ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ

ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

Қўлёзма хуқуқида
УДК 628.147.1: 621.644.07

Якубова Рислиғой Равшанбековна

“Ўзгарувчан ва ўзгармас диаметрли қувур тармоқларнинг турғунлиги”

М 5А140901 Касб таълими-(Муҳандислик коммуникациялари қурилиши) мутахассислиги бўйича магистр академик даражасини олиш учун ёзган

Д И С С Е Р Т А Ц И Я

Иш кўриб чиқилди ва ҳимояга қўйилди.
«Муҳандислик коммуникациялари
қурилиши» кафедраси мудири: т.ф.н. А.Баходиров

Илмий рахбар: т.ф.н., А. А. Тўхтабаев

Илмий маслаҳатчи: т.ф.д., проф. Х. Эшматов

Наманган- 2009

МУНДАРИЖА

Бет

КИРИШ 7

I-БОБ. Эластик жисмларнинг мувозанати тўғрисида тушунча.

1.1. Критик куч ва кучланиш ҳақида тушунча...................... 17

1.2. Қувурларни турғунликка амалда ҳисоблаш.................... 21

1.3. Сиқилган қувурлар кўндаланг кесимининг энг қулай шакллари.. 25

1.4. Текис шаклнинг эгилишдаги турғунлиги........................ 29

1.5. Сиқилган қувурларнинг турғунликка амалда ҳисоблаш. 32

II-БОБ Қувурларнинг турғунлигига оид баъзи мураккаб масалалар

2.1. Ички ва ташқи симметрик босим таъсиридаги қалин деворли қувурлар ҳисоби.. 39

2.2. Қўшма қувурлар ҳисоби.. 46

2.3. Қувурларнинг гидравлик хисоби..................................... 48

III-БОБ Босимни ҳисобга олганда суюқлик оқаётган ёпишқоқ-эластик қувурнинг турғунлиги ....

3.1. Суюқлик харакатлаётган ёпишқоқэластик қувурлар турғунлиги.. 56

3.2. Учлари турли усуллар билан маҳкамланган қувурлар.... 63

ОЛИНГАН НАТИЖА ВА ХУЛОСАЛАР.. 74

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ...................................... 76

ИЛОВА 79

Аннотация

Ёпишқоқ-эластик қувурларнинг турли хил кучлар билан ўзаро таъсирини, уларнинг бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар таъсирида турғунлик холатини ўрганиш ва натижалар асосида қурилиш маъёрий хужжатларини ишлаб чиқиш катта илмий аҳамиятга эга. Илмий ишда Кирхгофф-Ляв гипотезасига асосан ўзгарувчан ва ўзгармас қалинликдаги қувурлар материалини ёпишқоқ-эластиклик хусусиятини, инерция кучларни ҳисобга олган ҳолда кўрилган. Бу масалаларни ўрганишга имкон берувчи тенгламалар эгилишининг кўп хадли аппроксимациясига асосланган Бубнов-Галеркин усули ёрдамида оддий интегродифференциал тенгламалар системасига келтирилади. Системани ечишда уч параметрли Колтунов-Ржаницын ядросини ҳисобга олиб, проф. Ф.Бадалов ва проф. Х Эшматов томонидан таклиф қилинган квадратур формулаларига асосланган сонли усул қўлланилган. Бу усул асосида сонли ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Системани ечишда уч параметрли Колтунов-Ржаницын ядросини ҳисобга олиб, проф. Ф.Бадалов ва проф. Х Эшматов томонидан таклиф қилинган квадратур формулаларига асосланган сонли усул қўлланилган. Бу усул асосида сонли ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Аннотация

Постановка задачи и алгоритм численного решения задач устойчивости динамики трубы с постоянной и переменной жесткостью с учетом вязкоупругих свойств материала. На основе гипотезы Кирхгофа-Лява выводятся уравнения колебаний плотины-пластины с учетом вязкоупругих свойств материала. В расчетах использовано трехпараметровое ядро Колтунова-Ржаницына. Изучено влияние вязкоупругих свойств материала трубы. Решение получено в виде графиков. Изложенная в работе методика позволяет в комплексе исследовать задачи о устойчивых вязкоупругих трубы. Все описанные алгоритмы реализованы в виде комплекса прикладных

программ, предназначенных для использования в персональных компьютерах.

Annotation

Mathematical models of the problem of the visco-elastic trubes at seismic loading and hydrodynamic water pressure took place on the basis of Kirchhoff-Lyav's hypothesis in the given dissertation work. The problem was solved by the usual integro-differential equation system based on flexure polinomial approximation by means of Bubnov- Galerkin's method. The numerical method based on quatrature formulae proposed by F. Badalov and H. Eshmatov was applied for the solution to the system. The algorithm of the numerical solution on the basis of the method was worked out. The influence of the visco-elastic property of the material, hydrodynamic water pressure and amplitude-frequency characteristics of the visco-elastic dams-plates at seismic loading were described in the work. In all studied problems the conyergence of Bubnov-Galyorkin's method was numerically studied.

Мамлакатимизда жахон иқтисодий инқирозининг салбий оқибатларини бартараф этиш бўйича 2009-2012 йилларга мўлжаллаб қабул қилинган инқирозга қарши чоралар дастури Ўзбекстоннинг 2009 йилда ижтимоий– иқтисодий ривожлантиришнинг энг устувор йўналиши бўлиб қолади

И.А. Каримов

Кириш

Ўзбекистон Республикаси Президенти И.А.Каримов “Мамлакатимизда модернизация қилиш ва янгилашни изчил давом эттириш-давр талаби” деб номлаган 2009 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Махкамасининг кенгайтирилган мажлисида хозирги кунда энг устувор ва кечиктириб бўлмайдиган вазифаларни белгилаб бердилар.

Хозирги давр давом этаётган жахон иқтисодий инқирози ва унинг салбий оқибатларига қарши қурашиш бўйича дастур қабул қилинган.

Биргина ўтган йилнинг ўзида мамлакатимизнинг кўплаб йирик корхоналар, ишлаб чиқариш иншоотлари қуриб битказилди, фойдаланишга топширилди. Мисол учун, Фарғона водийсини электр энергияси билан мунтазам таъминлаш имконини берадиган, узунлиги 165 километрлик янги Ангрен иссиқлик электр станцияси – “Ўзбекистон” юқори кучланишли электр узатиш линияси барпо этилган. Сирдарё иссиқлик электр станциясини “Сўғдийона” кучлантириш станцияси билан боғлайдиган, Ғузор – Сурхон юқори кучланишли электр узатиш линиялари ишга туширилганлигини таъкидлаш мумкин. Шунингдек, ўтган йили 2600 километрдан ортиқ ичимлик суви, 825 километрдан зиёд табиий газ тармоқлари фойдаланишга топширилди.

Ижтимойи соҳа объектларини қуриш ва фойдаланишга топшириш масалаларига устивор аҳамият берилиши натижасида 113-200 ўқувчига мўлжаланган 169 та касб-ҳунар коллежи ва 700 ўринли 23 та академик лицейлар қурилди ва реконструкция қилинди. Шу билан бирга 69 та янги мактаблар барпо этилди ва 582 мактаблар капитал реконструкция қилинди. Шулар қаторида 184 та болалар спорти иншоотлари, 26-та қишлоқ врачлик пунктлари ва 7 240 000 кв. м. турар жой бинолари ва бошқа объектлари қурилди.

Ижтимоий инфратузилма объектларини жадал ривожлантириш, аҳоли пунктларини ободонлаштиришни тубдан яхшилаш, шунинг ҳисобидан қўшимча иш ўринларини яратиш масалалари давлатимиз режаларида алоҳида ўрин эгаллайди.

Кўзда тутилган чора-тадбирлар доирасида 2009 йилда узунлиги 2 минг километрдан ортиқ ичимлик суви ва қарийб 700 километрлик табиий газ тармоқларини ишга тушириш, чекка туманларни суюлтирилган газ билан таъминлашни тубдан яхшилаш белгиланган.

Уй-жойларни капитал таъмирлаш, реконструкция қилиш ва қуриш бўйича пудрат ишлари кўламини кенгайтириш, аҳолининг ўсиб бораётган эҳтиёжини қондириш мақсадида шаҳар ва туманларда тураржой фонди объектларини лойиҳалаштириш, қуриш, реконструксия қилиш, таъмирлаш ва уларнинг дизайни бўйича ишларни тугал ҳолда, яъни калити билан топшириш шарти асосида фаолият олиб борадиган ихтисослашган хусусий таъмирлаш-қурилиш ташкилотларини тузиш назарда тутилган.

Алоҳида эътибор қаратиш лозим бўлган навбатдаги энг муҳим устувор вазифа — қишлоқда турмуш даражасини юксалтиришга, қишлоқларимиз қиёфасини ўзгартиришга қаратилган узоқ муддатли ва бир-бири билан чамбарчас боғлиқ кенг кўламли чора-тадбирларни амалга ошириш, ижтимоий соҳа ва ишлаб чиқариш инфратузилмасини ривожлантиришни жадаллаштириш, мулкдорнинг, тадбиркорлик ва кичик бизнеснинг мақоми, ўрни ва аҳамиятини тубдан қайта кўриб чиқиш, фермер хўжаликлари ривожини ҳар томонлама қўллаб-қувватлашдан иборатдир.

Лекин бу устувор йўналиш ва уни амалга ошириш дастури нафақат 2009 йил, балки ўрта муддатли истиқбол учун белгилаб олинганини алоҳида таъкидлаш ўринлидир.

Қишлоқларимиз қиёфасини, қишлоқда ҳаёт сифатини, ишлаб чиқариш муносабатларининг мазмун-моҳиятини ўзгартиришга, агросаноат мажмуида олиб борилаётган ислоҳотларни чуқурлаштиришга, охир-оқибатда қишлоқ аҳолисининг ижтимоий-сиёсий ва маданий савиясини, онги ва фуқаролик масъулиятини оширишга қаратилган, биз учун ўта долзарб аҳамиятга эга бўлган ушбу давлат дастурини бажаришга киришар эканмиз, 2009 йилдаги бош вазифамиз уни амалга ошириш бўйича истиқболдаги барча ишларни мустаҳкам ташкилий асосга қўйишдан иборатдир.

Дастурнинг принципиал аҳамиятга эга бўлган қуйидаги йўналишларига яна бир бор эътибор қаратиш мақсадга мувофиқдир.

Биринчидан, **мазкур дастур ижроси билан боғлиқ қонунчилик ва норматив-ҳуқуқий базани янада такомиллаштириш ва мустаҳкамлаш, янги қонунлар қабул қилиш, тегишли қонун ҳужжатларига, Ер кодексига ўзгартириш ва қўшимчалар киритиш зарур. Қишлоқда ижтимоий ва ишлаб чиқариш инфратузилмасини ривожлантириш, сув ресурсларидан оқилона фойдаланишни тартибга солиш ва суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш масалаларига алоҳида эътибор қаратиш лозим.**

Иккинчидан, **дастурда белгиланган вазифалар орасида қишлоқларимизда ҳаёт сифатини тубдан юксалтириш бўйича комплекс чора-тадбирларни амалга ошириш принсипиал муҳим ва ҳал қилувчи аҳамият касб этади. Бунинг учун қишлоқ аҳоли пунктларини меъморий жиҳатдан лойиҳалаштириш ва қуриш ишларини ташкил этиш тизимини тубдан қайта кўриб чиқиш лозим. Ҳудудларнинг меъморий-лойиҳавий қурилиши бўйича бош планлари ишлаб чиқилишини таъминлаш, минтақаларнинг иқлими, демографик ҳолати ва бошқа шарт-шароитларини ҳисобга олган ҳолда, қишлоқ уйлари ва ижтимоий**

иншоотларнинг унификация қилинган намунавий лойиҳаларини тайёрлаш даркор.

Бу вазифаларни бажариш учун махсус "Қишлоқ-қурилиш-лойиҳа" лойиҳа-тадқиқот институти ташкил этилди. Ушбу муассасанинг тўлақонли фаолият бошлашини тезлаштириш, уни юқори малакали кадрлар билан мустаҳкамлаш ва уларнинг олдига аниқ ва равшан вазифалар қўйиш керакки, 2009 йилнинг ўзидаёқ биз янги архитектура бош планлари ва намунавий лойиҳалар бўйича ишлаш имкониятига эга бўлишимиз лозим.

Табиийки, янги қурилишларни замонавий қурилиш материаллари ва конструксияларисиз тасаввур қилиб бўлмайди. Қишлоқ жойларда барпо этиладиган объектларни қуришда йиғма, композицион ва кичик блокли конструксияларни қўллаган ҳолда, индустриал ва йиғма технологияларни кенг жорий этиш даркор.

Биз қишлоқда нафақат обод аҳоли масканлари ва замонавий уйларга, балки равон йўллар, узлуксиз энергия таъминоти, аҳолини тоза ичимлик суви билан таъминлаш тизимига, ривожланган ижтимоий объектлар тармоғига — бу қишлоқ врачлик пунктлари, мактаблар бўладими, болалар спорти иншоотлари, телекоммуникация ва почта алоқаси бўладими, хизмат кўрсатиш, савдо шохобчалари бўладими — ана шундай ва бошқа тузилмаларга эга бўлишимиз керак.

Қишлоқ жойлардаги мавжуд инфратузилмани яна бир бор танқидий баҳолаб, уни кенгайтириш бўйича қўшимча маблағ ва имкониятлар топиш зарур. Бу қишлоқларда аҳолини, айниқса, ёшларнинг бандлигини оширишнинг муҳим омилларидан бири эканини унутмаслигимиз даркор.

Белгиланган чора-тадбирларни амалга ошириш учун қишлоқ қурилиши бўйича ҳудудий бўлимларга эга ихтисослашган банк ташкил этиш масаласини кўриб чиқиш мақсадга мувофиқдир.

Учинчидан, **дастурнинг асосий вазифаси — қишлоқда саноат ишлаб чиқариши ва қурилишни жадал ривожлантириш, мева-сабзавот ва чорва маҳсулотларини қайта ишлаш бўйича замонавий техника ҳамда технологиялар билан жиҳозланган ихчам корхоналарни ташкил этиш чора-тадбирларини амалга оширишдан иборат.**

Бу борада вазифа кенг миқёсда қўйилмоқда — яъни, қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқаришни кенгайтириш ҳисобидан қишлоқда ихчам технологиялар билан жиҳозланган янги, замонавий қайта ишлаш корхоналарини шакллантириш ва уларнинг кенг кўламда фаолият юритиши учун ҳар томонлама мустаҳкам хом ашё базасини ташкил этиш зарур. Бундай ишлаб чиқариш қувватлари ҳар бир вилоят, туман ва қишлоқда барпо этилиши даркор. Бу нафақат ишлаб чиқаришнинг янги ҳажмлари ва ялпи ички маҳсулотни ошириш, аввало озиқ-овқат ишлаб чиқаришни кўпайтириш имконини беришини аниқ-равшан тушуниб олишимиз зарур. Чунки озиқ-овқат маҳсулотларига эҳтиёж ҳамиша юқори бўлиб, бу эҳтиёж бундан буён ҳам ортиб боришига шубҳа йўқ.

Энг муҳими, қайта ишлаш корхоналарини ташкил этиш орқали биз авваламбор иш ўринларига талаб доимо катта бўлган қишлоқларда ёшларни иш билан таъминлаш муаммосини ҳал этиш имкониятига эга бўламиз.

Тўртинчидан, **2008—2012 йилларда суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш давлат дастурида кўзда тутилган чора-тадбирлар тизимининг изчил амалга оширилишига — яъни, экин майдонларининг мелиоратив аҳволини яхшилаш, фаолият кўрсатаётган ирригация-мелиорация объектларининг тегишли техник ҳолатини таъминлаш, ихтисослашган сув хўжалиги, қурилиш ва эксплуатация ташкилотларининг моддий-техник базасини мустаҳкамлаш, уларни замонавий техника билан жиҳозлаш масалаларига алоҳида эътибор қаратиш даркор.**

Ҳозирги пайтда мамлакатимиз шаҳарсозлигини ривожлантириш билан бир қаторда қишлоқ ҳудудларида ҳам зарур инфратузилма-газ ва бошқа коммуникация тармоқларининг замонавий турларини яратиб бериш, уларни модернизация қилиш соҳа олдида турган энг муҳим вазифа ҳисобланади.

«Кадрлар тайёрлаш миллий дастури» тўғрисидаги қонунда белгиланган вазифалардан келиб чиққан ҳолда таълим тизимидаги ислоҳотларни амалга ошириш, қурилиш индустриясини замон талабларига жавоб берадиган юқори малакали кадрлар билан таъминлаш олий таълим тизимида амалга оширилаётган ислоҳотларни ривожлантиришнинг асосий моҳиятини ташкил этади. Республикамиз фаол сейсмик ҳудудлар тоифасига кирганлиги сабабли, ушбу худудларда жойлашаган бино ва иншоотларни замонавий зилзилабардошликка оид талаблар асосида лойиҳалаш талаб этилади. Бунинг учун бўлажак муҳандис-педагог кадрлар Ушбу соҳада етарли билим кўникмаларига эга бўлишлари лозим [1,3,5].

Республикамиз худуди Осиё китъасида энг тектоник жараёнлар интенсивлигининг юқорилиги билан ажралиб туради. Ушбу территорияда бино ва иншоотларнинг зилзилабардошлигини таъминлаш ўта муҳим масаладир.

Фан ва техника тараққиёти бугунги кунда 12-13 км чуқурликни бурғулаш имкониятини яратди. Демак, ер қаърида содир бўладиган жараёнларни ва ер тузилишини бевосита ўрганишда қўлланиладиган тажрибавий восита йўқ. Бугунги кунда ер ости қатламларини, зилзила ўчоқларини ўрганиш учун физика ва бошка фанлар ютуқларига таяниб зил-зилага сабаб бўлувчи шароит ўрганилмоқда. Мутахассислар ўта сезгир асбоблар ёрдамида чукур ер ости қатламларининг хусусиятлари хақида аниқ маълумотларга эга бўлмоқдалар. Бирок бу масаладаги билимларимиз хамон у ёки бу даражада тўғри деб тан олинаётган фаразлар доирасида турибди. Зилзиланинг келиб чиқиш сабаблари ва унинг табиати хакида тўларок тасавур ҳосил қилиш учун ер планетаси ички тузилиши ва унда содир бўладиган геологик жараёнларни ўрганиш лозим [12,13].

Кейинги йилларда бино ва иншоотларни зилзилабардошликка ҳисоблаш ва лойиҳалашга оид жуда кўпгина маълумотлар тўпланди. Ушбу маълумотлар мавжуд сейсмик мустаҳкам қурилиш назарияси ва амалиётини чуқур ўрганиб чиқиш, кучли зилзила оқибатларини муҳандислик таҳлил қилиш, сейсмик таъсир параметрларини баҳолаш ва сейсмик ҳимоялашга янгича ёндошиш орқали вужудга келди.

Ҳар қандай иншоотга ва муҳандислик коммуникациялари тизимига нисбатан турлича талаблар қўйилади. Бу иншоотларга қўйилган юклар таъсирига чидамли бўлиши, яъни ишлатилиш даврининг бошидан охиригача хавф-хатарсиз ишлаши керак.

Иншоотлар мустаҳкам бўлиши билан бирга, бикр бўлиши ҳам зарур, яъни конструкциялар ёки уларнинг айрим қисмлари ташқи кучлар таъсиридан катта деформациялар ҳосил қилмаслиги керак.

Конструкция ёки унинг қисмлари шаклини ўзгартириши оқибатида, яъни устиворлигини йўқотиши натижасида ҳам емирилиши мумкин. Бундай ҳолларда конструкция ўз устиворлигини йўқотади деб қабул қилинган.

Конструкцияни ва констукция қисмлариниҳам мустаҳкам, ҳам бикр, ҳам устувор қилишнинг ҳар хил йўллари бор, улардан энг асосийси конструкция қисмлари кўндаланг кесимининг ўлчамларини катталаштиришдир. Бироқ ҳар қандай иншоот қуриш учун меҳнат ҳам, материал ҳам энг кам сарф қилиниши лозим, бинобарин инженерлар тегишли ҳисоблар қилиш натижасида лойиҳанинг турли вариантларини тузадилар ва бу вариантлар орасидан энг арзонини ва юқорида қўйилган учта асосий талабга жавоб бералиганини танлаб оладилар.

Қалин деворли трубалар ҳисоби билан биринчи маротаба 1852- 1854 йилларда рус академиги А.И. Гадолин ва француз математиги Г. Ляме каби олимлар машғул бўлдилар. А.И. Гадолин ўточувчи қуролларнинг трубаларини ҳисоблади.

Мавзунинг долзарблиги: **Аҳолини жойлашиши жиҳатидан зич бўлган Фарғона водийсида ва Наманган вилоятидаги саноат**

корхоналари, жамоат бинолари ва турар жой бинолари учун ер ости ва ер усти муҳандислик тармоқлари билан уланган шаҳар ва туманларда саноат корхоналарининг қурилиши, жамоат ва турар жой биноларини кўплаб қурилиши натижасида ер ости муҳандислик тармоқларининг узунлиги ортиб бормоқда [15,16]. Юқори сейсмик худуд бўлган Ўзбекистон Республикасидаги ер ости муҳандислик коммуникациялари доимо сейсмик юкламалар таъсирида бўлади. Ер ости иншоотлари ва коммуникациялари қурилиши кейинги пайтда кенг қулоч очмоқда (сув тармоқлари, газ тармоқлари, нефт тармоги, сув оқова тармоги ва бошқа коммуникацияларни), юқоридаги саноат ва тармоқларнинг ривожланиши учун унинг динамик ва сейсмик кучларни таъсиридаги холатларини баҳолаш, тармоқ конструкцияларида ҳосил бўладиган зўриқиш кучланишларни аниқлаш ва ташқи кучлар таъсирига чидамли кесим юзалар танлаш чора-тадбирлар белгиланади [14,20,22].

Ҳозирги мавжуд конструкцияларни ҳисоблаш услублари кўп холларда ҳақиқий тармоқнинг иш шароитларини ҳисобга олмайди.

Динамик ва сейсмик кучларни ер остида ва ер устида тарқалишини ҳамда тармоқларда ҳосил бўладиган зўриқишлар жараёнини ўрганишимиз зарур. Турли саноат корхоналари, жамоат ва турар жой бинолари учун ётқизилган муҳандислик коммуникациялари иншоотлари, технологик жихозларни зилзилабардошлигини таъминлаш муоммоларини ҳал этиш бугунги куннинг долзарб муоммоларидан биридир.

Изланувчи томонидан олинган асосий натижалар. **Кирхгофф-Ляв гипотезаси асосида қувурларни ер қимирлаши даврида, қувурлардан сув харакатланаётгандаги босимини ҳисобга олганда динамик масалаларнинг тенгламалари келтириб чиқилган. Бу масалаларни ўрганишга имкон берувчи тенгламалар эгилишнинг кўп хадли аппроксимациясига асосланган Бубнов-Галёркин усули ёрдамида оддий интегродифференциал тенгламалар системасига келтирилади.**

Интегродифференциал тенгламалар системасини ечиш учун, уч параметрли Ржаницын-Колтунов ядросини ҳисобга олиб, интеграл ва интегродифференциал тенгламаларни сингуляр ҳолатдан озод қилишга асосланган сонли усуллардан фойдаланилган [37]. Бу усул ҳамда Гаусс усули асосида сонли ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Ишлаб чиқилган алгоритм асосида Турбо-Паскаль алгоритмик тилида амалий дастури ишлаб чиқилган, Pentium типидаги ШКда ҳисоблаш ишлари бажарилган.

Материалнинг ёпишқоқ-эластик хусусиятини, қувурда оқаётган сув таъсирини, реологик параметрларни ер қимирлаш давридаги амплитудага ҳамда частотасига таьсири таҳлил қилинган.

Олинган натижаларни ишончлилигини кўрилган масалаларнинг математик жиҳатдан коррект қўйилиши, деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси усулларидан аниқ фойдаланилиши, қурилган математик моделларни хусусий ҳолдаги моделлар билан мос тушиши, бошқа муаллифларни олган натижалари билан солиштирилиши таъминлайди.

Масалани тўғри математик қўйилиши, динамик масалаларни ечишда олдиндан маълум ва текширилган усуллардан фойдаланилганлиги ҳамда тажриба йўли билан олинган натижалар билан таққосланганлиги, мазкур илмий изланишларимизда улар томонидан олинган натижалар таққосланганлиги билан изоҳланади.

Диссертация ишининг амалий аҳамияти. Ишлаб чиқилган алгоритм ва амалий программа интенсив динамик режимларда гидродинамик сув босимини, материалнинг ёпишқоқэластик хусусиятини ҳисобга олганда ишлаётган конструкцияларни, яъни газ таъминоти, иссиқлик таъминоти, иситиш тва вентиляция қувурларини лойиҳалаштиришда ишлатилиши мумкин. Шунингдек, диссертация ишида олинган натижалар барчаси ишлатилаётган горизантал ва вертикал қувурларнинг элементлари турғунлигини ўрганишда унинг динамик хусусиятларини тўла ҳисобга олиш имкониятини беради.

Чоп этилган мақолаларнинг

- Ўзгарувчан ва ўзгармас диаметрли кувур тармоқларининг турғунлиги. Наманган. НамМПИ. 2008 йил.

- Иссиқлик таъминоти қувурларининг лойиҳалашнинг самарадорлиги. Наманган. НамМПИ. 2009 йил.

Юқоридаги олиб борилган илмий тадқиқот ишларидан кўринадики, муҳандислик коммуникациялари иншоотларини қуришда албатта қувур материалига боғлиқ ва улар устида ҳисоб услубларини яратиш масаласи долзарб ва муҳим бўлиб қолмоқда.

Ишнинг таркибий тузилиши**:**

Диссертация кириш, 3 та боб ва хулосалардан иборат. Ишнинг сўнгида олинган натижа ва хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати киритилган.

I-бобда Эластик жисмларнинг мувозанати тўғрисида тушунча берилган.

II-бобда Қувурларнинг турғунлигига оид баъзи мураккаб масалалар кўрсатиб ўтилган.

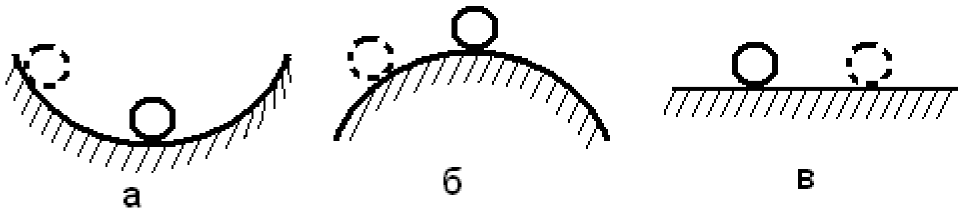
III-бобда. Босимни ҳисобга олганда суюқлик харакатланаётган ёпишқоқ-эластик қувурнинг турғунлиги бўйича математик моделлар яратилган ва материалнинг ёпишқоқэластик хусусиятини, қувурда оқаётган сув таъсирини, реологик параметрларни ер қимирлаш давридаги амплитудага ҳамда частотасига таьсири таҳлил қилинган.

Олиб борилган илмий изланиш натижаларини якуний хулосаларда баён этилди.

I-БОБ. Эластик жисмларнинг мувозанати тўғрисида тушунча

Механикадан маълумки, жисм мувозанатининг уч хил тури мавжуд.

1. Турғун мувозанат (1-расм, а)
2. Турғунмас мувозанат (1-расм, б)
3. Фарқсиз мувозанат (1-расм, в)



1 - расм

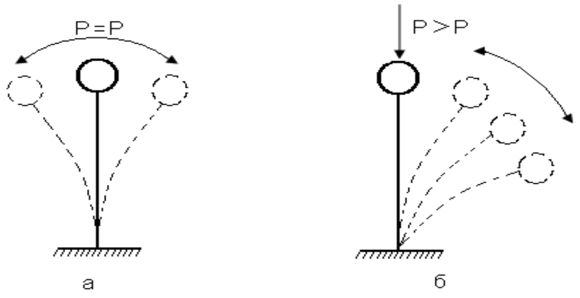
Ботиқ сиртда мувозанат ҳолатидаги шарча мувозанатдан чиқарилса дастлабки вазиятига қайтиб келади бунга турғун мувозанат, қаварик сиртда мувозанат ҳолатидаги шарча мувозанатдан чиқарилса дастлабки вазиятига қайтиб келмайди бунга турғунмас мувозанат, текис сиртдаги шарчанинг мувозанати фарқсиз мувозанатга мисол бўлади.

Энергетик нуқтаи-назаридан бу ҳолат қуйидагича изоҳланади: ботиқ сиртдаги шарча мувозанатдан чиқарилганда юқорига кўтарилгани учун потенциал энергияга эга бўлганлигидан унинг ҳисобига дастлабки вазиятига қайтади, иккинчи ҳолда эса оғирлик маркази пастга тушгани учун энергия йўқотилганлигидан бошланғич ҳолатга қайтмайди, учинчи ҳолда эса оғирлик марказининг ординатаси ўзгармайди.

1.1. Критик куч ва критик кучланиш ҳақида тушунча

Сиқилган қувур устуворлиги тушунчасини ***P*** юк таъсиридаги қистириб маҳкамланган эгилувчи қувур мисолида кўрамиз (2 расм).

Агар ***P*** кучнинг унча катта бўлмаган қийматларида қувур қисқа муддатли ветикал юк таъсирида эгилади ва юк олингач ўзининг бошланғич ҳолатига қайтади (2 расм).

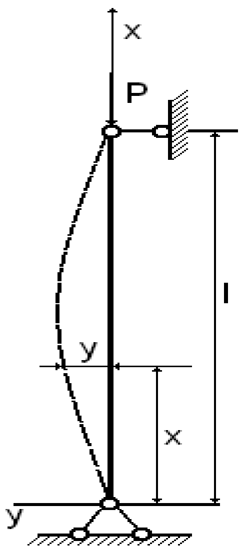


1.2.-Расм

Юк катталиги оширилганда қувур қисқа муддатли юкдан кейин ўзининг бошланғич ҳолатини сақлай олмай, эгилган ҳолда қолиши юз беради. У иккинчи марта мувозанат ҳолатидан чиқарилганда юкни олингач, ўзининг янги эгилган ўқи атрофида тебранади (1- б расм).

Системанинг қувур ва юкдан иборат биринчи ҳолати устувор, иккинчи ҳолати устувор бўлмаган ҳолат дейилади. Қувур геометрик параметрлари ўзгармас бўлганда системанинг устувор ҳолатдан устувор бўлмаган ҳолатга ўтиши сиқувчи куч ***P*** катталигига боғлиқ.

Қувурни устувор ҳолатдан устувор бўлмаган ҳолатга ўтказувчи энг кичик сиқувчи кучга $\boldsymbol{P_{кр}}$ критик куч, бу қувурда ҳосил бўлувчи кучланишларга $\boldsymbol{\sigma_{кр}}$ критик кучланиш дейилади.



Иккала учи шарнирли бириктирилган қувурнинг мувозанатини текширайлик. Эгилган ўқнинг дифференциал тенгламаси қуйидаги кўринишга эга эди.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

Координаталар бошини қувурнинг пастки учида деб қабул қиламиз. X ўқини юқорига йўналтирамиз. Кесимдаги эгувчи момент $M = -P \cdot y$

Бу ифодани эътиборга олсак, $\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{P\cdot y}{EI}=0$

$k^2=\frac{P}{EI}$ деб белгиласак ёки $\frac{d^2y}{dx^2}+k^2y=0$

Бу дифференциал тенгламанинг ечими қуйидаги кўринишда бўлади $y=A\cos kx+B\sin kx$ А ва В ўзгармас сонларини чегаравий шартлардан фойдаланиб аниқлаймиз.

Х=0 бўлганда у=0 $0=A\cos 0+B\sin 0=A\cdot 1+B\cdot 0$ яъни $A=0$ Х=l бўлганда у=0 $0=0\cos kl+B\sin kl$ яъни $B\sin kl=0$ $\sin kl=0$ $\sin\left(l\cdot\sqrt{\frac{P}{EI}}\right)=0$ бундан $l\cdot\sqrt{\frac{P}{EI}}=n\pi$ бу ерда $n=1,2,3...$ ва ҳ.к. $A=0$ Юк катталиги оширилганда қувур қисқа муддатли юкдан кейин ўзининг бошланғич ҳолатини сақлай олмай, эгилган ҳолда қолади. (2 б расм).

Системанинг биринчи ҳолати устувор, иккинчи ҳолати устувор бўлмаган ҳолат дейилади. Қувурнинг геометрик параметрлари ўзгармас бўлганда системанинг устувор ҳолатдан устувор бўлмаган ҳолатга ўтиши сиқувчи куч ***P*** катталигига боғлиқ.

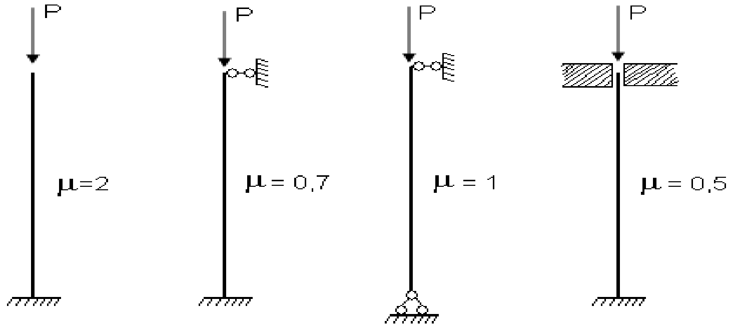
Қувурни устувор ҳолатдан устувор бўлмаган ҳолатга ўтказувчи энг кичик сиқувчи кучга $\boldsymbol{P_{кр}}$ критик куч, бу қувурда ҳосил бўлувчи кучланишга $\boldsymbol{\sigma_{кр}}$ критик кучланиш дейилади.

Материалнинг критик кучланишларга етиши жуда хавфлидир, чунки қувур устуворлиги йўқолганда деформациялар кескин ошиб кетади ва бу ҳол конструкция бузилишига олиб келиши мумкин.

Биринчи марта критик куч катталигини Леонард Эйлер аниқлагани учун, баъзан уни Эйлер кучи ҳам деб аталади. Эйлер формуласига асосан критик куч катталиги қуйидаги боғланишдан топилади:

$$P_{кр}=\pi^2 EJ_{\min}/(\mu\ \ell)^2 \qquad (1.1)$$

Бу ерда J_{min}–кўндаланг кесим бош марказий инерция моментларидан бири (кичиги), ℓ – қувур узунлиги, μ – қувур учларини маҳкамлаш усулига боғлиқ ўлчамсиз узунликни келтириш коэффициенти (1.3.- расм).



1.3 расм

Бикр маҳкамлаш соф ҳолда амалда жуда кам учрашини айтиш лозим. Масалан, етарли узунликдаги металл қувур, асосий конструкцияга пайвандлаш ёки бирикма орқали туташтирилган система – бикр маҳкамланганга мисол, аммо уни устуворликка текширишда шарнирли маҳкамланган деб олинади. $\mu\ell$ кўпайтмага келтирилган узунлик дейилади.

Критик кучга мос келувчи, миқдори P_{kp}/F га тенг бўлган кучланиш критик кучланиш дейилади.

$$\sigma_{кр} = P_{кр} / F$$

Тажрибалар таҳлили шуни кўрсатадики, Эйлер формуласи асосида ҳисобланган натижалар қувур геометрик параметрлари маълум қийматларида яхши мос тушади. Бу параметрларни умумий баҳолаш учун қувур эгилувчанлиги λ киритилади.

$$\lambda = \frac{\mu \cdot \ell}{i_{\min}} \qquad (1.2)$$

бу ерда $\mu \cdot \ell$ – қувурнинг келтирилган узунлиги, i_{min} – бош марказий инерция ўқларининг кичигига нисбатан кўндаланг кесим инерция радиуси.

Кесим инерция радиуси қуйидаги ифодадан топилади:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F}} \qquad (1.3)$$

λ эгилувчанлик ўлчамсиз катталик бўлиб 0 дан 200 гача бўлган қийматларни қабул қилади. (1.1) ифодани λ нинг $\lambda \approx 100,\ldots,200$ қийматларида қўллаш мумкин. λ нинг Эйлер формуласини қўллаш мумкин бўлган қуйи чегараси материалга боғлиқ. Хусусан ёғоч учун 110 га, чўян учун 80 га тенг ва ҳоказо.

Эгилувчанлиги ўртача эгилувчанликдан кичик бўлган қувурлар учун Петербург темир йўллар институти профессори Ф.С.Ясинский томонидан $\boldsymbol{\sigma_{кр}}$ критик кучланишни аниқлаш имконини берувчи эмпирик боғланиш таклиф этилди:

$$\sigma_{kp} = a - b\lambda \qquad (1.4)$$

бу ерда *a,b* – қувур материалига боғлиқ тажрибада аниқланувчи, кучланиш ўлчов бирлигидаги катталиклар, масалан пўлат учун $a=3100$ *кгк/см*^{2}, $b=11,4$ *кгк/см*^{2} га тенг.

Ўртача эгилувчанлик деб λ қиймати 40 – 100 гача бўлган эгилувчанликка айтилади. $\lambda<40$ ҳолда критик кучланишни оқувчанлик чегарасига тенг деб олинади.

1.2. Қувурларни устиворликка амалда ҳисоблаш

Қувур устуворлигини йўқотиши мумкин бўлган чегаравий кучланиш $\sigma_{кр}$ катталиги қувур материали ва геометрик ўлчамларига боғлиқ. Устуворликка ҳисоблашда, рухсат этилган кучланишдаги каби эҳтиёт коэффициенти киритилади. Мустаҳкамликка нисбатан устуворликдаги эҳтиёт коэффициенти каттароқ қийматга эга, чунки бир қатор тасодифий катталиклар – қувур эгрилиги, марказий бўлмаган юк, тасодифий ёндан таъсирлар каби катталикларга боғлиқ бўлади. Устуворликдаги рухсат этилган кучланиш $[\sigma_у]$ мустаҳкамликдаги рухсат этилган кучланиш билан қуйидагича боғланган

$$\lfloor \sigma_y \rfloor = \varphi[\sigma]$$

бу ерда φ – ўлчовсиз коэффициент, сиқилган қувурлар учун асосий рухсат этилган кучланишни пасайтириш коэффициенти деб, баъзан бўйлама эгилиш коэффициенти деб аталади.

φ катталиги қувур материали эгилувчанлигига боғлиқ ва у махсус жадвалда (1 жадвал) келтирилади.

1 жадвал

φ коэффициенти қийматлари

Қувур эгилувчанлиги $\lambda = \frac{\mu \cdot \ell}{r_{\min}}$	Материал							
	Пўлат ОС,Ст2, Ст3,Ст4	Пўлат Ст5	Пўлат СПК	чўян	Ёғоч	Бетон	Темир бетон	Тош девор
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,91	0,97	0,96	0,98	0,96
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93	0,90	0,97	0,91
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87	0,83	0,94	0,85
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,80	0,76	0,88	0,78
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71	0,69	0,82	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,60	0,63	0,72	0,65
80	0,75	0,70	0,65	0,26	0,48	0,56	0,64	0,58
90	0,69	0,62	0,55	0,20	0,38	0,51	0,57	0,52
100	0,60	0,51	0,43	0,16	0,31	0,45	0,52	0,47
110	0,52	0,43	0,35	-	0,25	-	-	0,42
120	0,45	0,36	0,30	-	0,22	-	-	0,38
130	0,40	0,33	0,26	-	0,18	-	-	0,34
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16	-	-	0,31
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14	-	-	0,28
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12	-	-	-
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11	-	-	-
180	0,23	0,19	0,15	-	0,10	-	-	-
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09	-	-	-
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08	-	-	-

Қувур сиқилишидаги мустаҳкамлик шарти устуворликни йўқотиш эҳтимолини ҳисобга олган ҳолда кўриниши

$$\sigma = \frac{P}{F} \le \left[\sigma_y\right] \quad \text{ёки} \quad \sigma = \frac{P}{F} \le \varphi[\sigma] \qquad (1.5)$$

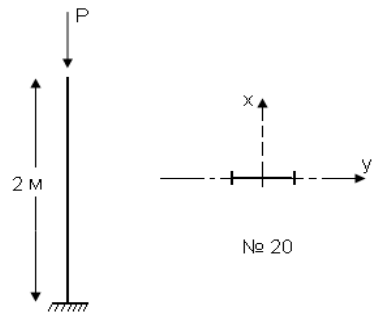
Сиқилган қувурларни устуворликни йўқотиш эҳтимолини ҳисобга олган ҳолдаги ҳисоби масаласи 2 тур бўлинади.

1) Қувур кўндаланг кесими геометрик ўлчамлари маълум бўлганда рухсат этилган сиқувчи куч катталигини топиш.

2) Сиқувчи куч катталигини ва кесим шакли берилганда унинг геометрик ўлчамларини аниқлаш.

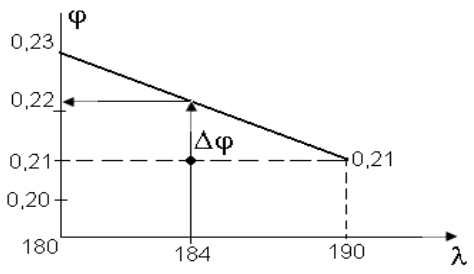
Иккала турдаги масалаларини ечиш тартибига доир мисоллар келтирамиз.

1.4.-расмда тасвирланган қўштавр профилдаги устун учун рухсат этилган куч катталиги аниқлансин.



1.4.- Расм

Бу кўринишдаги масалаларни ечиш унга қийин эмас. (1.5) мустаҳкамлик шартидан рухсат этилган куч катталиги топилади $P^{рух} = F \cdot \varphi \cdot [\sigma]$. Сортаментдан $F = 26{,}8\ см^2$, $i_y(i_{min}) = 2{,}07\ см$ ни топамиз. Коэффициент $\mu = 2$ (1.3.-расм) қувур эгилувчанлиги $\lambda = \mu \cdot \ell / i_{min} = 2200/2{,}07 = 184$. 1.1 жадвалдан интерполяциялаш усули билан $СТ\ 3$ учун $\lambda = 184$ қийматини топамиз. 1.1 жадвалда эгилувчанлик 180 ва 190 бўлгандаги φ қийматлари келтирилган. Оралиқ қийматларни топиш учун φ ни 180 дан 190 гача оралиқда чизиқли ўзгаради деб қабул қиламиз. 1.5.-расмда чизиқли интерполяция усулининг график тасвири келтирилган.



1.5.- Расм

Учбурчаклар ўхшашлигидан λ*=184* га мос келувчи φ қийматини аналитик усулда топамиз.

$$\Delta\varphi = \frac{0{,}23 - 0{,}21}{190 - 180} \cdot (190 - 184) = 0{,}012$$

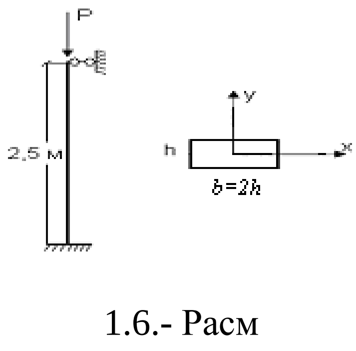
$$\varphi = 0{,}21 + \Delta\varphi = 0{,}222$$

Шундай қилиб $P^{рух}=26{,}8\ см^2 \cdot 0{,}222 \cdot 1600\ кгк/см^2 = 9500\ кгк = 9{,}5\ тк$

Иккинчи турдаги масалаларни ечиш қийинроқ, чунки (1.5) мустаҳкамлик шартига кўндаланг кесим ўлчамларига боғлиқ иккита катталик киради ва улардан бири φ аналитик кўринишда эмас, балки жадвал кўринишида берилади. Амалда (1.5) тенглама бир номаълумли (кўндаланг кесим ўлчами) бўлса ҳам уни кетма-кет яқинлашиш усули билан ечишга тўғри келади. Бундай турдаги масалаларни ечишга мисоллар келтирамиз.

40 тк куч билан юкланган пўлат устун кўндаланг кесими ўлчамлари топилсин (1.6.- расм).

$$\sigma = \frac{P}{F} \le \varphi[\sigma]$$



1.6.- Расм

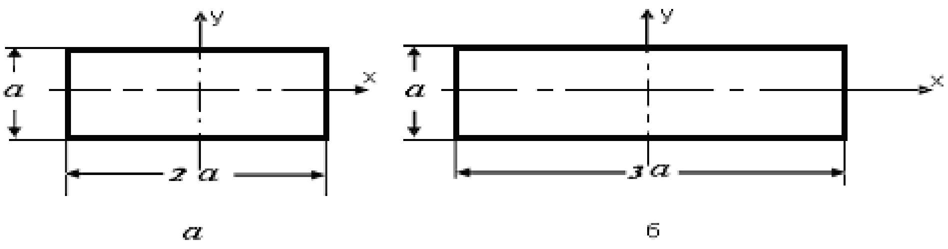
Мустаҳкамлик шартида *P* ва [σ] маълум ҳисобланади.

$F=hb=h\cdot 2h=2h^2$. 1.1 жадвал асосида φ ни аниқлаш учун λ ни билиш керак. $\lambda=\mu l/i_{min}$, $\mu=0,7$ (1.3.-расмга қаранг) $i_{min}=i_x=0,29h$ (1.6.-расмга қаранг) $\lambda=0,75\cdot 250/0,29h=650/h$.

Шундай қилиб, мустаҳкамлик шарти тенгламасида фақатгина h номаълум ҳолос. h ни билган ҳолда F, λ ни топиш мумкин, λ асосида жадвалдан φ ни топамиз.

1.3. Сиқилган қувурлар кўндаланг кесимининг энг қулай шакллари

Қувур эгилувчанлиги λ қанча кичик бўлса, қувур ўзгармас кўндаланг кесимидаги кучланишлар шунча кам бўлиши (1.5) боғланиш ва 1.1 жадвалдан маълум. Ўз навбатида кўндаланг кесим минимал инерция радиуси катталашиши билан қувур эгилувчанлиги камаяди. Бундан кўндаланг кесими халқали устунлар, яхлитга нисбатан қулайроқ эканлиги келиб чиқади. Иккинчи томондан минимал инерция радиуси тушунчаси геометрик ҳарактеристика сифатида ўз хусусиятларига эга. Кўндаланг кесимнинг икки шаклини кўрайлик (1.7. *а,б* расмлар).



1.7.- Расм

Иккала кесим учун i_{min} ни x ўқига нисбатан аниқланади.

а схема учун

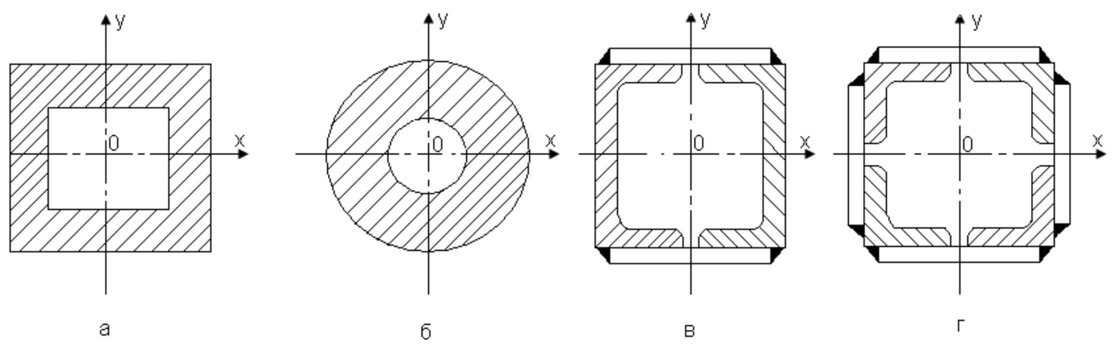
$$i_{min}=i_x=\sqrt{a^3 2a/12\times 2a^2}=0,29a$$

б схема учун

$$i_{min}=i_x=\sqrt{a^3 3a/12\times 3a^2}=0,29a$$

яъни инерция радиуслари, мос равишда қувурлар эгилувчанлиги бир хил келтирилган узунликда ўзаро тенг. Шундай қилиб, x ўқи йўналишида устун ўлчамларини катталаштириш, устун юк кўтариш қобилиятини ошириш учун кесим юзасини кенгайтириш рухсат этилган кучланиш пасайтириш коэффициентига таъсир этмас экан. Бунинг қулайроқ усули устун ўлчамларини *y* ўқи йўналишида кенгайтириш, бу ҳолда F ошиши билан i_{min} катталашади, демак бикрлик камаяди ва рухсат этилган кучланиш пасайтириш коэффициенти ортади. *y* ўқи бўйича ўлчамларни оширишни *x* ва *y* ўқларига нисбатан инерция радиуслари ўзаро тенг бўлгунча давом эттириш керак.

Бундан қувур кесимидаги материални иложи борича марказдан узоқроққа – чегарага жойлаштириш керакки, кесим бикрлиги, яъни марказий ўқларга нисбатан инерция моментлари бир хил бўлиши келиб чиқади (1.8. *б,г* расмлар)



1.8.-расм

Бирикмали кесим элементлари узунлиги бўйича маълум бир оралиқларда яхлит ёки туташтирувчи планкалар орқали бир-бирлари билан бикр қилиб боғланиши лозим.

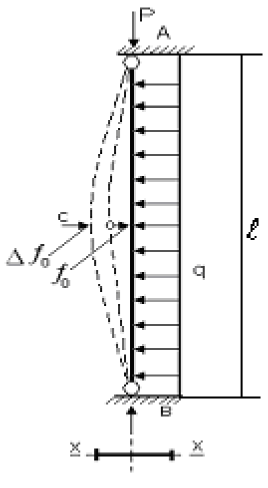
Бўйлама кўндаланг эгилиш

Одатда бўйлама эгилиш амалда доимо қўшимча омиллар орқали мураккаблашади. Буларга устуннинг бошланғич эгрилиги, сиқувчи кучнинг озгина марказдан қочиши ва ниҳоят интенсивлиги q га тенг бўлган қўшимча юк, масалан шамол кучи.

Бу омилларни кичик қийматларида асосий ҳисоблаш натижаларига таъсири сезиларли бўлса, ҳисобга олиш зарур. Бундай ҳолларда устунни бўйлама сиқувчи куч таъсирида, устуворликка текшириш керак, яъни бўйлама эгилишдан қўшимча омилларни ҳисобга олинмайди ва кейин устун хавфли кесимидаги кучланишни улар таъсирини ҳисобга олиб текширилади.

Тақрибий ҳисоблашларда санаб ўтилган мураккаблаштирувчи қўшимча омиллар сиқувчи куч учун елка ҳосил қилади ва натижада бирор бошланғич момент юзага келади деб олинади.

Масалан, агар устунда бошланғич эгрилик мавжуд бўлса (1.9.-расм), у ҳолда ***P*** сиқувчи куч елкаси бошланғич салқиликка тенг бўлади, агар юк марказдан бирор масофага қочган бўлса, ***P*** куч елкаси учун шу масофа олинади. Интенсивлиги q бўлган кўндаланг юкда елка f_o устун салқилигига тенг.



1.9.- Расм

AB устунга бўйлама сиқувчи ***P*** куч ва кўндаланг юк бир вақтда таъсир этган ҳолни кўрайлик. Сиқувчи ***P*** куч Δf_o га тенг қўшимча салқилик ҳосил қилади ва ундан эгилган ўқи *ABC* эгри чизиқ билан аниқланади. Энди кучлар таъсирининг мустақиллик қонунига асосан устун ўртасидаги кесимдага энг катта нормал кучланишларни топамиз.

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_q = \frac{P}{F} + \frac{M_{\max}}{W}$$

бу ерда σ_p – сиқувчи куч таъсиридан кучланиш,

σ_q – кўндаланг юк таъсиридан ҳосил бўлувчи нормал кучланиш.

Сиқувчи куч таъсиридан устун ўртасида қўшимча эгувчи момент ҳосил бўлади, унинг миқдори $\Delta M=Pf$ га тенг, бу ерда $f=f+\Delta f_o$, яъни сиқувчи куч ва кўндаланг юк таъсиридаги тўла салқилик. Бу салқилик ***P*** куч елкаси ҳисобланади ва биринчи марта профессор К.С.Завриев томонидан таклиф этилган формула асосида етарли аниқликда топилади.

$$f=\frac{f_o}{1-\dfrac{P}{P_э}} \qquad (1.6)$$

бу ерда f_o – кўндаланг юк таъсиридаги салқилик ва у қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$f_o=5q\ell^4/384EJ$$

$\boldsymbol{P_э}$ – критик куч, у ихтиёрий эгилувчанлик учун Эйлер формуласидан топилади:

$$P_э=\frac{\pi^2 EI}{\ell^2} \qquad (1.7)$$

ва критик куч $\boldsymbol{P_к}$ дан фарқи уни аниқлашда I инерция моменти кўндаланг кесим текислигига перпендикуляр бош ўққа нисбатан энг катта ёки энг кичик бўлишидан қатъий назар аниқланиши керак.

(1.6) формуладан сиқувчи ***P*** кучнинг $\boldsymbol{P_э}$ кучга яқин қийматларида салқилик чексизликка интилади ва бу ҳолда формуладан фойдаланиб бўлмайди. Формула сиқувчи куч қуйидаги чегарада бўлган ҳоллар учун қониқарли натижалар беради

$$0\le P\le 0{,}8\,P_к$$

Бўйлама кўндаланг эгилишдаги қувур кесимларидаги энг катта кучланишларни топиш формуласи қуйидаги кўринишга келади:

$$\sigma_{\max}=\frac{P}{F}+\frac{M_{\max}}{W}+\frac{Pf_o}{W(1-\dfrac{P}{P_э})} \qquad (1.8)$$

Олинган формуладан қуйидагиларни айтиш мумкин:

1) Қувур кўндаланг кесимидаги кучланишлар бўйлама сиқувчи куч билан чизиқли боғланмаган, демак улар катталиги бўйича берилган юкдаги мустаҳкамлик заҳираси хақида хулоса чиқариш мумкин эмас.

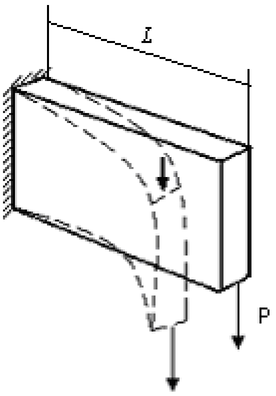
2) Кесимлардаги кучланишлар юкга нисбатан тезроқ ўсади ва уни ҳисоблангандан жуда кам миқдорда оширилиши ҳам конструкцияни бузишгача олиб келувчи катта кучланишлар ҳосил бўлишига олиб келиши мумкин.

1.4. Текис шаклнинг эгилишдаги устуворлиги

1.1 – 1.3 бўлимларда кўриб ўтилган устуворликни йўқолиш ҳолларидан ташқари яна текис шакл эгилишидаги устуворлик йўқолиш ҳолати ҳам мавжуд. У амалда инерция бош моментлари бир-биридан кескин фарқ қилувчи, момент таъсир текислиги инерция моменти энг катта ўқ бўйлаб ўтадиган балкаларда ҳосил бўлади.

Бундай балкаларга ҳарактерли мисол сифатида баландлигига нисбатан кесим эни 5-10 марта кичик бўлган тўғри тўртбурчак кесимли, қўштавр прокат ёки бирикмали (пайвандланган ёки парчинланган) балкаларни келтириш мумкин. Охиргиларда баъзан энг катта бикрлиги энг кичик бикрлигидан 10-50 марта катта бўлади.

Бундай балкаларда текис шакл эгилиши устуворлигини йўқотиши унинг сиқилган қисми – белбоғи ва (вертикал листнинг) ярим девори юк маълум бир қийматга етганда устуворлигини йўқотиб бир томонга эзилишдан (смятия) иборат (1.10.-расм). Юк қўйилган кесим ошиши натижасида одатда балка бузилади.



1.10.- Расм

Амалда балка устуворлигини йўқотиши унинг ён бикрлиги камлиги сабабли рўй беради.

Текис шаклнинг эгилишдаги устуворлиги балка кўндаланг кесими ўлчамлари (белбоғ ва девор)га ва балка узунлигига боғлиқ бўлади. Текис кўндаланг эгилишдаги балкалар устуворлигини сақлаш учун унинг узунлигига қўшимча тиргаклар қўйиш ёки балкалар ўртасига қўшимча боғланишлар қўйилади.

Текис шакл эгилишдаги устуворлиги масаласига пластинка ва қўштаврли балкаларни ҳисоблаш масаласи (пластинка ёки балка) ўзининг эгилишдаги текис шаклини йўқота бошлайдиган $\boldsymbol{P_к}$ критик кучни аниқлашдан иборат. $\boldsymbol{P_к}$ ни аниқлаш формулаларини келиб чиқиши бошқа махсус адабиётларда келтирилган. Биз уларни тайёр ҳолида келтирамиз.

Тўғри тўртбурчакли кесимли (пластинка) балка учун $\boldsymbol{P_к}$ критик кучи миқдори қуйидагига тенг:

а) Эркин учига ***P*** йиғилган юк билан юкланган консол балка учун

$$P_k = 4{,}01 / L^2 \sqrt{c_1 c_2} \qquad (1.9)$$

б) бутун узунлиги бўйлаб ***q*** интенсивликдаги текис ёйилган юк қўйилган консол балка учун

$$qL = 12{,}85 / L^2 \sqrt{c_1 c_2} \qquad (1.10)$$

в) ўртасида йиғилган ***P*** куч қўйилган 2 та шарнирли таянчларда ётувчи балка учун

$$P_k = 17{,}2 / L^2 \sqrt{c_1 c_2} \qquad (1.11)$$

г) бутун узунлиги бўйлаб ***q*** интенсивликдаги текис тақсимланган юк қўйилган 2 та таянчда ётувчи балка учун

$$(qL)_k = 28{,}3 / L^2 \sqrt{c_1 c_2} \qquad (1.12)$$

Бу тенгламаларда ℓ - балка узунлиги, c_1 – эгилишдаги бикрлик (энг каттаси), c_2 – буралишдаги бикрлик.

Қўштаврли балкалар учун ***Pк*** қуйидаги формуладан топилади:

$$P_k = \beta / L^2 \sqrt{c_1 c_2} \qquad (1.13)$$

бу ерда β – токчанинг ёнлама эгилиши қаршилигига боғлиқ коэффициент. У қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$a = c_2/c_1(L/h^2) \qquad (1.14)$$

бу ерда h – балка баландлиги.

β – катталиги 1.2 жадвалдан олинади.

1.2 жадвал

$a = c_2/c_1(L/h)^2$	β_1	β_2	β_3	$a = c_2/c_1(L/h)^2$	β_1	β_2	β_3
0,1	31,6	3,64	143,0	16	5,08	18,3	30,5
1,0	9,76	31,9	53,0	20	-	18,1	30,1
2,0	8,03	25,6	42,6	32	-	17,9	29,4
4,0	6,73	21,8	36,3	50	-	17,5	29,0
6,0	6,19	20,3	33,8	70	-	17,4	28,8
8,0	5,87	19,6	32,6	90	4,04	17,2	28,6
12	5,36	18,8	31,2	100	4,04	17,2	28,6

Бу жадвалда қуйидаги миқдорлар берилган 2 – қаторда эркин учига куч таъсир этувчи консол учун, 3 – қатор ўртасида куч таъсир этувчи 2 та таянчда ётувчи балка учун, 4 – қатор – бутун узунлиги бўйлаб текис тақсимланган куч таъсир этувчи, 2 таянчда ётувчи балка учун.

β коэффициентининг оралиқ қийматлари чизиқли интерполяциялаш йўли билан топилади.

Текис шаклни эгилишдаги устуворлиги ҳисобида эгилишдаги энг катта нормал кучланишлар ***[σу]*** катталиги қуйидаги ифодадан топилади:

$$[\sigma_у] = \sigma_к / K_у \qquad (1.15)$$

бу ерда $[\sigma_у]$ – устуворликдаги рухсат этилган кучланиш. $\sigma_к$ – Эйлер ёки Ясинский формулалари асосида (1.1-1.3 бўлимлар) аниқланувчи критик кучланиш. $K_у$ – устуворликдаги заҳира коэффициенти.

Устуворликдаги заҳира коэффициенти мустаҳкамликдагига нисбатан катта бўлади. Бу қувур устуворлигига таъсир этувчи омилларнинг кўп эканлигига боғлиқ. Амалда $K_у$ пўлат учун 1,8-3,3 оралиғида, чўян учун 5-5,5, ёғоч учун 2,8-3,2 га тенг олинади.

Критик кучланиш қуйидаги (1.16) ифодадан аниқланади:

$$\sigma_k = M_{kp}^{\min} / W_y \qquad (1.16)$$

бу ерда $M_{kp}^{\max}$ – критик юк таъсиридан энг катта эгувчи момент W_y – σ ўқига нисбатан қаршилик моменти (W_{min})

Критик кучланиш материал пропорционаллик чегарасидан кичик бўлиши керак.

1.5. Сиқилган қувурларнинг устиворликка амалда ҳисоблаш.

Сиқилган қувурлар мустаҳкамликдан ташқари устиворлик шартини ҳам қаноатлантириши керак. Бу шарт қуйидаги кўринишда бўлади.

$$\sigma = \frac{P}{F_{брутто}} \le [\sigma_у]$$

Бу ерда $\lfloor\sigma_у\rfloor$- устиворликда рухсат этилган кучланиш;

$F_{брутто}$-кўндаланг кесимнинг брутто юзаси, яъни тешиклар ҳисобга олинмаган юза.

Метал конструкцияларни болт ва парчин мих ёрдамида бириктириш учун ҳосил қилинган тешиклар, ёғоч конструкцияларни бириктириш учун ўйиқлар бутун узунлик бўйича эмас, балки айрим участкаларда бўлганлигидан маҳаллий кучсизлантирилган соҳалар критик кучга таъсир кўрсатмайди. Устиворликка ҳисоблашда рухсат этилган кучланиш $\lfloor\sigma_у\rfloor$

критик кучланишга нисбатан эҳтиёт коэффициенти билан олинади ва қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$\left[\sigma_y\right]=\dfrac{\sigma_{кр}}{\left[n_y\right]}$ бу ерда $\left[n_y\right]$ - рухсат этилган (норматив) устиворлик эҳтиёт коэффициенти, унинг миқдори қувур материалига ва эгилувчанлигига боғлиқ бўлган катталик.

Рухсат этилган устиворлик эҳтиёт коэффициенти рухсат этилган мустаҳкамлик эҳтиёт коэффициентига нисбатан катта бўлади. Чунки баъзи ҳолатлар учун яъни қувурнинг бошланғич эгрилиги, кучларнинг марказий қўйилмаслиги мустаҳкамликка деярли таъсир кўрсатмасада устиворликни камайтиради. $\left[\sigma_y\right]$- кучланишни $[\sigma]$- мустаҳкамликдаги рухсат этилган кучланиш орқали ифодалаймиз.

$$\left[\sigma_y\right]=\varphi[\sigma]$$

Бу ерда φ- сиқилган қувурлар учун рухсат этилган кучланишни камайтириш коэффициенти (бўйлама эгилиш коэффициенти). Бу коэффициент жисм материали ва эгилувчанликка боғлиқ бўлади. Унинг миқдори 1-жадвалда келтирилган.

Юқоридаги формулани эътиборга олсак устиворлик шартини қуйидаги кўринишда ёзамиз:

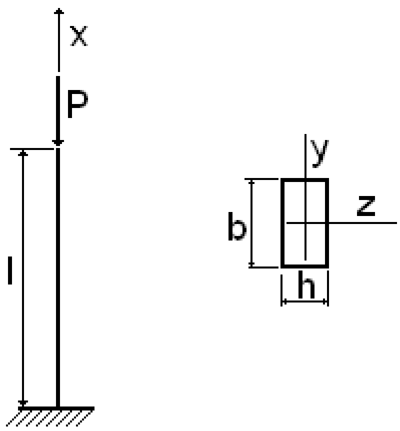
$$\sigma=\frac{P}{F_{брутто}}\leq\varphi[\sigma]$$

Бундан ташқари сиқилган қувур мустаҳкамлик шартини ҳам қаноатлантириши керак:

$$\sigma=\frac{P}{F_{нетто}}\leq[\sigma]$$

Сиқилган қувурларни устиворликка ҳисоблашни қуйидаги масалани ечиш жараёнида танишиб чиқамиз.

Берилган: P=100 т, L = 2 м, h = 2b, $\mu=2$



xz ўқи бўйича энг кичик инерция момент $I_{\min} = \frac{hb^3}{12} = \frac{2bb^3}{12} = \frac{b^4}{6}$

эгилувчанлик $\lambda = \frac{\mu l}{r_{\min}} = \frac{2\cdot 200}{\sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}} = \frac{400}{\sqrt{\frac{b^4}{6bh}}} = \frac{400}{\sqrt{\frac{b^3}{6\cdot 2b}}} = \frac{400}{\sqrt{\frac{b^2}{12}}} = \frac{400\cdot\sqrt{12}}{b} = \frac{1385{,}64}{b}$

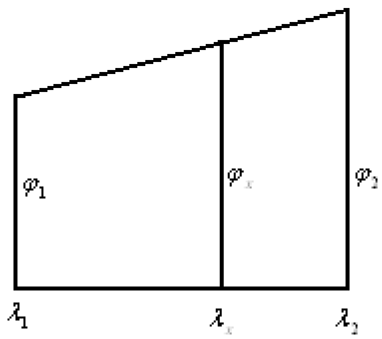
Биринчи яқинлашишда φ =0.5 деб қабул қиламиз.

$$F_{бруетто} = \frac{F}{\varphi[\sigma]} = \frac{100000}{0.5\cdot 1600} = 125\ см^2$$

$h = 2b$ шарт бўйича $F_{брутто} = b\cdot h = 2\cdot b^2 = 125$

Бундан $b = \sqrt{\frac{F}{2}} = \sqrt{\frac{125}{2}} = 7.91$ см

Эгилувчанлик $\lambda = \frac{1385{,}64}{b} = \frac{1385{,}64}{7.91} = 175.27$



Чизиқли интерполяция усулидан фойдаланиб 1-жадвалдан эгилувчанликка мос қийматни аниқлаймиз:

$$\varphi_x = \varphi_2 - \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{10}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

эгилувчанлик	φ
170	0.26
180	0.23

$$\varphi_{175.27}=\varphi_{170}-\frac{\varphi_{170}-\varphi_{160}}{10}(\lambda_{175.27}-\lambda_{170})=0.26-\frac{0.26-0.23}{10}(175.27-170)=0.26-0.016=0.244$$

Иккинчи яқинлашиш $\varphi=\dfrac{0.5+0.244}{2}=0.372$

$$F_{бруетто}=\frac{F}{\varphi[\sigma]}=\frac{100000}{0.372\cdot 1600}=168.01\ см^2$$

У ҳолда $b=\sqrt{\dfrac{F}{2}}=\sqrt{\dfrac{168.01}{2}}=9.17$ см

Эгилувчанлик $\lambda=\dfrac{1385,64}{b}=\dfrac{1385,64}{9.17}=151.11$

эгилув чанлик	φ
150	0.32
160	0.29

Жадвалдан фойдаланиб

$$\varphi_{151.11}=\varphi_{150}-\frac{\varphi_{150}-\varphi_{160}}{10}(\lambda_{151.11}-\lambda_{150})=0.32-\frac{0.32-0.29}{10}(151.11-150)=0.32-0.003=0.317$$

Учинчи яқинлашиш $\varphi=\dfrac{0.317+0.372}{2}=0.3445$

$$F_{бруетто}=\frac{F}{\varphi[\sigma]}=\frac{100000}{0.3445\cdot 1600}=181.42\ см^2$$

У ҳолда $b=\sqrt{\dfrac{F}{2}}=\sqrt{\dfrac{181.42}{2}}=9.52$ см

Эгилувчанлик $\lambda=\dfrac{1385,64}{b}=\dfrac{1385,64}{9.52}=145.55$

эгилув чанлик	φ
140	0.36
150	0.32

Жадвалдан фойдаланиб

$$\varphi_{145.55}=\varphi_{150}-\frac{\varphi_{140}-\varphi_{150}}{10}(\lambda_{145.55}-\lambda_{140})=0.36-\frac{0.36-0.32}{10}(145.55-140)=0.36-0.022=0.338$$

Текшириб кўрамиз

$$\sigma=\frac{P}{F_{брутто}}=\frac{100000}{2\cdot b^2}=\frac{50000}{(9{,}52)^2}=551.69\ см^2$$

$$\left[\sigma_y\right]=\varphi[\sigma]=0.338\cdot 1600=540{,}8\ см^2$$

Нисбий хатолик: $\Delta=\frac{551{,}69-540.8}{551{,}69}100\%=1{,}97<5\%$

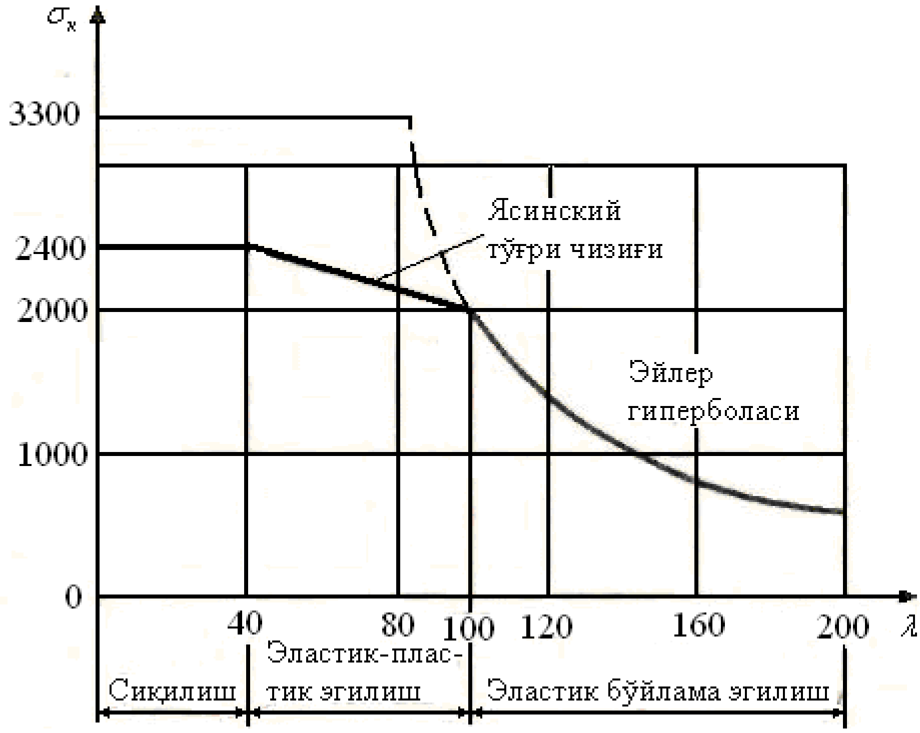
Шарт бажарилганлиги учун $b=9{,}5$ см деб қабул қиламиз.

Критик кучни Эйлер формуласи бўйича ҳисоблаймиз.

$$P_{кр}=\frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2}=\frac{(3.14)^2\cdot 2\cdot 10^6\cdot\frac{b^4}{6}}{(2\cdot 200)^2}=\frac{(3.14)^2\cdot 2\cdot 10^6\cdot(9.5)^4}{(2\cdot 200)^2\cdot 6}=167306\ кГ$$

Критик кучланиш $\sigma_{кр}=\frac{P_{Кр}}{F}=\frac{167306}{2b^2}=\frac{167306}{2(9.5)^2}=926.9\ кГ/см^2$

Критик коэффициент $n_{кр}=\frac{P_{Кр}}{P}=\frac{167306}{100000}=1.67$



Критик кучланиш ва Эйлер формуласини ишлатиш чегараси

Агар қувурга кўндаланг куч таъсир этмаса сиқилган қувурь критик ҳолатда ҳам ўзининг мувозанат ҳолатини сақлайди, шунинг учун критик кучланишни қуйидаги формуладан топилади:

$$\sigma_k = \frac{P_k}{F} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l_{кел}^2 \cdot F} = \frac{\pi^2 Er_{\min}^2}{l_{кел}^2} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l_{кел}}{r_{\min}}\right)^2}$$

Бунда $r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}$ қувур кўндаланг кесимининг минимал инерция радиуси.

$\lambda = \frac{l_{кел}}{r_{\min}} = \frac{\mu l}{r_{\min}}$ белгилаш киритамиз, бунга эгилувчанлик дейилади.

$$\sigma_к = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

Эйлер формуласидан ҳамма вақт ҳам фойдаланиб бўлавермайди, чунки биз уни чиқарганда қувурь материали эластик ва ундаги кучланиш пропорционаллик чегарасидан ортиб кетмаслигини эътиборга олган эдик.

Бинобарин , Эйлер формуласидан фойдаланиш учун ушбу шарт бажарилиши зарур:

$$\sigma_к = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \le \sigma_n$$

Бунда σ_n – қувурь материалининг пропорционаллик чегараси.

Бу формуладан эгулувчанлик λ ни топиб , Эйлер формуласини ишлатиш чегарасини шу кўринишда оламиз:

$$\lambda \ge \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_n}} == \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_n}}$$

Масалан, 3 маркали пўлат учун $\sigma_n = 2000 \cdot 10^5 \frac{H}{m^2}$ бўлса, Эйлер формуласини ишлатиш чегараси қуйидагича аниқланади.

$$\lambda = \sqrt{\frac{(3,14)^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{10^5 \cdot 2000}} = 100$$

Демак, 3 маркали пўлатдан ясалган қувурлар учун Эйлер формуласини, эгулувчанлик 100 дан катта бўлгандагина ишлатилиши мумкин экан. Шунга ўхшаш бошқа хилдаги материаллар учун ҳам Эйлер формуласини ишлатиш чегараларини топиш мумкин. Масалан, чўян учун $\lambda \geq 80$ ва ёғоч учун $\lambda \geq 110$ бўлади.

Кўпинча амалда эгулувчанлик юқорида кўрсатилган чегаралардан кичик бўлган ҳоллар учраб туради. Бундай ҳолларда Эйлер формуласидан фойдаланиб бўлмайди, чунки критик кучланиш пропорционаллик чегарасидан ортиб кетиб, Гук қонуни ўз кучини йўқотади.

Бундай ҳолларда эгилувчанлик кўпинча рус олими Ф.С.Ясинский томонидан таклиф этилган ушбу эмперик формуладан фойдаланиб топилади:

$$\sigma_к = a - b\lambda$$

Бунда a ва $b-$ материалларнинг хоссасига боғлиқ коэффицентлар, улар тажрибаларга асосланиб топилади. Масалан Ст. 3 маркали пўлат учун

$40 \leq \lambda \leq 100$ бўлганда $a = 3100 \cdot 10^5 \frac{Н}{м^2}$, $b = 11{,}4 \cdot 10^5 \frac{Н}{м^2}$ бўлади.

$\lambda \leq 40$ бўлганда, яъни калта қувурлар фақат мустаҳкамлик учунгина ҳисобланади.

Ст.3 маркали пўлат учун критик кучланишнинг тўла графиги - шаклда кўрсатилган. формулага асосан $100 \prec \lambda \prec 200$ гача бўлган участкада гипербола эгри чизиғи ҳосил бўлади. ($\lambda = 100$ бўлганда $\sigma_к = 2000 \cdot 10^5 \frac{Н}{м^2}$). Бу эгри чизиқ ***Эйлер гиперболаси*** дейилади.

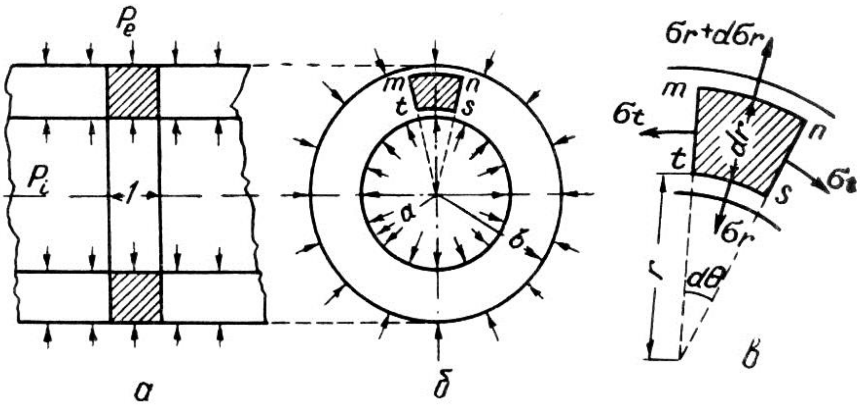
Бу участкада катта эгилувчанлик қобилиятига эга қувурлар учун ҳисоблаш зонаси ҳосил бўлади, бу зонада эластик эгилиш мавжуд бўлади. Пунктир чизиқ билан давом эттирилган Эйлер гиперболаси критик куч учун керагидан ортиқча қиймат беради. Шунинг учун $\lambda \prec 100$ бўлганда критик кучни топиш учун

II-БОБ. Қувурнинг турғунлигига оид баъзи мураккаб масалалар. Масаланинг қўйилиши

Замонамизда техниканинг тараққий этиши машиналар ва қурилиш конструкциялари элементларининг устивор мувозанатда бўлишига оид масалаларни кўплаб хал қилишни талаб қилади ва бу соҳани мукаммалроқ бахс қилиш учун амалий эластиклик назариясида, шунингдек, қурилиш механикасида махсус бўлим ажратилади. Бу бобда эластик системаларнинг устивор мувозанатда булиш шартига оид усулларни қисқача тавсифлаб, уларни амалда учрайдиган масалалар билан ойдинлаштирамиз. Эгилишга оид масалаларни текширганимизда, эластик деформацияланувчи қувурларнинг устиворлик мувозанати йўқолишига оид ҳодисанинг моҳиятини тушунтирган эдик; сиқувчи куч таъсиридан стержендаги сиқилиш деформацияси аста-секин ўсиб, куч маълум миқдорга етганда деформация ўз характерини ўзгартириб, сиқилишдан эгилишга айланади ва деформация жуда ҳам тез ортади. Айтилган масалани ечишда биз асосий сиқилиш деформациясини ҳисобга олмаган эдик; устиворлик масаласи текширилганда, қувур худди деформацияланмаган деб фараз қилган эдик; амалда учратиладиган муҳим масалаларни ечишда, кўпинча, худди шу тарзда фикр юритилади. 102-парагрфда энг оддий ҳоллар учун устивор мувозанат шартини эгилган ўқ дифференциал тенгламаси интегралининг маълум чегара шартларидан фойдаланиб текширган эдик. Эгилган ўқ дифференциал тенгламасини ечиш мураккаб оқибатларга келтирадиган чоқларда масалани энергетик усуллардан фойдаланиб ечиш қулай.

2.1. Ички ва ташқи симметрик босим таъсиридаги қалин деворли қувурлар ҳисоби

Қалин деворли доиравий кесимли узун трубанинг ташқи радиуси $б$,ичкиси a бўлиб, симметрик равишда таъсир қилувчи ташқи босим P_e ва ички босим P_i таъсирида бўлсин (2.1-шакл, а). Қалин труба ва унга қўйилган юк симметрик бўлганидан, трубанинг деформациясини ўқига нисбатан симметрик бўлиб, барча кўндаланг кесимлари учун бир хилдир. Бундай шароитда ишлаётган трубанинг деформациясини текшириш учун, ундан иккита кўндаланг кесим билан чегараланган, узунлиги бирга тенг бўлган халқа ажратиб, мазкур халқанинг деформациясини текшириш кифоя. Ҳалиги халқадан иккита радиал ва иккита цилиндрик кесимлар воситаси билан $mnst$ элементни ажратамиз (2.1.-шакл, б). Бу ажратилган элементнинг ён ёқларига кесиб ташлнган қисмларнинг таъсирини алмаштирувчи кучларни қўямиз. Ҳалқа симметрик равишда деформациялангани сабабли ажратилган элементнинг ёқларига таъсир қилган зўриқишларнинг ўрнига уларга тегишли кучланишларни қўямиз (2.1.-шакл, в).



2.1.-шакл.

Деформация симметрик бўлганидан mt ва ns ёқлардаги кучланишлар бир хилда бўлиши табиийдир, биз уни σ_t билан белгилаймиз. Цилиндирик сирт ts даги нормал кучланишини эса σ_r билан белгилаймиз. Бу кучланиш цилиндрик қатламларнинг ўзаро босими туфайли ҳосил бўлганидан, у текширилаётган қатламнинг радиуси r га боғлиқдир; бинобарин, ҳалиги элементнинг сиртидаги кучланиш $\sigma_r + d\sigma_r = \sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r}$ бўлади. Элементнинг ёқлари тегишлича қуйидаги шу қийматларга тенг бўлади:

$$mt = ns = dr, \qquad st = rd\theta, \qquad mn = (r + dr)d\theta.$$

Агар ҳалқа узунлиги бирга тенг қилиб олингани кўзда тутилса, ажратилган элементнинг ёқларидаги зўриқишлар қуйидагича бўлади:

mt ва ns ёқда: $\sigma_t dr \cdot 1$

st ёқда: $\sigma_r r d\theta \cdot 1$

mn ёқда: $(\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r})(r+dr)d \cdot 1 = \sigma_r r d\theta + \sigma_r dr d\theta + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} r dr d\theta + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr^2 d\theta$

Бу кучлар бир нуқтада кесишадиган бўлгани учун ажратилган элементнинг мувозанат шарти иккита тенглама билан ифодаланади:

$$\sum R = 0; \qquad \sum T = 0;$$

Аммо симметрик шарти иккинчи тенгламани айниятга келтиради Биринчи тенглама қуйидагича ёзилади:

$$-\sigma_r r d\theta - 2(\sigma_t dr \sin\frac{d\theta}{2}) + \sigma_r r d\theta + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} r dr d\theta + \sigma_r dr d\theta + \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} dr^2 d\theta = 0$$

Илгаригидек, $\sin\frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$ деб олсак ва учинчи тартибли чексиз сон $dr^2 d\theta$ни эътиборсиз қолдириб, тенгликдаги қисқаришларни қисқартирсак, қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$\sigma_t - \sigma_r - r\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = 0 \qquad (2.1)$$

Бу битта тенгламада иккита номаълум σ_t ва σ_r бўлгани учун масала статик аниқмас бўлади.

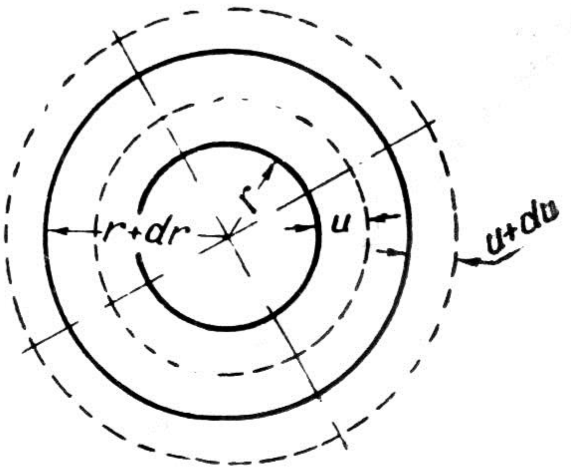
Қўшимча тенгламани цилиндирнинг деформациясини текширишдан топамиз. Деформация цилиндрнинг ўқига нисбатан симметрик бўлиб, унинг барча нуқталари радиал йўналишда кўчади. Бу кўчиш хар бир концентрик цилиндр сиртидаги барча нуқталар учун бир ҳилда бўлади. Аммо турли радусли сиртлардаги нуқталар учун у кўчишлар ҳар хил бўлиб, ўзгарувчи радус rнинг функцияси бўлади. Радуси rбўлган цилиндрик сиртдаги нуқтанинг радиал кўчишининг u билан белгилаймиз.

Текширилаётган сиртга чексиз яқин $r + d\,r$ радусли цилиндрдаги нуқтанинг радиал кўчиши $u + d\,u = u + \frac{\partial u}{\partial r}dr$ бўлади (2.2.-шакл). Ажратилган

dr узунликда элементнинг радиал йўналишдаги абсалют чўзилиши $\Delta(dr) = \frac{\partial u}{\partial r} dr$ бўлади;нисбий радиал чўзилиш эса:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta(dr)}{dr} = \frac{\partial u}{\partial r} \qquad (2.2)$$

бўлади.



2.2.-шакл.

σ_t кучланиш йўналишига мос келадиган нисбий чўзилишни аниқлаймиз. Деформациягача радуси r бўлган доирадаги нуқта деформация натижасида $r+u$ радусли доирага кўчади. Доира узунлигининг ортиши радуснинг ортиши билан пропорционал бўлади; шунинг учун r радусли доиранинг чўзилиши қуйидагича бўлади:

$$\Delta s = 2\pi(r+u) - 2\pi r = 2\pi u \qquad (2.3)$$

Тегишли нисбий чўзилиш эса:

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta s}{s} = \frac{2\pi u}{2\pi r} = \frac{u}{r} \qquad (2.4)$$

бўлади.

Ажратилган элемент $mnst$ нинг ёқлари ўзаро тик бўлиб, улар бош юзалар ҳисобланади, бинобарин, у σ_r ва σ_t бош кучланишлар таъсирида текис кучланиш ҳолатида бўлади. Текис кучланиш ҳолатида бўлган бу элементнинг деформациясини топишда (2.3) формуладан фойдаланамиз:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\varepsilon_r + \mu\varepsilon_t\right) = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\frac{\partial u}{\partial r} + \mu\frac{u}{r}\right)$$
$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\varepsilon_t + \mu\varepsilon_r\right) = \frac{E}{1-\mu^2}\left(\frac{u}{r} + \mu\frac{\partial u}{\partial r}\right) \qquad (2.5)$$

Буларни (2.1) га қўйиб, радиал кўчиш u ни аниқлаш учун қуйидаги тенгламани ёзамиз;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2} = 0 \qquad (2.6)$$

Бу ўзгарувчи коэффициентли бир жинсли ва чизиқли дифференциал тенгламадир. Унинг хусусий интегралини қуйидагича оламиз.

$$u = r^t \qquad (2.7)$$

t ҳозирча номаълум параметрдир. (2.7) ни (2.6) га қўйиб, t ни аниқлаш учун қуйидаги ҳарактеристик тенгламани чиқарамиз:

$$t(t-1) + t - 1 = 0 \qquad \text{ёки} \qquad t^2 - 1 = 0$$

Бу тенгламанинг илдизлари: t_1 =1 ; t_2 =-1 бўлади.

Буларни (2.7) га қўйиб, (2.6) нинг иккита хусусий интегралини топамиз:

$$u_1 = r \quad ; \qquad u_2 = \frac{1}{r}$$

Шунинг учун (2.6) нинг умумий интеграли қуйидагича бўлади:

$$u = C_1 r + \frac{C_z}{r} \qquad (2.8)$$

Буни (2.5) га қўйиб, радиуси бўлган сирт нуқталаридаги кучланишларни аниқлаймиз:

$$\sigma_z = \frac{E}{1-\mu^2}\left[C_1(1+\mu) - C_2\frac{1-\mu}{r^2}\right] \qquad (2.9)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu^2}\left[C_1(1+\mu) + C_2\frac{1-\mu}{r^2}\right] \qquad (2.10)$$

Ихтиёрий ўзгармаслар C_1 ва C_2 нинг қийматини цилиндрнинг ички ва ташқи сиртларидаги босимлар ёрдамида аниқлаймиз. Масалан, $r = b$ бўлганда

$\sigma_r = -P_\ell$ бўлиб, $r = a$ бўлганда $\sigma_r = -P_i$ бўлади. Бу шартлар C_1 ва C_2 нианиқлаш учун қуйидаги иккита тенгламани беради.

$$-P_\ell = \frac{E}{1-\mu^2}\left[C_1(1+\mu) - C_2\frac{1-\mu}{b^2}\right]$$

$$-P_i = \frac{E}{1-\mu^2}\left[C_1(1+\mu) + C_2\frac{1-\mu}{a^2}\right]$$

Бу тенгламалардан C_1 ва C_2 нинг қийматини аниқлаймиз.

$$\left.\begin{aligned} C_1 &= \frac{1-\mu}{E} * \frac{a^2P_i - b^2P_\ell}{b^2-a^2}; \\ C_1 &= \frac{1+\mu}{E} * \frac{a^2b^2(P_i - P_\ell)}{b^2-a^2}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.11)$$

Буларнинг қийматини (2.8), (2.9) ва (2.10) га қўйиб, радиал кўчиш

u ҳамда нормал кучланишлар σ_r ва σ_t нинг қийматларини аниқлаймиз:

$$u = \frac{1-\mu}{E} * \frac{a^2P_i - b^2P_\ell}{b^2-a^2} r + \frac{1+\mu}{E} * \frac{a^2b^2(P_i - P_\ell)}{(b^2-a^2)r}. \qquad (2.12)$$

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{a^2P_i - b^2P_\ell}{b^2-a^2} - \frac{a^2b^2(P_i - P_\ell)}{(b^2-a^2)r^2}; \\ \sigma_r &= \frac{a^2P_i - b^2P_\ell}{b^2-a^2} - \frac{a^2b^2(P_i - P_\ell)}{(b^2-a^2)r^2}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.13)$$

Амалий жихатдан энг мухим бўлган холда қалин деворли труба фақат ички босим P_ℓ таъсирида бўлади. Бунга биноан, (2.13) ифода қуйидагича ёзилади:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{a^2P_i}{b^2-a^2}\left(1 - \frac{b^2}{r^2}\right); \\ \sigma_r &= \frac{a^2P_i}{b^2-a^2}\left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right). \end{aligned}\right\} \qquad (2.14)$$

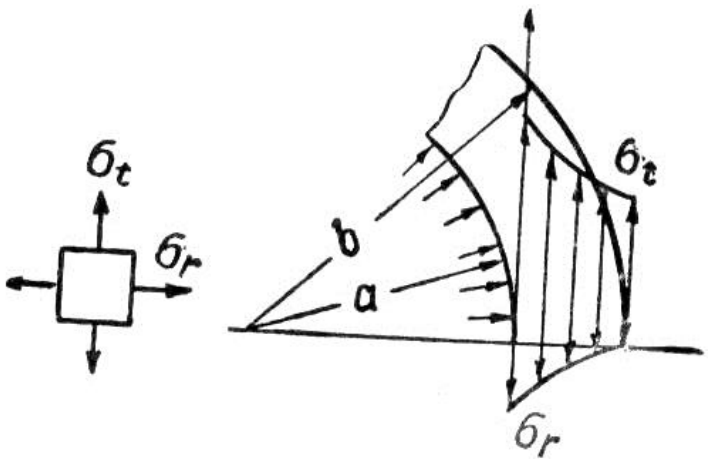
Бу ифодалардан кырамизки σ_r сиқувчи бўлиб, σ_t чўзувчи экан. Чўзувчи кучланиш σ_t трубанинг ички сиртида максимал қийматга эришиб , у қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$(\sigma_t)_{\min} = \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} P_i; \qquad (2.15)$$

σ_t трубанинг ташқи сиртида минимал қийматга эришади, у куйидаги қийматга тенг бўлади:

$$(\sigma_t)_{\min} = \frac{2a^2}{b^2 - a^2} P_i; \qquad (2.16)$$

Труба деворининг калинлиги буйича σ_r ва σ_t нинг ўзгариш графиги 2.3.-шаклда тасвирланган. Агар труба жуда қалин бўлмаса σ_t нинг максимал қиймати минимал қийматидан оз фарқ қилади. Масалан, $b = 1.1.a$ бўлса , максимал кучланиш минимал кучланишдан фақат 5-10% фарқ қилади, холос. Шунинг учун девори жуда қалин бўлмаган трубаларни ҳисоблашда чўзувчи кучланиш σ_t ни труба деворининг қалинлиги бўйича тенг тарқалган деб қабул қилсак, катта хато қилмаган бўламиз.



2.3.-шакл.

Бу ҳолда (2.16) нинг тақрибий қиймати қуйидагича ёзилади:

$$\sigma_t = \frac{2a^2 P_i}{(b+a)(b-a)} = \frac{2a^2}{2a(b-a)} P_i = \frac{a}{t-a} P_i = \frac{DP_i}{2\delta_{\ ii}};$$

бу ерда $D = 2a$ ва $\delta = b - a$ - трубанинг диаметри ва қалинлиги .

Энди девори қалин труба учун, учинчи назарияга мувофиқ, мустаҳкамлик шартини тузамиз. Труба фақат ички босим таьсирида бўлган ҳолда, энг катта бош кучланишлар трубанинг ички сиртидаги нуқталарда ҳосил бўлади. Шунинг учун, учинчи назарияга кўра бош кучланишларнинг энг катта айрмасини олишимиз керак:

$$(\sigma_t - \sigma_r)_{\max} = \frac{2b^2}{b^2 - a^2} P_i; \qquad (2.17)$$

Кўрамизки, энг катта тангенциал кучланиш ички босим P_i га қараганда анчагина катта бўлар экан. Бу кучланиш оқим чегарасига етганда цилиндрнинг ички сиртида қолдиқ деформация хосил бўла бошлайди. Пластик деформация билан курашиш мақсадида трубанинг ташқи диаметрини оширишнинг фойдаси йуқ, чунки унинг ошуви билан (2.17) нинг махражи ва сурати қарийб бирдек ўсади. Аммо трубанинг ички сиртида хосил бўладиган пластик деформасия юк кўтариш хусусиятини камайишига жуда ҳам оз таьсир қилади. Трубанинг парчаланиши учун пластик деформация унинг ташқи сиртигача ёйилиши керак.

2.2. Қўшма қувурлар ҳисоби

Ички босим таьсиридаги қалин деварли трубаларда ҳосил бўладиган кучланишларни камайтириш учун унга ички диаметри қалин трубанинг ташқи диаметртдан кичикроқ бўлган бошқа бир труба қиздириб кийгизилади. Кийгизилган ташқи труба совиганда ички трубани сиқиб, унда сиқувчи кучланиш ҳосил қилади. Бу ҳолда ички труба ичидан таьсир қилувчи Pi босим кучидан ҳосил бўладиган бир қисми ички трубада дастлаб пайдо бўлган сиқувчи кучланишнинг йўқотиш учун сарфланади, қолгани эса кейинчалик унда чузувчи кучланиш ҳосил қилади. Натижада ички труба «ташқи» ва ички босимлар таьсирида бўлади. Ташқи трубанинг совиши натижасида ички трубага таьсир қиладиган босимини (2.12) формуладан фойдаланиб аниқлаш мумкин. Масалан, ташқи трубанинг қиздирилмагандаги ички радиуси ички трубанинг ташқи радиусига қараганда δ миқдорича кичик бўлсин. Ички труба кўндаланг кесимининг радиуслари a ва b ташқи трубаники эса $b-\delta$ ва с бўлсин.

Ташқи трубани қиздириб, ички трубага кийгизилгандан кейин, ташқи труба совиши натижасида унинг ички радиуси бир оз ортиб, ички трубанинг ташқи радиуси кичраяди; ички трубанинг ташқи сиртидаги нукталарнинг ташқи трубанинг Р босим таьсирида кучиши (12) га мувофиқ қуйидагича ифодаланади:

$$u_{t=b} = \frac{Pb}{E}(\frac{b^2+a^2}{b^2-a^2} - \mu) \qquad (2.18)$$

Шунингдек ,ички трубанигташки труба босимига каршилик курсатиши натижасида,ташки трубанинг ички сиртидаги нукталарнинг кучиши куйидагича ифодаланади:

$$u_{t=b} = \frac{Pb}{E}(\frac{c^2+b^2}{c^2-b^2} + \mu); \qquad (2.19)$$

(2.18) ва (2.19) нинг йиғиндиси δ га тенг бўлиши керак:

$$\frac{Pb}{E}(\frac{b^2+a^2}{b^2-a^2} - \mu) + \frac{Pb}{E}(\frac{c^2+b^2}{c^2-b^2} + \mu) = \delta;$$

Бундан:

$$P = \frac{E\delta(}{b}\frac{b^2-a^2)(c^2-b^2)}{2b^2(c^2-a^2)}. \qquad (2.20)$$

Ички босим P_i ва ташқи босим Р таъсиридан ички трубада ҳосил бўладиган кучланишлар (2.20)дан аниқланади. Ташқи трубада Р таъсиридан ҳосил бўладиган кучланишлар эса (2.4) га мувофик куйидагича аниқланади:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{b^2P}{c^2-b^2}(1-\frac{c^2}{r^2}); \\ \sigma_r &= \frac{b^2P}{c^2-b^2}(1+\frac{c^2}{r^2}). \end{aligned}\right\} \qquad (2.21)$$

Қўшма трубалар деворининг қалинлиги бўйича кучланишлар ўзгаришининг графигини конкрет хол учун келтирамиз.

2.3. Қувурларнинг гидравлик хисоби

Трубопроводларни гидравлик ҳисоб қилишда босимли ва босимсиз эканлиги аниқлайди. Трубопроводларда узунлик быйича босим камайишини, мащаллий қаршиликларда босим йўқолишига нисбатига қараб, қисқа трубопроводлар ва узун трубопроводларга бўлинади.

Қисқа трубопроводлар бед мащаллий қаршилиги сезиларки бўлган трубопроводларга айтилади. Бундай трубопроводларга насоснинг сургли кисмидаги сурувчи трубопровод, двигателрни совиниши учун суюқлик узатилаётган трубопроводлар ёки хар хил машиналарни ёғлаш учун ишлатиладиган ёғ узатувчи трубалар.

Узун трубопроводлар деб-узунлиги анча катта бўлган ва босилишнинг маҳаллий қаршилик ҳисобида йўқолиши, узунлик бўйича босим камайишига нисбатан анча кичик бўлган трубопроводларга айтилади.

Масалан насосдан хайдалаётган суюқлик ўтувчи трубопроводлар, нефтепроводлар, магистрал водопровод трубалари.

Узун трубопроводлар содда ва мураккаб трубопроводларга бўлинади.

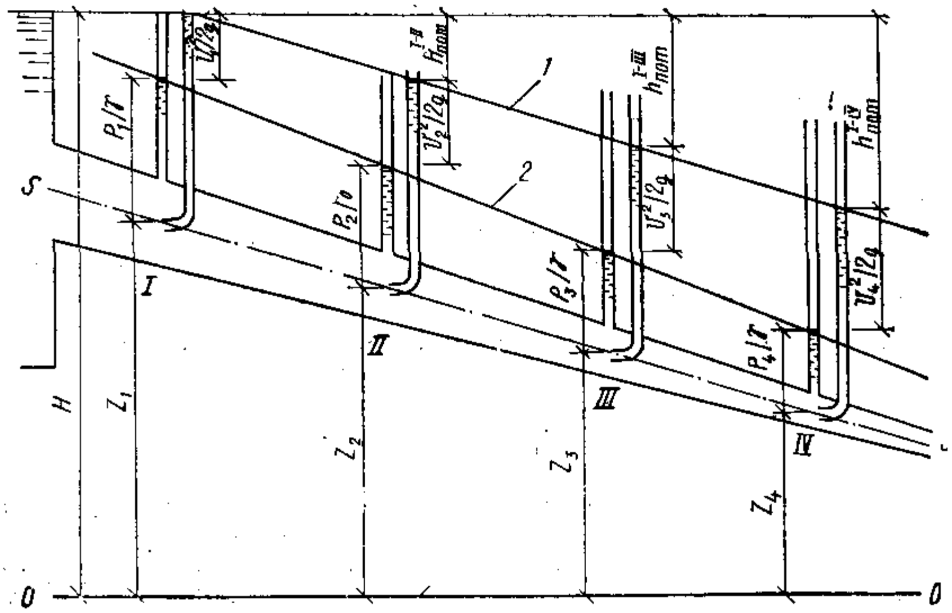
Содда трубопровод деб, тармоқлашган ва кесим юзаси ўзгармаган трубопроводларга айтилади.

Мураккаб трубопровод деб, тармоқланмаган кесим юзаси ўзгарган ёки тармоқланган трубопроводларга айтилади.

Ўзгармас кесимли оддий трубопровод фазода эркин жойлашган бўлсин ва бир неча маҳаллий қаршиликлар мавжуд бўлсин.

Трубопроводнинг кесим юзаси ўзгармас бўлганлиги учун, тезлиги бир хил бўлади.

1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузайлик.



2.1-расм. Оддий трубаларда босимни камайиши.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \qquad \text{ёки} \qquad \frac{p_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \qquad (2.22)$$

(2.22) тенгламанинг чап тарафидаги пьезометрик баландликни талаб қилинган напор дейилади.

$$H_{т.к} = \frac{p_1}{\rho g}$$ бу ерда $\Delta z = z_2 - z_1$ десак

$$H_{т.к} = \Delta z + \frac{p_2}{\rho g}$$ - сататик напор былади

$$\Sigma h = k \cdot Q^m$$

бу ерда К – трубопроводнинг қаршилиги дейилувчи қиймат.

m- даража кырсаткичи былиб, суюқликнинг харакат тартибига қараб хар хил қийматига эга бўлади.

$$H_{к.т} = H_{ст} + k \cdot Q^m \qquad (2.23)$$

Агар маҳаллий қаршиликни эквивалент узунлик билан алмаштирсак

$$l_{расч} = l + l_{экв}$$

у холда ламинар харакат учун

$$\Sigma h = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{l_{расч}}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = (\Sigma \xi + \lambda_m \frac{l}{d}) \frac{1 \cdot Q^2}{2g\pi^2 \mu}$$

Демак

$$K = \frac{128 v l_{расч}}{\pi g d^4} \qquad m=1$$

Турбулент харакатли оқим учун

$$\Sigma h = \left(\Sigma \zeta + \lambda r \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g} = \left(\Sigma \zeta + \lambda r \frac{l}{d} \right) \frac{16 Q^2}{2g\pi^2 d^4}$$

Демак $$K = \left(\Sigma \zeta + \lambda r \frac{l}{d^2} \right) \frac{16}{2g\pi^2 d^4}$$

Кетма-кет уланган трубопроводларнинг хисоблаш

Узунлиги ва диаметри турлича бўлган бир неча содда трубопроводларни кетма-кет улайлик.

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= Q_2 = Q_3 = Q \\ \Sigma h_{M-N} &= \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3 \end{aligned} \right\} \qquad (2.24)$$

Бу иккита тенглама орқали кетма-кет ўлчаш трубопроводлар учун характеристика тузишимиз мумкин

Энди *M-N* кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузиб ундан талаб қилинган напорни топайлик.

$\alpha = 1$ деб қабул қилсак

$$H_{T\cdot K} = z_N - z_M + \frac{V_N^2 - V_M^2}{2g} + \Sigma h_{M-N} + \frac{P_N}{\rho g} = H_{CT} + CQ^2 + KQ^m$$

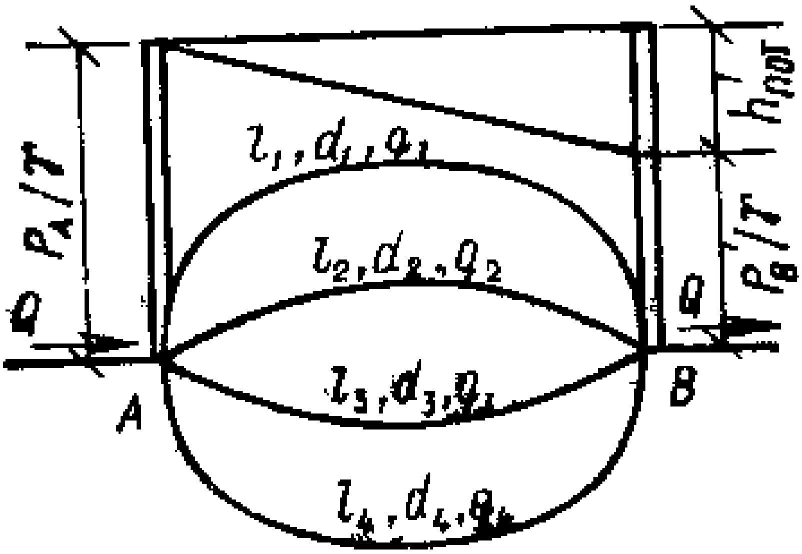
бу ерда

$$C = \frac{1}{2g}\left(\frac{1}{S_N^2} - \frac{1}{S_M^2}\right)$$

$$H_{CT} = z_N - z_M + \frac{PN}{\rho g}$$

Параллел уланган трубопроводларни хисоблаш

Трубопроводлар параллел уланганда суюқлик сарфлари йиғилади, босимлари камайиши хар бир трубада бир хил бўлади.



2-расм. Параллел уланган трубалар

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \Sigma h_1 = H_M - H_N \end{cases}$$

$$\Sigma h_2 = H_M - H_N$$

$$\Sigma h_3 = H_M - H_N \qquad (2.25)$$

(2.25) тенгламасидан

$$\Sigma h_1 = \Sigma h_2 = \Sigma h_3 \qquad (2.26)$$

$$\Sigma h_1 = K_1 Q_1^m; \quad \Sigma h_2 = K_2 Q_2^m; \quad \Sigma h_3 = K_3 Q_3^m;$$

(2.26) тенгламага кўра

$$K_1 Q_1^m = K_2 Q_2^m = K_3 Q_3^m$$

Тармоқланган трубопроводлар

Тармоқланган трубопродларда сарфлар кўшилади

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \tag{2.27}$$

М-М кесим ва охирги кесим учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$H_M = z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \Sigma h_1$$

$$H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \tag{2.28}$$

Худди шу каби

$$H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \qquad H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Юқорида кўрган 4 та тенгламада 4 та номаълум мавжуд

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \\ H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \\ H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m \end{cases}$$

$$H_{CT1} + K_1 Q_1^m = H_{CT2} + K_2 Q_2^m = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Насос учун ишлатиладиган ва катта идишга уланган трубопроводларни гидравлик хисоблаш

Насос қурилмасида трубопроводлар 2 хил системада ишлатилади, биринчи очик система бўлиб, бундан насос трубопровод орқали суюқликни бирор идишдан бошқа бир идишга узатилади.

Иккинчи ёпиқ система бўлиб, унда хайдалган суюқлик яна сурилади.

Энди биринчи очиқ системани кўрайлик. Бу ерда H_1 - сурувчи геометрик баландлик дейилади, H_2 - хайдовчи геометрик баландлик дейилади. О-О ва 1-1 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак (α = 1 деб олсак)

$$\frac{P_0}{\rho g} = H_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \Sigma h_{0-1} \tag{2.29}$$

2-2 ва 3-3 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{P_3}{\rho g} + \Sigma h_{2-3} \tag{2.30}$$

(2.30) тенгламанинг напор тарафи бирлик массага берилган суюқлик энергиясини ифодалайди.

Худди шу каби суюқлик энергияси насосга киришда (2.29) тенгламадан

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_0}{\rho g} - H_1 - \Sigma h_{0-1} \tag{2.31}$$

Насосда суюқлик энергиясини ўзгаришини қуйидагича ёза оламиз.

$$H_{нас} = H_{нас2} = H_{нас1} = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}\right) = H_1 + H_2 + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + \Sigma h_{0-1} + \Sigma h_{2-3}$$

ёки

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + KQ^m$$

деб олсак

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g}$$

$$H_{нас} = H_{CT} + KQ^m$$

$$H_{нас} = H_{TK}$$

Турбулент харакатли хажмий насос учун характеристика
Ёпиқ система учун $z = 0$ ва $V_1 = V_2$ у холда

$$H_{TK} = \Sigma h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

Ёпиқ циркуляцияси системада албатта кетайтирувчи бак бўлиши керак, бу бак насосдан олдим минимал босим бўлган жойга уланади.

Кетайтирувчи бак ҳисобига

$$P_1 = P_0 + H_0 \rho g$$

Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга оддий трубопровод орқали оқиб ўтиши.

Иккита А ва В катта хаттали идишлар (резервуар) берилган бўлсин.

Бу идишлар узунлиги ва диаметри бўлган трубопровод орқали туташтирилган. Энди шу трубопроводдан утаётган суюқликнинг сарфини ва тезликни топиш учун А ва В кесимлар учун О-О кесимча нисбатан Бернулли тенгламасини тузамиз.

$$z_a + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} = z_b + \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + \Sigma h_{ab} \qquad (2.33)$$

агар V_a ва V_b тезликларни бошқа параметрларга нисбатан жуда кичик деб олсак $V_a << 1$ ва $V_b << 1$ бўлади, бундан

$$\frac{V_a^2}{2g} \approx \frac{V_b^2}{2g} = 0$$

$$\Delta z = z_a - z_b$$

$$\Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{a-b} \qquad (2.34)$$

$$H = \Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{ab}$$

Бу ерда $\Sigma h_{a-b} = \Delta h_l + \Delta h_M$

$$\Delta h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\Delta h_M = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma h_{a=b} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g} \qquad (2.35)$$

(2.35) тенгламани (2.34) га куйсак

$$H = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

бу ерда трубопроводдаги суюқлик тезлиги V

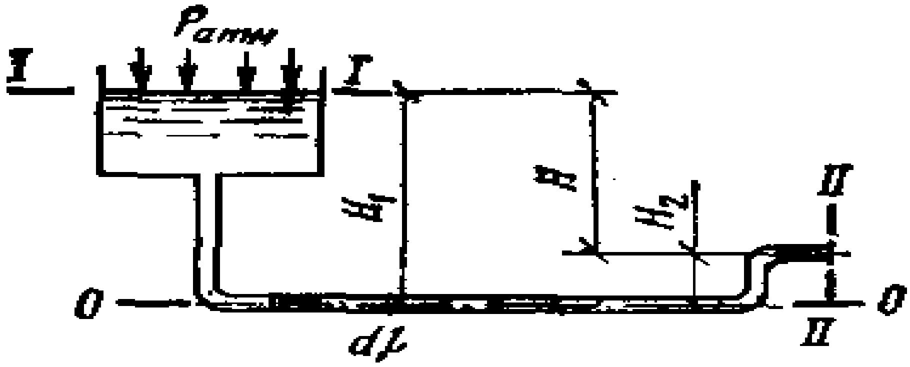
$$V = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

2.36)

суюқлик сарфига эса

$$Q = \frac{S}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

Суюқликнинг трубопровод орқали хавога оқиб чикиши



2.3-расм

1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузсак.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

Агар $z_1=H$ былса $V_1<1$ былса яъни $\frac{V_1^2}{2g} > 0$, $V_2=0$, $z_2=0$ бўлса, у холда

$$H + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$\Sigma h_{1-2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right)\frac{V^2}{2g}$$

У холда

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right)\frac{V^2}{2g} = \left(1 + \lambda \frac{l}{d}\right)\frac{V^2}{2g} \qquad (2.37)$$

дан

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{\left(H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g}\right)2g} \qquad (2.38)$$

агар $P_1=P_2=P_{атн}$ бўлса у холда

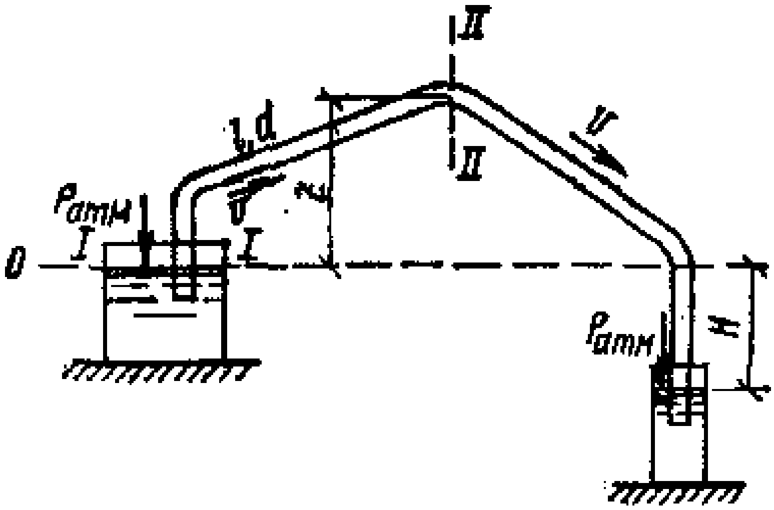
$$V = \frac{1}{\sqrt{1+\lambda\frac{l}{d}+\Sigma\zeta}}\cdot\sqrt{2gH}$$

суюқлик сарфи эса

$$Q = VS = \frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+\lambda\frac{l}{d}+\Sigma\zeta}}\cdot\sqrt{2gH}$$

Сифонли трубопроводнинг гидравлик хисоби

«Сифон»-сўзи грекча бўлиб «трубка»–деган маънони англатади. Суюқликнинг сатхидан баландга трубопроводда суюқликни кўтарилишга сифон дейилади.



2.4-расм. Сифонли труба

Агар *n-n* кесимида суюқликнинг тинч холатда деб фараз қилсак ва кесимининг чап тарафида P_1 босим, уни тарафида P_2 босим бўлади.

$$P_1=P_0+(-h`\gamma)$$

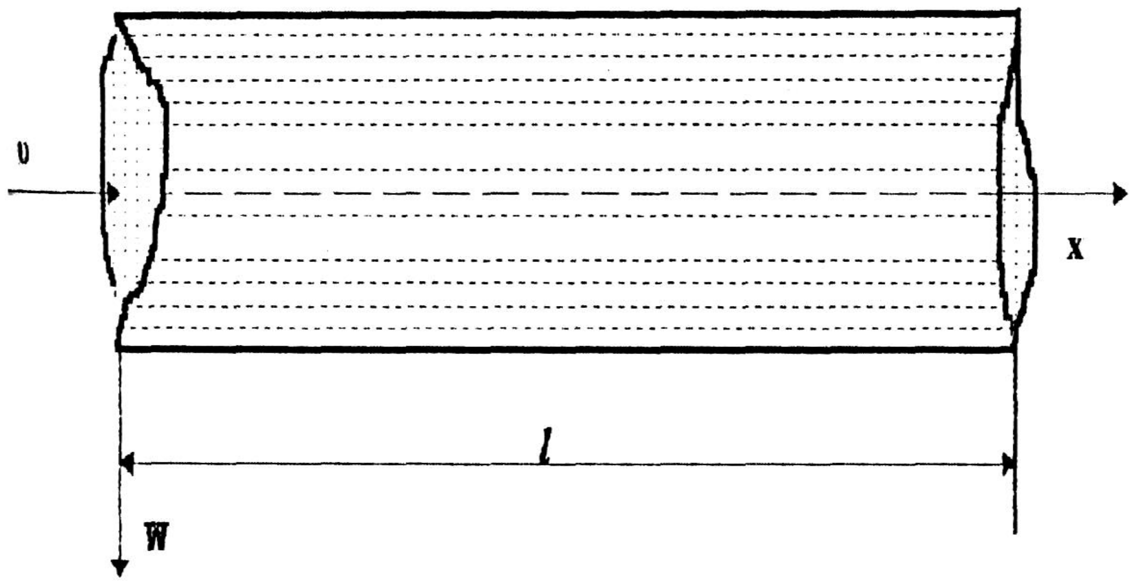
$$P_2=P_0+(-h``\gamma)$$

Бундан кўринадики $P_1>P_2$

III. БОБ. Босимни ҳисобга олганда суюқлик оқаётган ёпишқоқ-эластик қувурнинг турғунлиги

3.1. Суюқлик харакатлаётган ёпишқоқ-эластик қувурлар турғунлиги масаласи

Узунлиги ℓ бўлган тўғричизиқли қувур оламиз. Қувурнинг ичида бир хил тезлик билан идеал суюқлик харакатлаяпти.



l

Эластик қувурларни харакат тенгламасини тузамиз. Қувурдаги харакат тартибсиз. 0x координата ўқига нисбатан жойлашган. Қувурнинг ичидан суюқлик оқаётгандаги харакат тенгламасини Остроградский-Гамильтон принципидан фойдаланиб аниқланади.

Бу пиринципга кўра куйидагича

$$\delta\int_{t_1}^{t_2}(T-V)dt=0 \qquad (3.1)$$

Бу ерда T-ситеманинг кинетик энергияси,

V- ситеманинг потенциал энергияси.

Трубапроводдан чегарасиз кичик бўлган dx узунлиги бўлакчани оламиз.

Қараётган трубанинг оғирлиги қуйидага $m=(\rho F)_{ж}+(\rho F)_{T}$ тенг деб хисоблаймиз.

Қувурнинг математик моделини қурамиз.

$$\dot{W}+\upsilon W' = \frac{\partial W}{\partial t}+\upsilon\frac{\delta W}{\partial x}$$

Системадаги кинетик ва потенциал энергиялар dx узунликда куйидагига тенг бўлади.

$$d\ T=\left\{\frac{1}{2}(m-(\rho F)\ )\ \dot{W}^{2}+\frac{1}{2}(\rho F)\ \left[\upsilon^{2}+(\dot{W}+\upsilon W')^{2}\ \right]\right\}\ dx$$

(3.2)

Тенгламанинг ўнг тамонидаги биринчи хад қувур копламининг кинетик энергияни, иккинчи хад эса сиюқлик босимининг кинетик энергиясини билдиради. Бизга, маълумки

$$d\ \mathrm{V}=\frac{1}{2}\,\mathrm{EJ}\,(\mathrm{W}'')^{2}\ \ dx \qquad (3.3)$$

(3.2) ва (3.3) тенгламаларни (2.1) тенгламага қўямиз, У холда

$$\delta\int_{t^1}^{t^2}\int_{x1}^{x^2}\left\{\frac{1}{2}(m-(pF)\,\dot{\mathrm{W}}^{2}+\frac{1}{2}(pF)\left[\upsilon^{2}+(\dot{W}+\upsilon W')^{2}\ \right]-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{2}EJ(W'')^{2}\ \right\}dx\,\mathrm{dt}=0)$$

Тенгламанинг соддалаштириб, куйидаги тенгламани оламиз

$$\int_{t^1}^{t^2}\int_{x1}^{x^2}\{(m-pF))\dot{W}\,\delta\dot{W}+(\rho F)_ж\,(\dot{W}+\upsilon\,W)(\delta W+\upsilon\,\delta W)\,-$$

$$-\,EJ\,W''\delta W''\;\}dx\,dt=0$$

Куйидагиларни инобатга олиб

$$\delta\dot{W}=\frac{\partial}{\partial t}(\delta\,W),\qquad \delta W^{'}=\frac{\partial}{\partial x}(\delta W),\qquad \delta W''=\frac{\partial^2}{\partial x^2}(\delta W)$$

ва хар бир қисмини алохида интеграллаб, суюқлик харакатлаётган қувурнинг харакат тенгламаси олдик.

$$EJ\,\frac{\partial^4 W}{\partial x^4}+2(\rho F)\quad\upsilon\frac{\partial^2 W}{\partial x\partial t}+(\rho F)\;\upsilon^2\,\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}+m\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}=0 \qquad (3.4)$$

Вольтерр пинципини асосланиб, E ни $E(1-R^*)$ билан алмаштирсак ёпишқоқэластик қувурларнинг харакат тенгламаси келиб чиқади.

$$EJ(1-R^*)\;\;\frac{\partial^4 W}{\partial x^4}+2(\rho F)\;\upsilon\frac{\partial^2 W}{\partial x\partial t}+(\rho F)\;\;\upsilon^2\,\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}+$$

$$+m\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}=0$$

(3.5)

Бу ерда, J- инерция моменти, R^* -интеграл оператори релаксация ядроси $R(t)$ билан

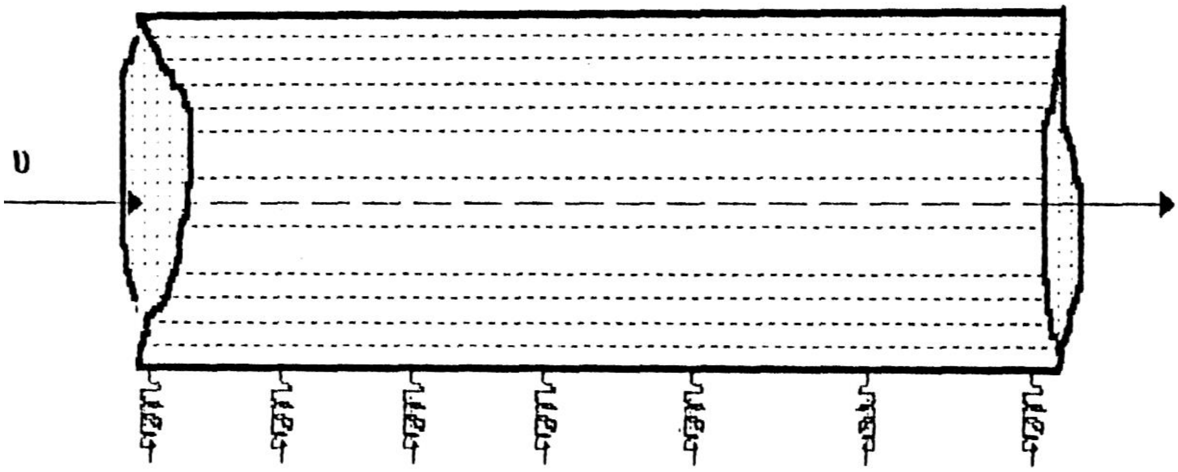
$$R*\varphi=\int_o^t R\;\;(t-\tau)\;\;\varphi(\tau)\;\;\mathrm{d}\tau$$

Иккинчи холатда агар қувурнинг ўрнатилиш жойи ёпишқоқэластик материаллар билан махкамланган бўлса, у холда куйидаги тенгламани оламиз.

$$f = k(1-\Gamma^*)\,(W+\gamma_1 W^3)$$

Бу ерда k-постел коэффициенти,

γ_1-чизиқсизлик коэффициенти қувур асосидаги материалга боғлиқ,



$\varGamma^*$-интеграл оператори релаксация ядроси $\varGamma(t)$ билан

$$\Gamma^*\varphi = \int_o^t \Gamma(t-\tau)\varphi(\tau)d\tau$$

У холда кшндаланг тебраниш тенгламаси куйидага тенг бўлади.

$$EJ(1-R^*)\ \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + \upsilon(\rho F)_{\text{ж}}\ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \left[\ (\rho F)_{\text{ж}} + (\rho F)_T\ \right]\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} +$$

$$+ 2\upsilon(\rho F)_{\text{ж}}\ \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial t} + \lambda(1-\varGamma^*)(W+\gamma_1 W^3) = 0$$

Системани ечишда, уч параметрли Колтунов-Ржаницын ядросини ҳисобга олиб $R(t) = A\,t^{\alpha-1}\,exp(-\beta t),\quad A,\beta > 0,\quad 0 < \alpha < 1.,$ проф. Ф.Бадалов ва Х.Эшматов томонидан таклиф қилинган квадратур формулаларига асосланган сонли усул қўлланилган. Бу усул асосида сонли ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Учинчи холатда қувурга ички босим таъсир этаётган бўлса.

$$d\left[\frac{dF_{r'}}{ds}\right] = pdl\left[\frac{dy}{dl}\right] = pdy \qquad (3.8)$$

Бу ерда $F_{r'}$ - r' йўналиши бўйича тенг таъсир этувчи босим кучи.

ds - букилиш марказигача бўлган узунлик

$$ds = (R + r')d\theta \qquad (3.9)$$

ва

$$ds' = Rd\theta \qquad (3.10)$$

(3.9) ва (3.10) тенгламадан фойдаланиб, (3.8) ифодани қувурнинг периметри бўйича интеграллаймиз, у холда

$$\frac{dF_{r'}}{ds'} = \oint_c pdy + \oint_c \frac{pr'dy}{R} \qquad (3.11)$$

(3.11) ифодадаги биринчи интеграл нолга тенг, иккинчи интеграл эса Грин теоремасига асосан у қуйидагинга тенг:

$$\frac{dF_{r'}}{ds'} = -\frac{pF}{R} \qquad (3.12)$$

$$dF_W = \cos\theta dF_{r'} \qquad (3.13)$$

Бу ерда dF -W йўналиш бўйича тенг таъсир этувчи босим кучи.

$$\frac{dx}{ds^{'}} - \cos\theta \qquad (3.14)$$

(3.12) ва (3.14) тенгламалардан фойдаланиб куйидагини аниқлаймиз.

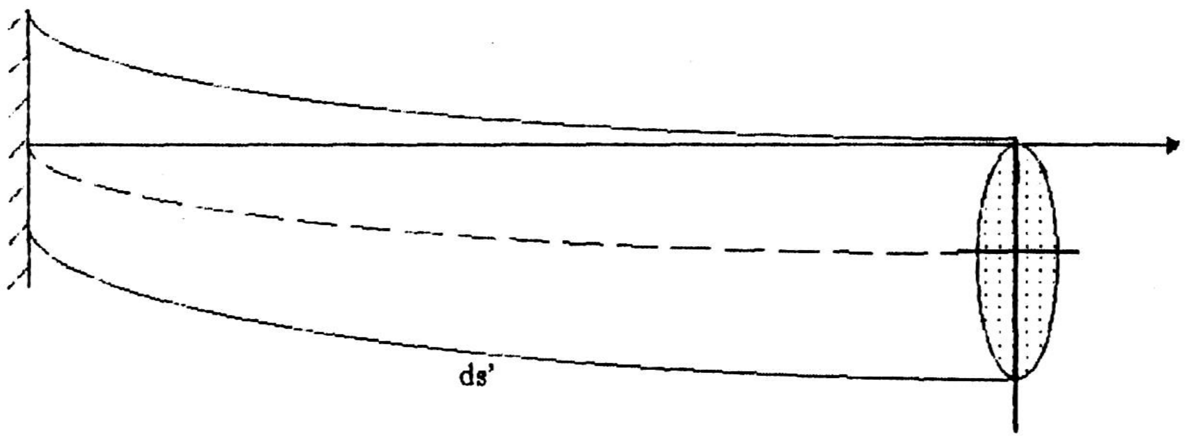
$$\frac{dF_W}{dx} = -\frac{pF}{R} \qquad (3.15)$$

Букилиш радиусини куйидаги тенглама орқали аниқланади.

$$\frac{1}{R} = \frac{d^2W}{dx^2}\left[1+\left(\frac{dW}{dx}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}} \qquad (3.16)$$

Агар жуда кичик силжиш пайдо бўлса, яъни $\frac{dW}{dx} \prec\prec 1$, у холда тенглама қуйидагича бўлади:

$$\frac{dF_W}{dx} = -pF\,\frac{d^2W}{dx^2} \qquad (3.17)$$



Шундай қилиб ички босим кучи кўндаланг силжишга олиб келар экан.

Босим кучини ҳисобга олганда қувурнинг харакат тенгламаси, яъни интегродифференциаль тенгламаси қуйдагича бўлади:

$$EJ(1-R^*)\ \frac{\partial^4 W}{\partial x^4}+\left[\ \upsilon^2(\rho F)_{\text{ж}}+\rho\text{F}\ \right]\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}+$$

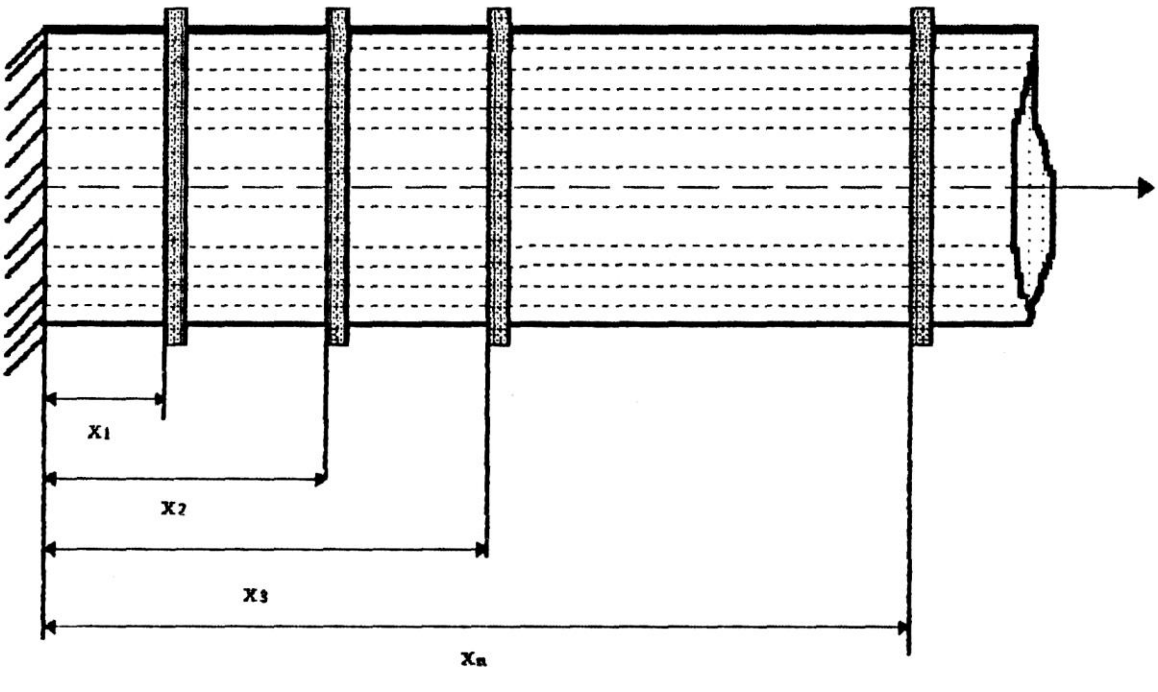
$$+\left[\ (\rho F)_{\text{ж}}+(\rho F)_T\ \right]\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}+2\upsilon(\rho F)_{\text{ж}}\ \frac{\partial^2 W}{\partial x\partial t}=0 \qquad (3.18)$$

Агар қувурнинг маълум қисмларига X_1, X_2, X_3, $X_п$ масофаларга қўшимча кучлар таъсир этса, у холда таъсир этаётган куч

$$m(x)=m_T+\sum_{p=1}^{M}m_p\delta(x-x_p) \qquad (3.19)$$

Бу ерда $\delta(x)$-Диракни дельта-функцияси, у қуйидагича аниқланади:

$$\delta(x-x_p)=\begin{cases}1, & агар\quad x=x_p\\ 0, & агар\quad x\neq x_p\end{cases}$$



Юқоридан фойдаланиб куйидаги интегродифференциаль тенгламани оламиз:

$$EJ(1-R^*)\ \frac{\partial^4 W}{\partial x^4}+[\ m_ж+m_t+\sum_{p=1}^{M}\mathrm{m}_p\delta(x-x_p)\ ]\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}+$$

$$+\upsilon^2 m_ж\ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}+2\upsilon m_ж\ \frac{\partial^2 W}{\partial x\partial t}=0 \qquad (3.20)$$

3.2. Учлари турли усуллар билан маҳкамланган қувурлар

Интегродиффенциаль тенглама (3.5) кўриб чиқамизни. Бунинг учун (3.5) интегродифференциаль тенгламани куйидагича қидирамиз

$$W(x,t)\approx W_N(x,t)=\sum_{n=1}^{N}T_n(t)\varphi_n(x) \qquad (3.27)$$

Бу ерда $T_n=T_n(t)$ - вақт бўйича қидирилаётган функция; $\varphi_n(x)$ - Масалани чегаравий қийматини қаноатлантирувчи координата функцияси. (3.27) ни (3.5) га қўйиб, номаълум хадни аниқлаш учун Бубнов-Галуркин усулини қўллаймиз ва қуйидаги тенгламалар системасини оламиз:

$$\sum_{n=1}^{N}[\ G_{kn}\ddot{T}_n+n^4\omega^2(1-R^*)F_{kn}T_n+\frac{4n\rho^2\upsilon}{l}E_{kn}T_n-$$

$$-\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2\rho^2\upsilon^2 H_{kn}T_n\ \Big]=0 \qquad (3.28)$$

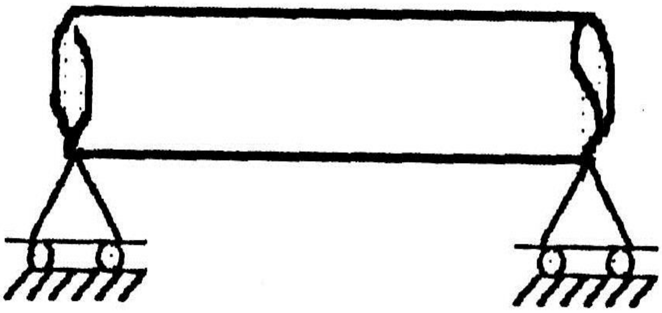
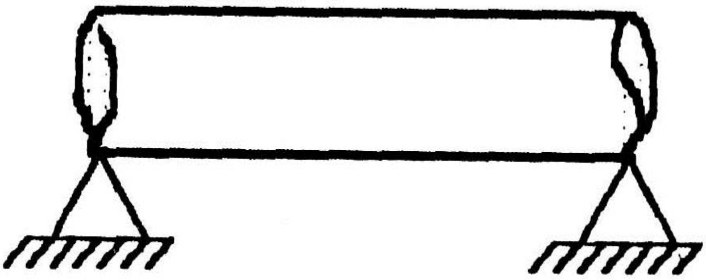
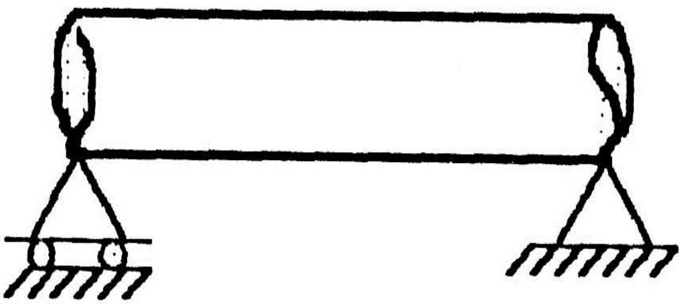
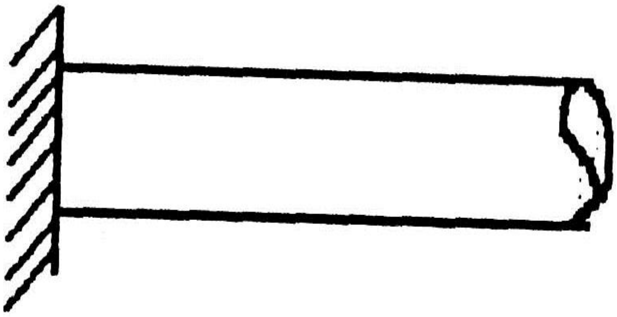
$$T_k(0)=T_{0k}\quad,\qquad \dot{T}_k(0)=\dot{T}_{0k}\quad,k=\overline{1,N}.$$

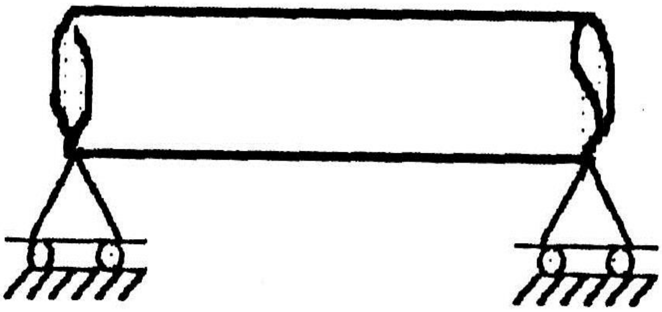
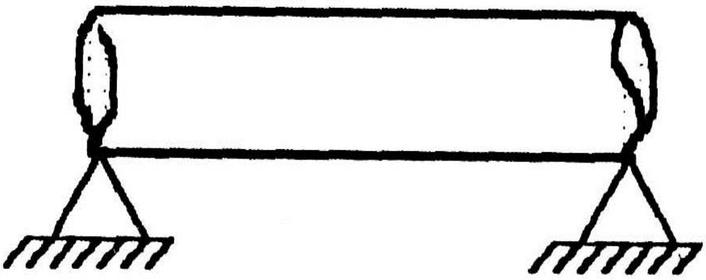
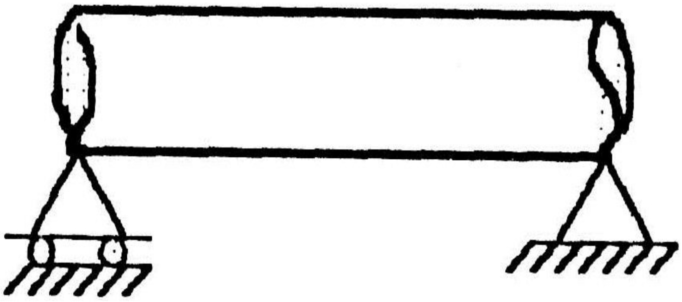
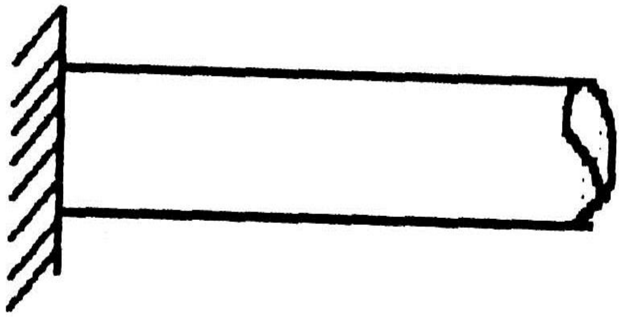
Қуйидаги белгилашлар киритамиз:

$$G_{kn} = \frac{2}{l}\int_0^l \varphi_n(x)\varphi_k(x)dx; \qquad E_{kn} = \frac{1}{n}\int_0^l \varphi_n^{'}(x)\varphi_k(x)dx;$$

$$H_{kn} = -\frac{2l}{n^2\pi^2}\int_0^l \varphi_n^{''}(x)\varphi_k(x)dx; \qquad F_{kn} = \frac{2l^3}{n^4\pi^4}\int_0^l \varphi_n^{(IV)}(x)\varphi_k(x)dx;$$

$$\rho = \sqrt{\frac{(\rho F)_{ж}}{(\rho F)_T + (\rho F)_{ж}}}, \qquad \omega = \sqrt{\frac{EJ}{(\rho F)_T + (\rho F)_{ж}}\left(\frac{\pi}{l}\right)^2}.$$

	Махкамланиш схемаси	Тебраниш тенгламаси
1		$\varphi_n(\beta_n x) = \sin\beta_n x$
2		$\varphi_n(\beta_n x) = (\sin\beta_n l - sh\beta_n l)$ $*(ch\beta_n x - \cos\beta_n x) -$ $-(ch\beta_n l - \cos\beta_n l)*$ $(sh\beta_n x - \sin\beta_n x)$
3		$\varphi_n(\beta_n x) = (\sin\beta_n l - sh\beta_n l)$ $*(ch\beta_n x - \cos\beta_n x) -$ $-(ch\beta_n l - \cos\beta_n l)*$ $(sh\beta_n x - \sin\beta_n x)$
4		$\varphi_n(\beta_n x) = (\sin\beta_n l - sh\beta_n l)$ $*(ch\beta_n x - \cos\beta_n x) -$ $-(ch\beta_n l - \cos\beta_n l)*$ $(sh\beta_n x - \sin\beta_n x)$

	Махкамланиш схемаси	Частота тенгламаси
1		$\sin\beta_n l = 0$
2		$\cos\beta_k l \; ch\beta_k l = 1$
3		$tg\beta_k l = th\beta_k l$
4		$\cos\beta_k l \; ch\beta_k l = -1$

Шундай қилиб, бу масалаларни ўрганишга имкон берувчи тенгламалар эгилишининг кўп хадли аппроксимациясига асосланган Бубнов-Галёркин усули ёрдамида Волътерр туридаги оддий интегродифференциал тенгламалар системасига келтирилади. Қувурларни маҳкамланиши шарнирли бўлса тенглама қуйидагича бўлади:

$$\ddot{T}_n + k^4\omega^2(1-R^*)T_k + \frac{4\rho^2\upsilon}{l}\sum_{n=1}^{N} n(\gamma_{n+k} - \gamma_{n-k})\dot{T}_n -$$

$$-\left(\frac{k\pi}{l}\right)^2 \rho^2\upsilon^2 T_n = 0 \qquad k = \overline{1, N} \tag{3.29}$$

Кўп холларда (3.28) тенгламалар системаси юқори тартибли хосилали тенгламаларни ечишда фойдаланилади. Тенгламалар системасини умумий холатда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\ddot{T}_к + \sum_{n=1}^{N}\omega_{kn}^2(1-R^*)T_n = X_k(t, T_1, ..., T_N, \int_0^l \varphi_k\ (t, \tau, T_1(\tau), ..., T_N(\tau)d\tau), \tag{3.30}$$

$$T_k(0) = T_{ok,} \qquad \dot{T}_k(0) = \dot{T}_{ok}, \qquad k = 1, N,$$

Бу ерда $\omega_{kn} = const; X_k, \varphi_k -$аниқ узлуксиз функциялар

$$T_k = T_{ok} + T_{ok}t + \int_0^\tau (t-\tau)\left\{-\sum_{n=1}^{N}\omega^2{}_{kn}(1-R^*)T_n(\tau) + \right.$$

$$\left. + X_k(\tau), ...T_N(\tau), \int_0^\tau \varphi_k\ (\tau, 3, T_1(3), ..., T_N(3))d3)\right\}d\tau,$$

$$T_k(0) = T_{ok}, \qquad \dot{T}_k(0) = \dot{T}_{ok}, \quad \text{k=1, N,}$$

Юқоридаги ситемани $t = t_i,\ t_i = ih,\ \ i = 1,2,3,...(h = const)$ тенг ва уни …

$T_{ik} = T_k(t_i), \quad (i = 1,2,...)$ алмаштирсак у холда …

$$R(t) = At^{\alpha-1}\exp(-\beta t), \qquad 0 \prec \alpha \prec 1, \quad A, \beta \succ 0$$

қуйидагини оламиз …

$$T_{in} = \dot{T}_{on}t_i + \sum_{j=0}^{i-1} A_j(t_i - t_j)\left[-\sum_{n=1}^{N}\omega^2{}_{kn}(T_{nj} - \frac{A}{\alpha}\sum_{m=0}^{j} B_m e^{-\beta t_m} T_{j-mn})\right] +$$

$$+ X_k\left[t_l, T_{1j}, ..., T_{Nj}, \sum_{m=o}^{j} B_m\varphi_k(t_j, t_m, T_{m1}, ..., T_{mN})\right], \tag{3.31}$$

k=1,N, $i = 1,2....$

бу ерда $A_0 = \frac{h}{2}, \quad A_j = h, \quad j = 1, i-1;$

$$B_0 = \frac{h^\alpha}{2}, \quad B_j = \frac{h^\alpha\left[(j+1)^\alpha - (j-1)^\alpha\right]}{2}, \quad B_m = \frac{h^\alpha\left[m^\alpha - (m-1)^\alpha\right]}{2}, \quad m = 1, j-1.$$

$$\sum_{n=1}^{N}\left[a_{kn}\ddot{T}_n + b_{kn}\dot{T}_n + c_{kn}T_n\right] = X_k\left[\ t, T_1, ..., T_N, \int_0^t \varphi_k(t, \tau, T_1(\tau), ..., T_N(\tau))d\tau\right], \quad (3.32)$$

$$T_k(0) = T_{ok}, \qquad \dot{T}_k(0) = \dot{T}_{ok}, \quad \text{k=1, N},$$

$a_{kn}, b_{kn}, c_{kn} -$

$$\sum_{n=1}^{N} a_{kn}T_{in} = \sum_{n=1}^{N}\left[a_{kn}(T_{on}t + T_{on}) + b_{kn}T_{on}t\right] +$$

$$+\int_0^t \left\{(t-\tau)\left[-\sum_{n=1}^{N} c_{kn}T_n(\tau) + X_k(\tau, T_1(\tau), ..., T_N(\tau), \int_0^\tau \varphi_k(\tau, 3, T_1(3), ..., T_N(3))d3)\right] - -\sum_{n=1}^{N} b_{kn}T_n(\tau)\right\}d\tau$$

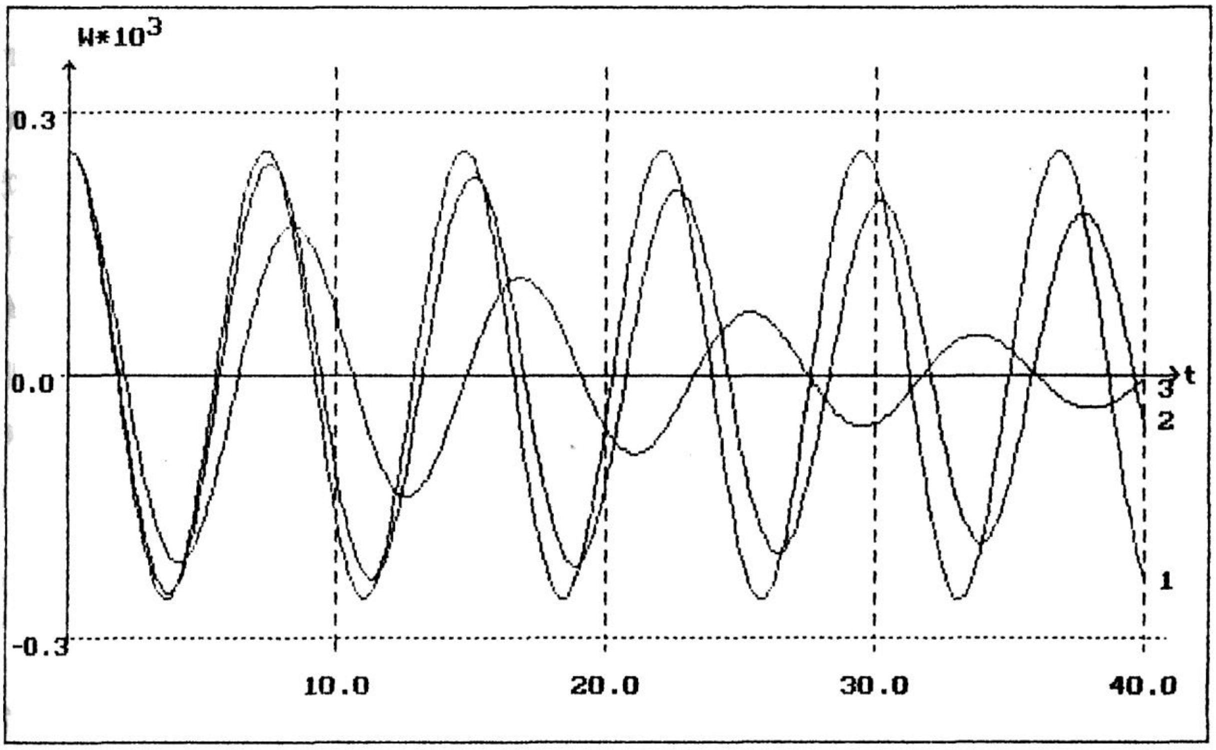
(3.33)

$$\sum_{n=1}^{N}\left[a_{kn} + b_{kn}A_i\right]T_{in} = \sum_{n=1}^{N}\left[a_{kn}(\dot{T}_{on}t_i + T_{on}) + b_{kn}T_{on}t_i\right] + \sum_{j=0}^{i-1} A_j\left\{(t_i - t_j)\left[t_j, T_{1j}, ..., T_{Nj},\right.\right.$$

$$\left.\left., \sum_{m=0}^{j} B_m\varphi_k(t_j, t_m, T_{m1}, ..., T_{mN})\right] - c_{kn}T_{kn}\right] - \sum_{n=1}^{N} b_{kn}T_{jn}\Big\},$$

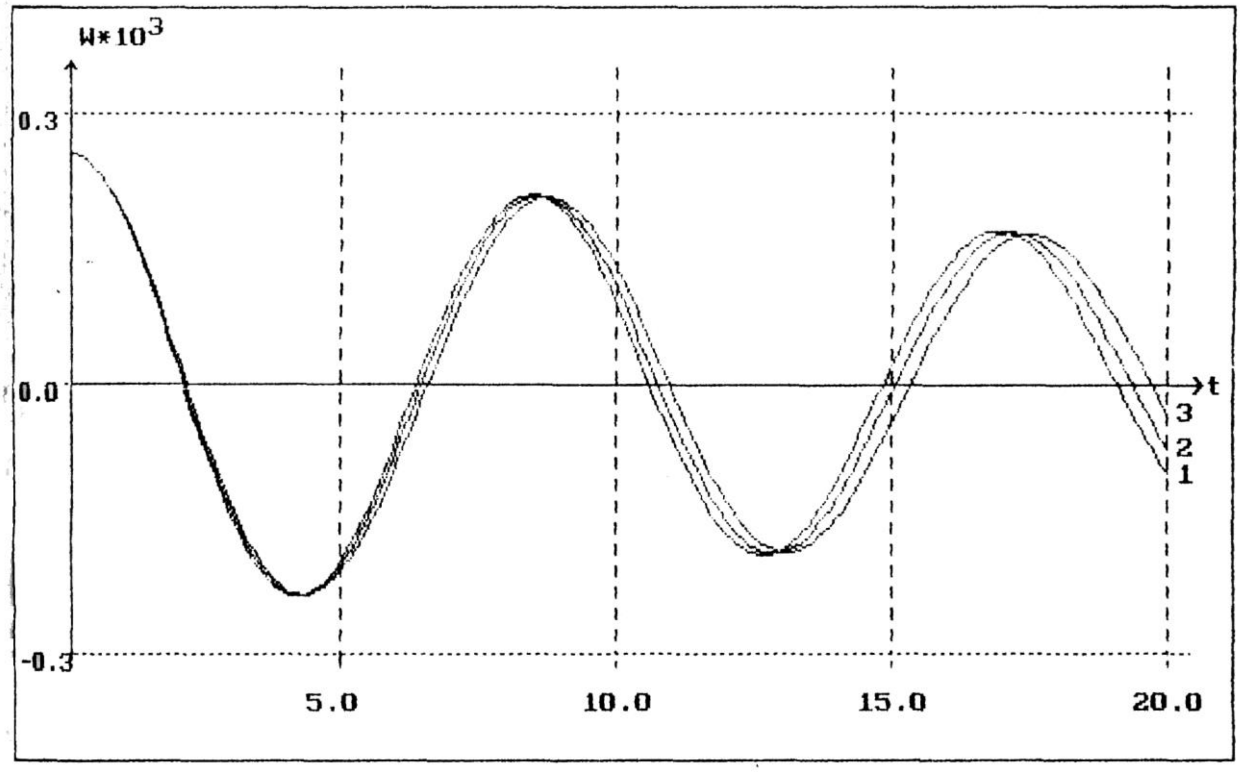
$$k = 1, N, \quad i = 1, 2, ...$$

Материалнинг ёпиш=о=-эластиклик хусусияти, сув босими, реологик параметрларни амплитудага щамда частотасига таьсири тащлил =илинган. Барча кыриб чи=илган масалалар учун Бубнов-Галеркин усулининг я=инлашиши тад=и= =илинган.

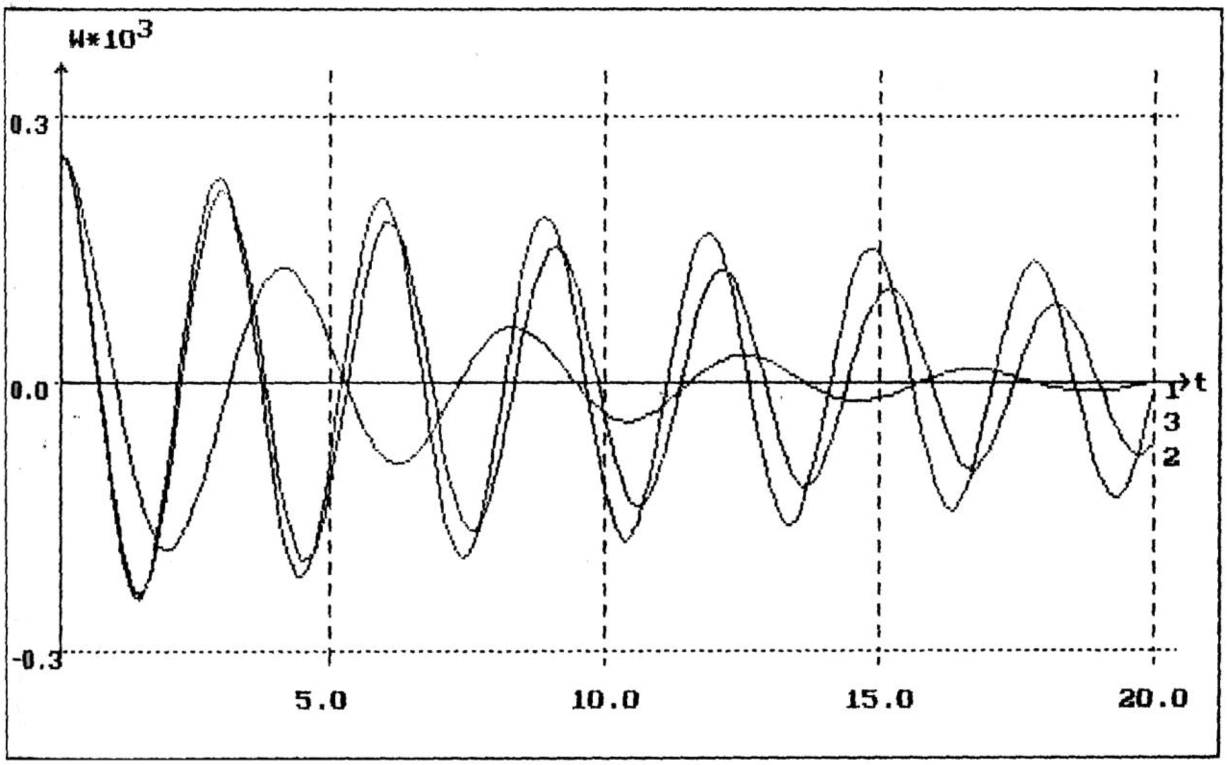


3.1.-расм

$$V = 0.5, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05, \quad \rho = 0.25.$$
$$A = 0(1); \qquad 0.01(2); \qquad 0.05(3).$$

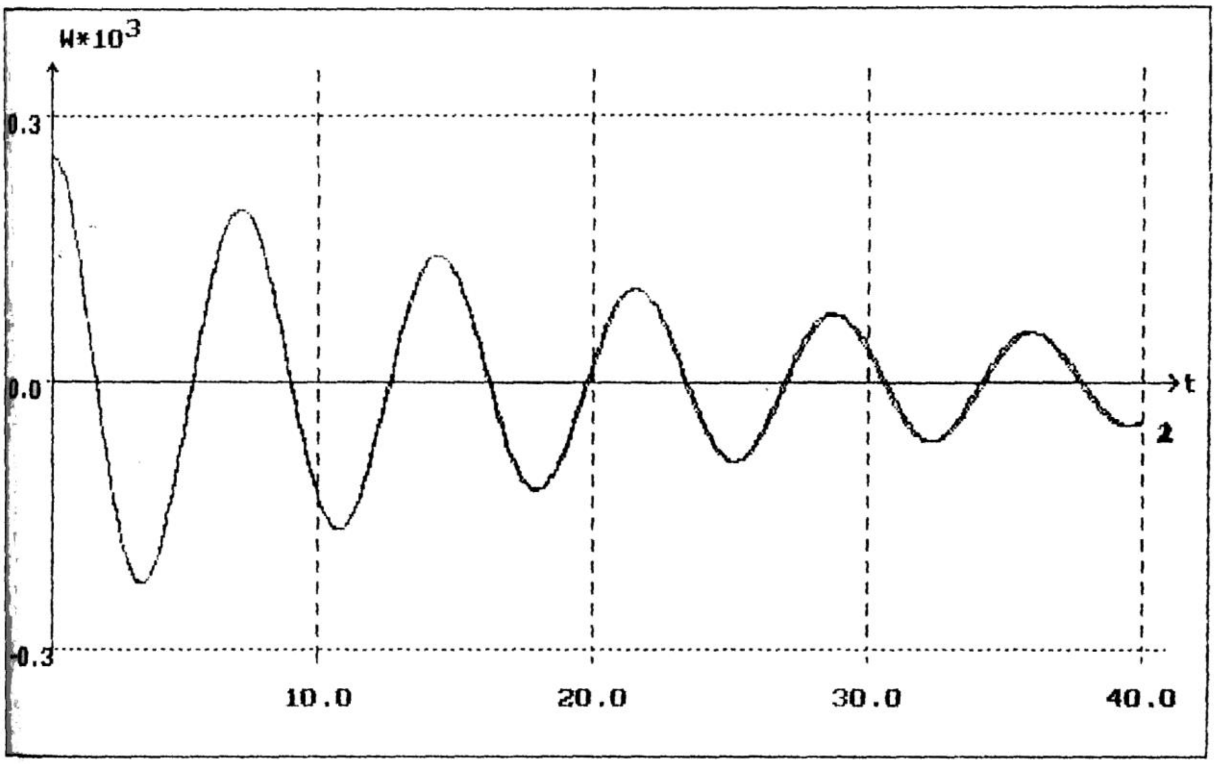


3.2.-расм
$$A = 0.01, \quad V = 0.25, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05.$$
$$\rho = 0.1(1); \qquad 0.6(2); \qquad 0.9(3).$$

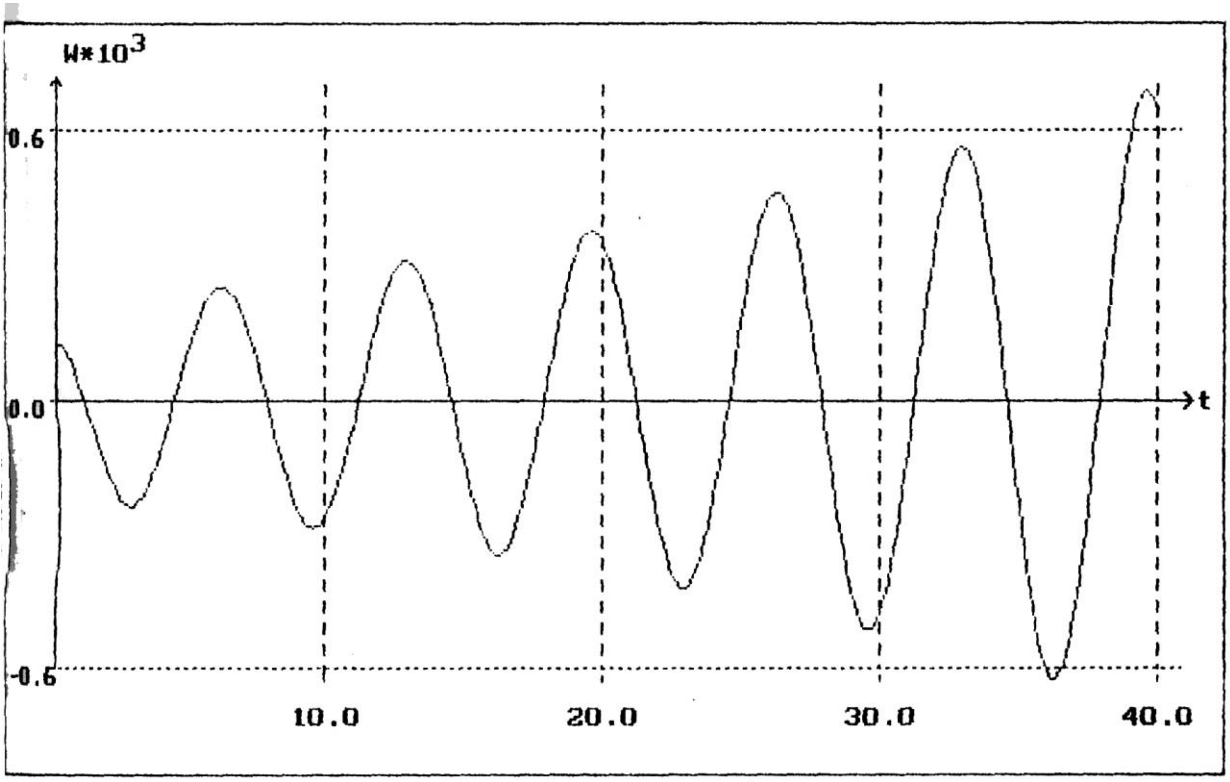


3.3.-расм $A = 0.01, \quad V = 0.5, \quad \rho = 0.25, \quad \beta = 0.05.$

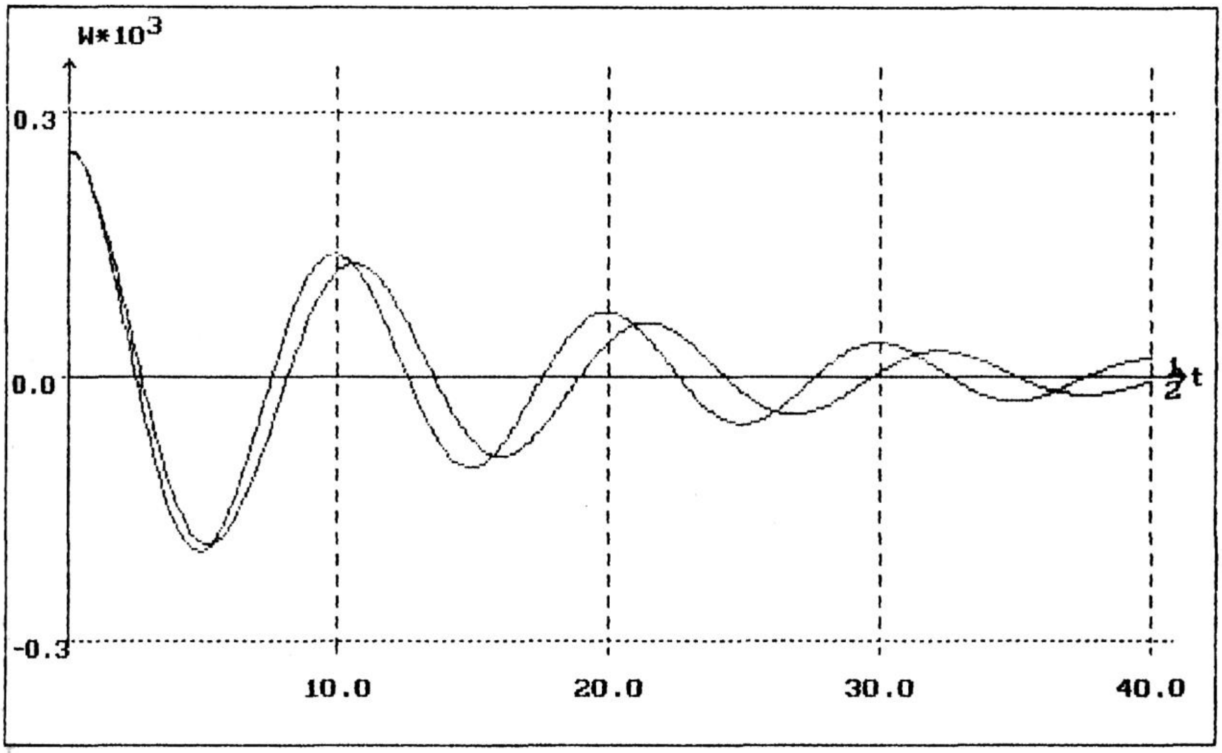
$\alpha = 0.1(1); \qquad 0.5(2); \qquad 0.9(3).$



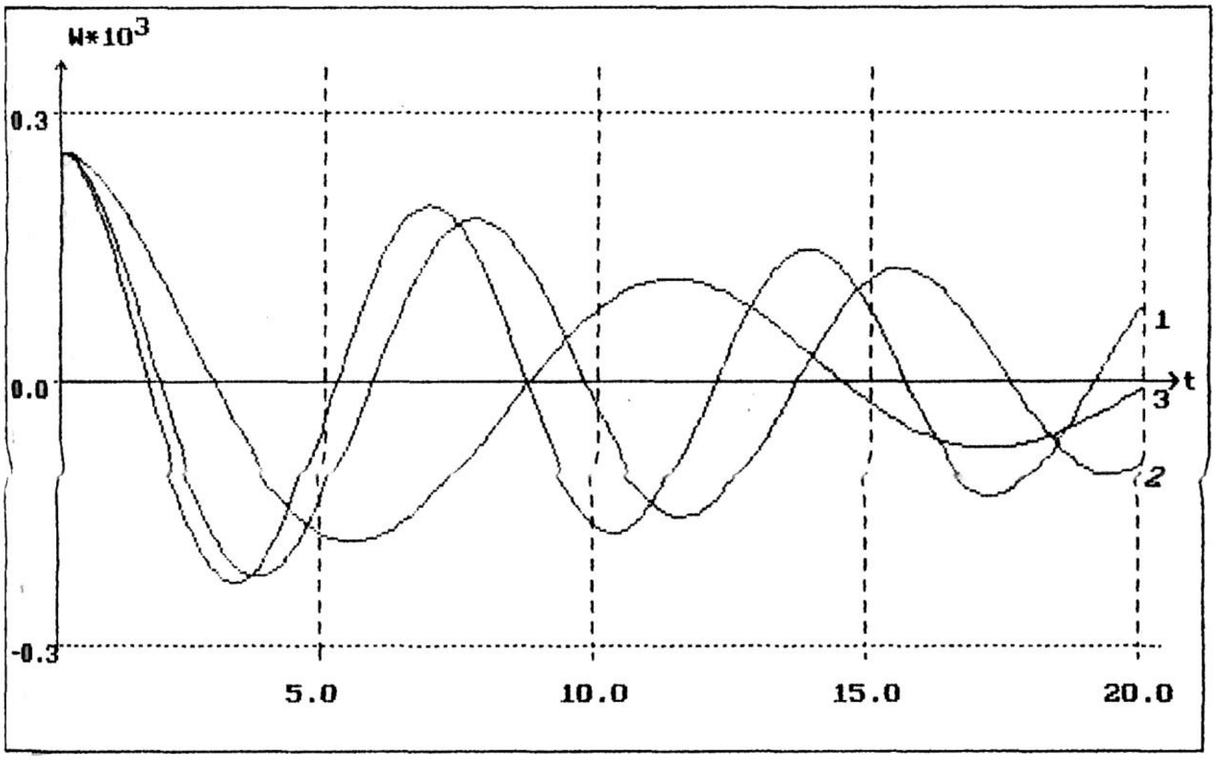
3.4.- расм $A = 0.01, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05, \quad \rho = 0.25.$



3.5.- расм $\upsilon \succ \upsilon_*$, $A = 0.01$, $\alpha = 0.25$, $\beta = 0.05$, $\rho = 0.25$.

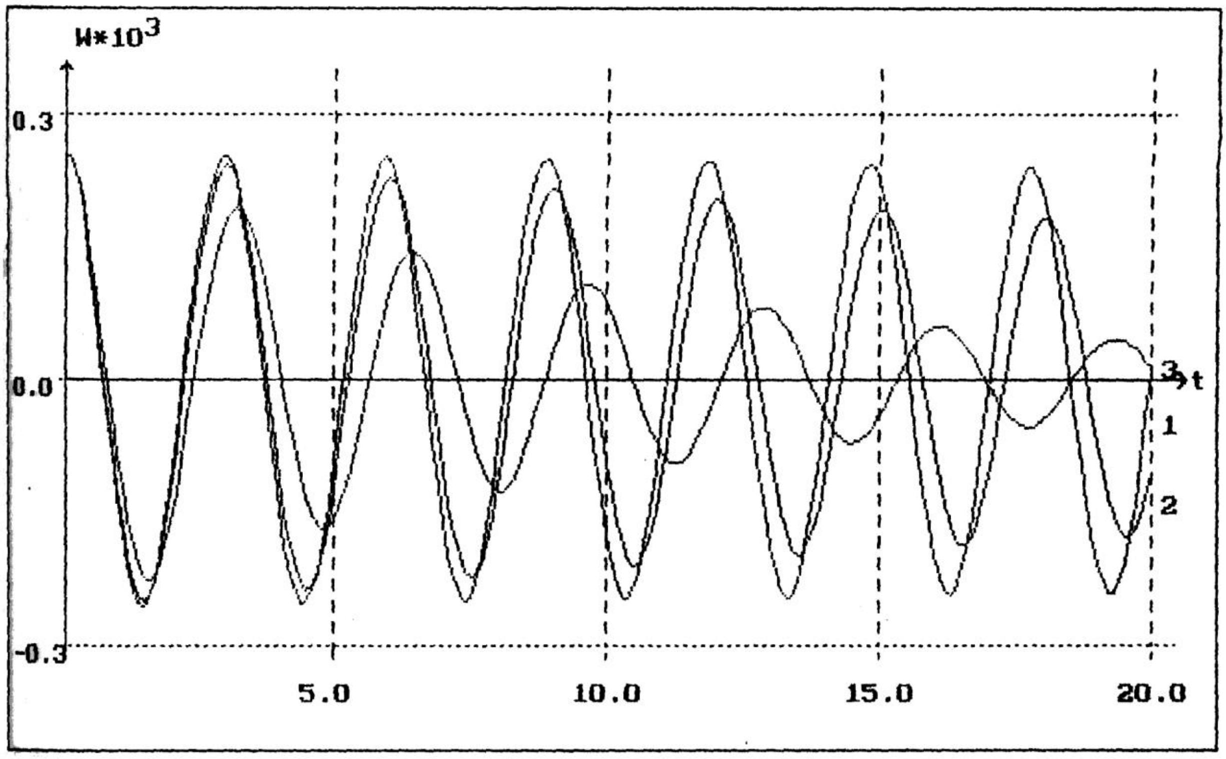


3.6.-расм $A = 0.01$, $\alpha = 0.25$, $\beta = 0.05$, $\rho = 0.25$.



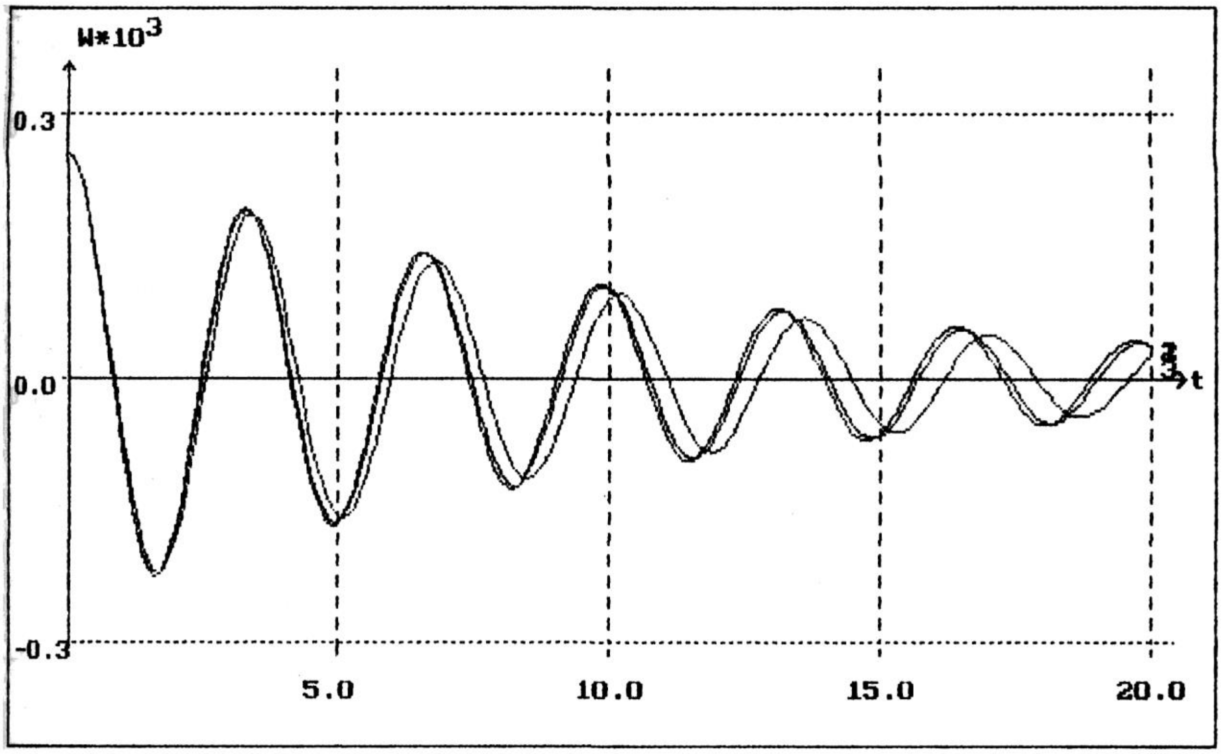
3.7.-расм $A = 0.01, \quad \rho = 0.25, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05.$

$V = 0.1(1); \qquad 0.4(2); \qquad 0.7(3).$



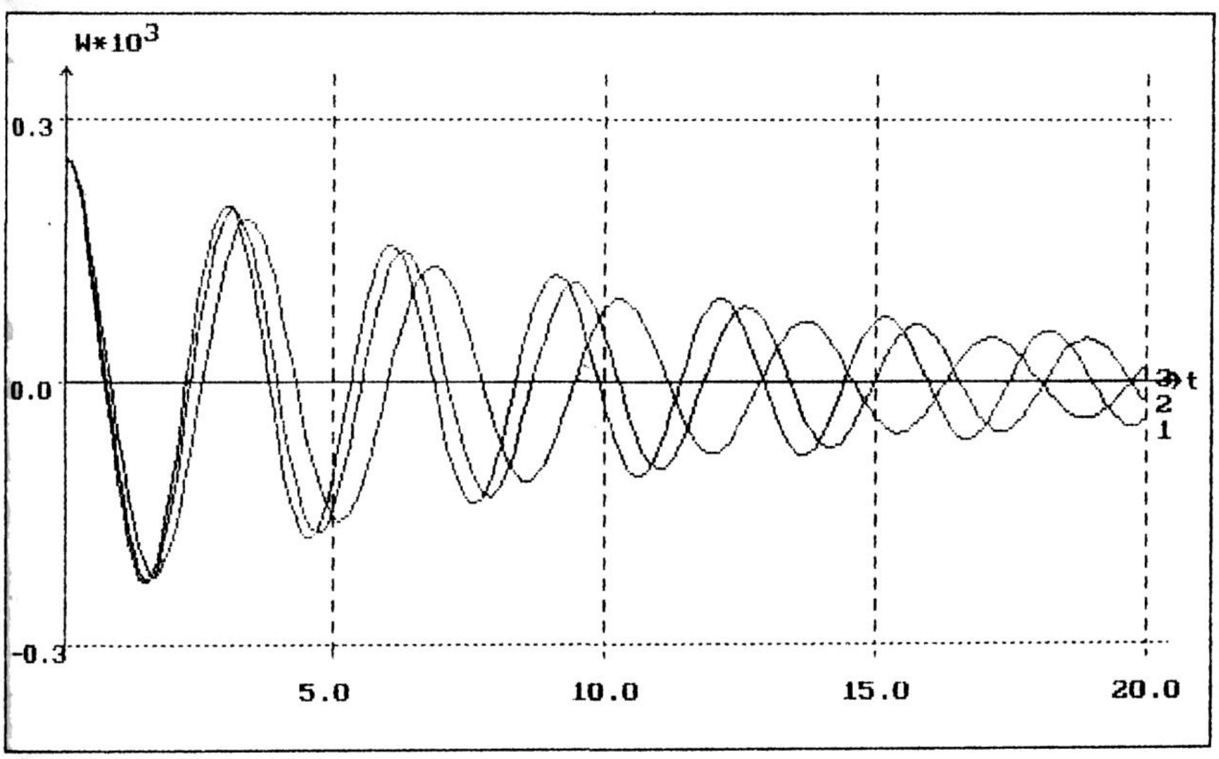
3.8.- расм $\rho = 0.25, \quad V = 0.5, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05.$

$A = 0(1); \qquad 0.01(2); \qquad 0.05(3).$



3.9.- расм $\quad A = 0.01, \quad V = 0.5, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05.$

$\rho = 0.1(1); \qquad 0.4(2); \qquad 0.9(3).$



3.10- расм $\quad A = 0.01, \quad \rho = 0.25, \quad \alpha = 0.25, \quad \beta = 0.05.$

$V = 0.25(1); \qquad 0.5(2); \qquad 0.8(3).$

Ўзгармас ва ўзгарувчан қалинликдаги қувур материалининг ёпишқоқ-эластиклик хусусиятини таъсири, яъни реологик катталик A, α, β, ρ, V ларнинг таъсири ўрганилди ва юқоридаги графиклар кўрсатилган. Натижалар шуни кўрсатдики материалнинг ёпишқоқэластик хусусияти элатик ва ёпишқоқэластик бошланич даврида бир-биридан жуда кичик миқдорда фарқ қилди, вақт ўтиши билан эса бир-биридан фарқи юқори, яъни A (3.1., 3.8-расм) параметрининг ошиб бориши, тебраниш амплитудасининг камайишига олиб келди. Параметр α- қийматини оширсак (3.2-расм), тебраниш амплитудасининг кўпайишига олиб келди.

ҲУЛОСА

Р. Якубованинг диссертация иши Ўзгарувчан ва ўзгармас диаметрли кувур тармоқларининг турғунлиги, яъни устиворлиги масаласининг ёпишқоқ-эластик хусусиятини, инерция кучини ва қувурдаги сув харакати давридаги босимини ҳисобга олган холда турғунлиги ўрганишга бағишланган.

Изланувчи томонидан олинган асосий натижалар. Кирхгофф-Ляв гипотезаси асосида қувурларни ер қимирлаши даврида, қувурлардан сув харакатланаётгандаги босимини ҳисобга олганда динамик масалаларнинг тенгламалари келтириб чиқилган. Бу масалаларни ўрганишга имкон берувчи тенгламалар эгилишнинг кўп хадли аппроксимациясига асосланган Бубнов-Галёркин усули ёрдамида оддий интегродифференциал тенгламалар системасига келтирилади. Интегродифференциал тенгламалар системасини ечиш учун, уч параметрли Ржаницын-Колтунов ядросини ҳисобга олиб, интеграл ва интегродифференциал тенгламаларни сингуляр ҳолатдан озод қилишга асосланган сонли усуллардан фойдаланилган. Бу усул ҳамда Гаусс усули асосида сонли ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Ишлаб чиқилган алгоритм асосида Турбо-Паскаль алгоритмик тилида амалий дастури ишлаб чиқилган, Pentium типидаги ШКда ҳисоблаш ишлари бажарилган.

Материалнинг ёпишқоқ-эластик хусусиятини, қувурда оқаётган сув таъсирини, реологик параметрларни ер қимирлаш давридаги амплитудага ҳамда частотасига таьсири таҳлил қилинган.

Олинган натижаларни ишончлилигини кўрилган масалаларнинг математик жиҳатдан коррект қўйилиши, деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси усулларидан аниқ фойдаланилиши, қурилган математик моделларни хусусий ҳолдаги моделлар билан мос тушиши, бошқа муаллифларни олган натижалари билан солиштирилиши таъминлайди.

Диссертация ишининг амалий аҳамияти. Ишлаб чиқилган алгоритм ва амалий программа интенсив динамик режимларда гидродинамик сув босимини, материалнинг ёпишқоқэластик хусусиятини ҳисобга олганда ишлаётган конструкцияларни, яъни газ таъминоти, иссиқлик таъминоти, иситиш тва вентиляция қувурларини лойиҳалаштиришда ишлатилиши мумкин. Шунингдек, диссертация ишида олинган натижалар барчаси ишлатилаётган горизантал ва вертикал қувурларнинг элементлари турғунлигини ўрганишда унинг динамик хусусиятларини тўла хисобга олиш имкониятини беради.

Чоп этилган мақолаларнинг

- Ўзгарувчан ва ўзгармас диаметрли кувур тармоқларининг турғунлиги. Наманган. НамМПИ. 2008 йил.
- Иссиқлик таъминоти қувурларининг лойиҳалашнинг самарадорлиги. Наманган. НамМПИ. 2009 йил.

Диссертация иши тугалланган илмий-тадқиқот иши бўлиб, Магистрлик диссертацияларига қўйиладиган талабларга жавоб беради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. И.А. Каримов. Жахон молиявий-иқтисодий инқирози, Ўзбекистон шароитида уни бартараф этишнинг йўллари ва чоралари. – Т: Ўзбекистон, 2009.-56б.
2. Мамлакатимизда модеренизация қилиш ва янгилашни изчил давом эттириш давр талаби. Президент Ислом Каримовнинг 2008 йилда мамлакатимизни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш якунлари ва 2009 йилга мўлжаланган иқтисодий дастурнинг энг мухим устувор йўналишларига бағишланган вазирлар маҳкамаси мажлисидаги маърузаси // Ҳалқ сўзи, 2009 йил 14 февраль.
3. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси мажлисининг Қарори. “2008 йилда Республикани ижтимой-иқдисодий ривожлантириш якунлари ва 2009 йилда иқдисодиётни барқарор ривожлантиришнинг энг муҳим устувор вазифалари тўғрисида”. 2009 йил 13 февраль.
4. И.А. Каримов. Юксак маънавият-енгилмас куч. И.Каримов –Т: “Маънавият” 2008-176 бет
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Қишлоқ тараққиёти ва фаровонлиги йили” Давлат дастури тўғрисидаги қарори // Қишлоқ ҳаёти, 2008 йил 6 декабрь
6. “Аҳолини тоза ичимлик суви ва табиий газ билан таъминлашни яхшилаш туғрисида” Ўзбекистон Республикаси Президенти Фармони. Тошкент, 1991.
7. “2009 йил - қишлоқ тараққиёти ва фаровонлиги йили” Ўзбекистон Республикаси давлат дастури. Тошкент. "Ўзбекистон", 2008.
8. Каримов И.А. Ўзбекистон XXI асрга интилмоқда. Тошкент. "Ўзбекистон", 1999.
9. Шаҳарсозлик меъёрлари ва қоидалари. Тошкент, Ўздаврхитекткўм. 1997.

10. Миллий истиқлол ғояси: асосий тушунча ва тамойиллар: Т.: «Ўзбекистон», 2000.
11. А.А.Ионин. Газоснабжение. М.:"Стройиздат",1989-413 стр.
12. Б. Рахмонов, М. Сиддиқов. Бинолар зилзилабардошлиги. Т.: "Фан ва технология" 2007 43 б.
13. Й. Эргашев. Инжинерлик геологияси ва гидрогеологияси. Т.: "Ўқитувчи" 1990 62 б.
14. ҚМҚ 2.04.08-96 Газ таъминоти Т.: Давархитектқурилишқум" Ўз.Р. 1996-64 бет
15. Коллектив. Сейсмическое микрорайонирование городов Ферганской долины. Т.: "Фан" УзССР, 1982.
16. Р. Айматов, С. Бобоев, Ж. Алибеков. Газ таъминоти. Ўқув қўлланма. Т.: Абу Али Ибн Сино номидаги тиббиёт нашриёти 2003-176 бет.
17. Хабилов Б.Иншоотлар динамикаси ва зилзилабардошлиги. Тошкент. «Ўқитувчи» ,1988 - 150 б.
18. Мартемьянов А. И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах. М.: «Стройиздат», 1985. -252 б.
19. Поляков С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М.: «Вқсшая школа» , 1983. - 303 б.
20. ҚМҚ 2.01.03-96. «Зилзилавий худудларда қурилиш» Қурилиш меъёрлари ва қоидалари. Ўздавлатархитектурақурилиш. -Т.: 1996.
21. Поляков В. С., Килимник Л. Ш.,Черкашин А. В. Современнўе методў сейсмозаҳитў зданий. -М.: «Стройиздат», 1988. -317 б.
22. Хожиев Н. Р., Раззақов С., Бозорбоев У. Бино ва иншоотлар зилзилабардошлиги фанидан курс ишини бажариш учун услубий қўлланма. Наманган, НСТИ, 1992. –30б.
23. Курмаев А. М. Сейсмостойкие конструкции зданий. Справочник. Кишинев. Картя Молдовеняскэ, 1989.-450 б.
24. Хачиян Э. Е., Амбарцумян В. А., Гороян А. Г., Мелкумян М. Г. Рекомендации по определению динамических характеристик и сейсмических нагрузок для зданиий и сооружений по акселерограммам землетрясений. Ереван, 1985. -110 б.
25. Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостоикости сложнқх систем подземнқх сооружений . Ташкент: Фан, 1973. -180бет.
26. Рашидов Т.Р., Хожиметов Г.Х., Мардонов Б. Колебаний сооружений взаимодействуюых с грунтом. – Ташкент: Фан, 1973.-180 бет
27. Юлдашев Ш.С. Распространение выбрации в грунтах от транспортных средств и виброзащитные системы дисс. на соискание учен. степен. докт. техн. наук. – Т. 1999.-30с.
28. Кириков Б. А. Древнейшие и новейшие сейсмостойкие конструкции. –М.: Наука, 1990. –70 б.

29. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. –М.: Изд. «Мир», 1989. –215 б.

30. Косимов А.Г. Применение пласстмасовых труб в системе канализации с учетом сейсмичности дисс. на соискание учен. степен. канд. техн. наук. – М. 1989.-22с.

31. Мартемьянов А. И. Восстановление и усиление зданий в сейсмических районах. –М.: «Наука», 1988. –140 б.

32. Предупреждение деформаций и аварий зданий и сооружений. Киев. «Будивельник», 1984. -118 б.

33. Мартемьянов А.И., Ширин В.В. Способы восстановления зданий и сооружений, поврежденных землетрясений. –М. Стройиздат, 1978. -204 с.

34. Абдукаримов Р.А., Эшматов Х., Бобоназаров Ш.П. О колебаниях и устойчивости вязкоупругой трубы, содержащей движущуюся жидкость в физически и геометрически нелинейной постановке //Актуальные проблемы прикладной механики.-ташкент: ТашХТИ-1995.-с. 87-89.

35. Абдукаримов Р.А., Бобоназаров Ш.П. Колебания и устойчивость вязкоупругой трубы, лежащей на вязкоупругом основании, с протекающей жидкостью //Тезисы докладов молодых ученых и специалистов, посвященных 660-летию Амира Темура. –Ташкент: ТашГУ. -1996. –с.89.

36. Эшматов Х., Абдукаримов Р.А., Бобоназаров Ш.П. Колебания и устойчивость вязкоупругой трубы с протекающей через нее жидкостью при различных граничных условиях //Узбекиский журнал «Проблемы механики».-1995. -№1.Т-С.20-24.

37. Бадалов Ф.Б., Эшматов Х., Юсупов М. О некоторых методах решения систем интегродифферециальных уравнений, встречающихся в задачах вязкоупругости //Прикладная математика и механи кА.-1987. Т.51.-№5.-С.867-871.

Иловалар