұл мәселе уақытты интеграциялаудың қысқартылған қадамымен шешілді, бұл есептеу уақытын едәуір арттырды (есептеу уақыты 4 күнге жетті). 3.5 м биіктіктегі қабырғадағы максималды толық қысымның есептеу уақытына тәуелділігі 8-суретте көрсетілген, а. максималды қысымға сәйкес келетін уақыт кезіндегі қуыс қабырғасындағы қысым диаграммасы 8-суретте көрсетілген, Б. ұсынылған суреттер сейсмикалық әсер келгеннен кейінгі алғашқы сәтте құрылымның, іс жүзінде, сұйықтық жағынан соққы әсері. Бұл әсердің мәні осы биіктіктегі гидростатикалық қысымнан 1.8 есе көп, бұл жерден қорғасын салқындатқышы бар реакторларды есептеу кезінде соққы өтпелі процесінің сейсмикалық әсерін есептеу кезінде ерекше назар аудару керек, өйткені бұл жағдайда гидродинамикалық қысым аналитикалық және сандық бағалаулардан асып түседі [3].



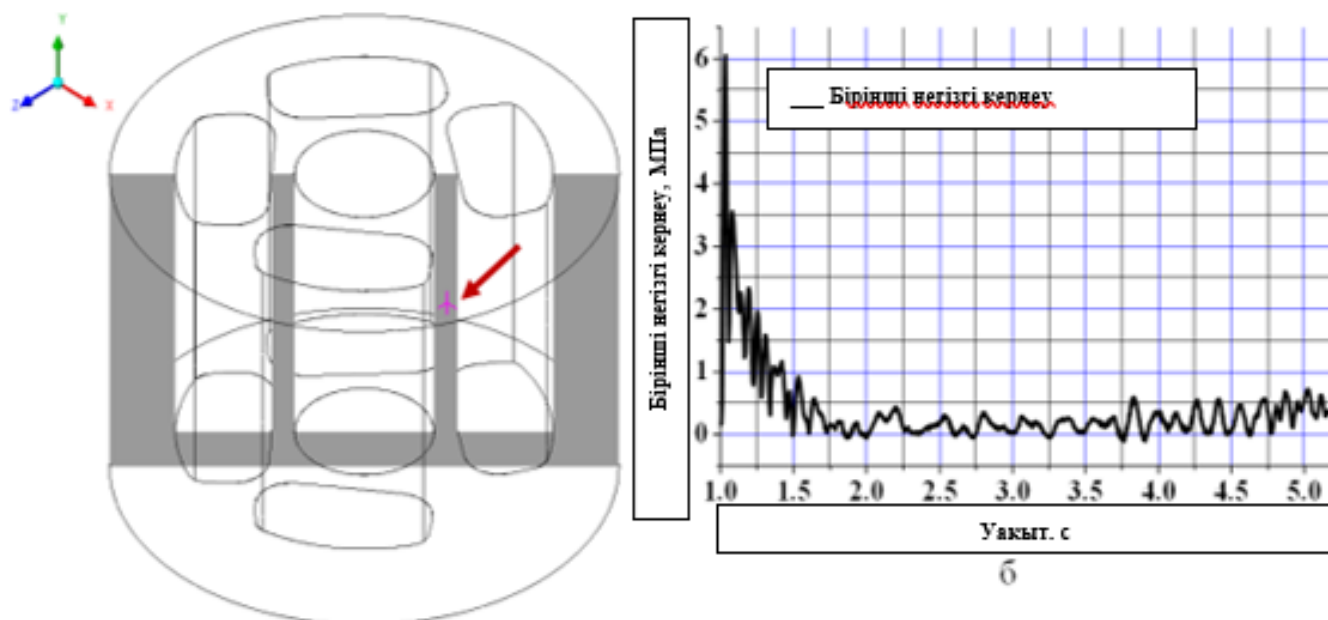
Сурет 8. Өтпелі кезеңдегі алғашқы негізгі кернеулер мен қысым

Енді бес қуысты резервуар мәселесін шешуді қарастырыңыз. 9-суретте орталық (9,а) және шеткі (9,б) қуыстарға арналған гидродинамикалық қысымның аналитикалық және сандық бағаларының салыстырмалы диаграммалары көрсетілген. Бұл жағдайда қысымды аналитикалық және сандық бағалау да ұқсас тәртіпке ие, бірақ максималды мәндер перифериялық үшін 4.7 есе және Орталық қуыс үшін 2.2 есе бөлінеді. Қысым диаграммаларының сапалық ұқсастығына, сондай-ақ шамалардың ұқсас екендігіне сүйене отырып, есептеу схемасы процестің нақты көрінісін тиісті дәрежеде көрсетеді деген болжам жасауға болады. Шеткі қуыстар үшін осындай жоғары айырмашылыққа әкелетін негізгі себептердің бірі қуыс пішінінің цилиндрден қатты ауытқуы деп санауға болады.

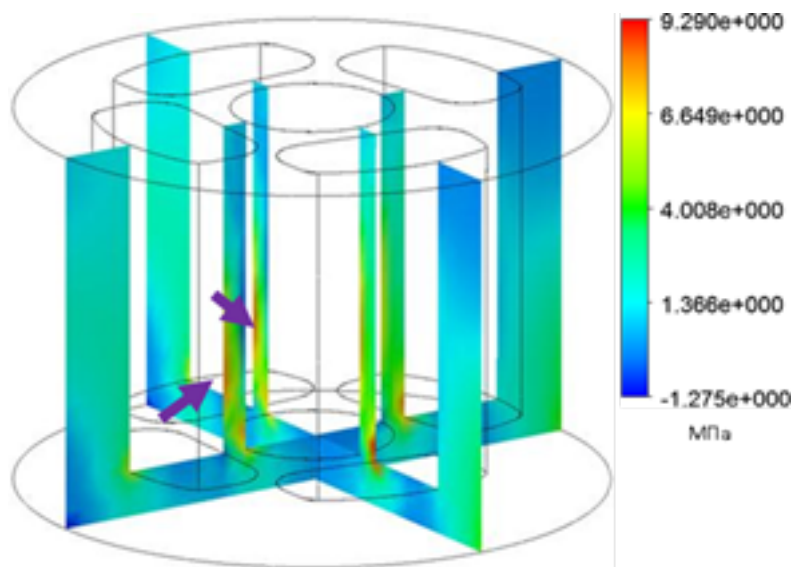
Реакторлық қондырғы блогы корпусының кернеулі-деформацияланған күйін қарастыруға көшейік. 10,б-суретте 10-суретте көрсетілген алғашқы негізгі кернеулердің уақытқа тәуелділігі көрсетілген, ал реакторлық қондырғы блогы корпусының нүктесі көрсетілген. Бұл тәуелділік базаның уақытқа тәуелділігі құрылымынан өте өзгеше құрылымға ие [3]. Атап айтқанда, жоғары жиіліктегі тербелістер байқалады (қоздырғыш күштің жиілігіне қатысты), бұл бұл жағдайда тербеліс процесіне тек бір қуысты резервуардың тербеліс формаларына ұқсас тербелістердің формалары ғана емес, сонымен қатар қуыстар арасындағы аралықтардың тербеліс формалары да енеді деген болжам жасауға мүмкіндік береді.



Сурет 9. Орталық (сол жақта) және шеткері (оң жақта) қуыстарға арналған гидродинамикалық қысымдардың диаграммалары



Сурет 10. Көрсетілген нүктедегі алғашқы негізгі кернеулердің өзгеруі



Сурет 11. РУ блогы корпусының қималары бойынша бірінші басты кернеулердің таралуы

РУ блогының корпусындағы кернеулердің суретін қарастыру кезінде (11-суретте 1.1 с уақыт сәтіне арналған реакторлық қондырғы блогы корпусының екі қимасы бойынша алғашқы басты кернеулердің таралуы көрсетілген) алдыңғы тапсырмадағыдай, резервуарлар қабырғаларының түбімен түйіскен жерлерінде кернеулердің шоғырлану аймақтарын көруге болады.

Жұмыс нәтижесінде сұйық қорғасыны бар резервуарлардың сейсмикалық тұрақтылығы міндеттеріне қатысты Су серпімділігі есептерін конъюгативті есептеу технологиясы игерілді, сонымен қатар келесі тұжырымдар жасалды:

- Құрамында бірінші контурдың жылу тасымалдаушысы ретінде сұйық қорғасыны бар реакторлардың беріктігі мен сейсмотұрақтылығына есептеулер жүргізген кезде гидродинамикалық қысым эпюр әдісімен қорғасынның әсерін ескермеу керек.
- ANSYS бағдарламалық кешенінің шектеулеріне байланысты шекаралық шарттар ретінде орын ауыстырулар белгіленеді. Осыған байланысты, ANSYS бағдарламалық кешенінің механикалық (Ansys Mechanical) және гидродинамикалық (Ansys CFX) блоктарында ауыспалы инерциялық жүктеме ретінде жер сілкінісінің акселерограммасын беру әдістемесін әзірлеу және талдамалық негіздеу қажет.
- Алғашқы негізгі кернеулердің таралуында мәндердің көп бөлігі есептелген созылу кедергісінен тыс болатындығын ескере отырып, динамикалық процестің көрінісін тиісті дәрежеде көрсету үшін бетондардың сызықтық емес қасиеттерін пайдалану және арматуралық тордың есептелген моделіне қосу қажет деп айтуға болады. Осылайша, бетонның сызықтық емес қасиеттерін және сыну процестерін ескере отырып, серпімділіктің динамикалық байланысты мәселелерін сандық шешу әдісін жасау қажет. Бұл мәселені шешу үшін СЭ талдаудың балама бағдарламалық кешендерінің мүмкіндіктерін пайдалану керек (мысалы, ABAQUS және LS-DYNA).

Қолданылған әдебиеттер:

1. РТМ 108.020.37-81 Оборудование атомных энергетических установок. Расчет на прочность при сейсмическом воздействии.
2. Шульман С.Г. Расчеты сейсмостойкости гидросооружений с учетом влияния водной среды. – М.: Энергия, 1976. – 331с.

3. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. – СПб: Наука, 1998. – 255с., ил.70.