

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

МАМАТИСАЕВ ҒИЁСИДДИН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ЎЗARO ТАЪСИРИНИ ҲИСОБГА ОЛГАН
ҲОЛДА БИНО ҚУТИСИМОН КОНСТРУКЦИЯСИНИНГ ДИНАМИК
ҲИСОБЛАШ УСУЛИ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Маматисаев Гиёсиддин Илхомидинович

Элементларининг ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда бино кутисимон
конструкциясининг динамик ҳисоблаш усули.....3

Маматисаев Гиёсиддин Илхомидинович

Методика динамического расчета коробчатой конструкции зданий с учетом
взаимодействия их элементов23

Mamatisaev Giyosiddin Ilxomidinovich

Method of dynamic calculation of box design of buildings taking into account
interaction their elements.43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....46

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

МАМАТИСАЕВ ҒИЁСИДДИН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИНИ ҲИСОБГА ОЛГАН
ҲОЛДА БИНО ҚУТИСИМОН КОНСТРУКЦИЯСИНИНГ ДИНАМИК
ҲИСОБЛАШ УСУЛИ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон
Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида
B2018.2.PhD/T626 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (реюзме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.instmech.uz) ва «Ziyonet» ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Усаров Махаматали Корабоевич
физика-математика фанлари доктори, катта
илмий ходим

Расмий оппонентлар:

Абдусатторов Абдусамат
техника фанлари доктори, профессор

Худойназаров Хайрулла
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация химояси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «23» декабрь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33, 1 - мажлислар зали. Тел.: (99871) 262-71-52; факс: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси М.Т.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (4- рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33 уй.

Диссертация автореферати 2020 йил «10» декабрь куни тарқатилди.
(2020 йил «10» декабрдаги 1 рақамли реестр баённомаси).



М.М. Мирсаидов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор, ЎзР ФА академиги

А.М. Фатхуллоев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби в.в.б, т.ф.д., доцент.

Р.А. Абиров
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сейсмик мустаҳкамлик нуқтаи назаридан, энг зўр иншоотларни куришда уларнинг ишончилигини нафақат тузилма материалнинг мустаҳкамлиги, балки уларнинг шакли ва ўлчамлари ҳам таъминлайди. Бироқ, қатъий фазовий ҳолатга эга бино конструкциясининг сейсмик мустаҳкамликка динамик ҳисоблашда бино шаклини ҳисобга олиш қийинчилик келтириб чиқаради.

Кўплаб зилзилалар оқибатининг таҳлили биноларнинг зарарланиши, уларнинг режадаги тузилиши билан ўзаро боғлиқлигини кўрсатиш имконини берди: қанча режаси мураккаб бўлса, шунча бино ҳажмий бир бутунлигининг бузилиш эҳтимоли конструкцияларнинг чокларида ва уларнинг ўзаро боғланишида, энг аввало турли йўналишдаги деворлар бирлашган жойларда, яъни ички ва ташқи бурчаклар яқинида юқори бўлади. Бинонинг нотекис деформацияланишидаги шикастланиш сабаблари, буровчи тебранишнинг вужудга келиши, грунтли асоснинг нотекис чўкиши, режадаги симметриянинг йўқлиги, бинонинг баландлиги бўйича мунтазамликни бузилиши ва бошқаларга боғлиқ. Кўрсатилган сабабларнинг аксарияти бинонинг асосий ўқларига тўғри келмайдиган грунтнинг сейсмик ҳаракатлари пайтида биноларнинг фазовий иши билан боғлиқ ва шунинг учун мавжуд консолли ҳисоб моделлари доирасида ҳисобга олиш имкони йук, балки бинонинг фазовий моделлари доирасида олдиндан ташхисни айтиш мумкин. Шунинг учун, сеймик таъсирлар остида бинонинг фазовий ишини акс эттирувчи аниқ моделларни танлаш, ва уларнинг динамик ҳисоблаш услубини ишлаб чиқиш долзарб вазифа бўлиб қолмоқда ва курилиш механикасида иншоотлар назариясини ривожлатиришнинг кейинги босқичи ҳисобланади.

Зилзилабардошлик назариясининг долзарб масалаларидан бири боғланишлардаги узилиш таъсирини ҳисобга олиш, платинасимон элементларнинг ўзаро таъсирини, дераза ва эшиклар ўрнини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш.

2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...шаҳарларда энергия жихатдан самарадор арзон кўп квартирали уйларни куриш,.... реконструкция қилиш ва мавжудларини капитал таъмирлаш орқали аҳоли турмуш тарзини яхшилаш...»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан бино ва иншоотларни сейсмик таъсирларга ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, бино қутисимон модели асосида биноларни динамик характеристикаларини аниқлаш, бино ва иншоотларни кучланганлик-деформацияланган ҳолатини сонли ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2017 йил 1 июндаги ПФ-5066-сон «Фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва уларни бартараф этиш тизими самарадорлигини тубдан ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Фармонлари, 2017 йил 9 августдаги ПҚ-3190-сон «Ўзбекистон Республикаси ҳудуди ва аҳолисининг сейсмик хавфсизлиги, сейсмик чидамли қурилиш ва сейсмология соҳасида илмий тадқиқотлар ўтказишни янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарори, 2020 йил 30 июлдаги ПҚ-4794-сон «Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарори ва Вазирлар Маҳкамасининг 2007 йил 3 апрелдаги 71-сон «Фавқулодда ҳолатларни прогноз қилиш ва олдини олиш бўйича Давлат дастурини тасдиқлаш» тўғрисидаги Қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика, иншоотлар сейсמודинамикаси ва информатика» ва XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишларига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Қуйидаги маҳаллий олимларнинг ишлари ер ости ва ер усти иншоотларининг зилзилабордошлиги муаммоларига бағишланган:

М.Т.Ўразбоев, Т.Р.Рашидов, Т.Ш.Ширинқулов, Я.Н.Мубараков, М.М.Мирсаидов, К.С.Султанов, Г.Х.Хожметов, Р.Х.Мухутдинова, К.С.Абдурашидов, А.Абдусатторов, А.А.Ашрабов, Б.М.Мардонов, У.Ш.Шамсиев, Х.С.Сағдиев, И.С.Сафаров, И.Мирзаев, Х.Худайназаров, Т.З.Султанов, К.Д.Салямова, Б.Э.Хусанов, А.Б.Ахмедов, С.Ж.Раззақов, Р.А.Абдиқаримов, В.А.Кондратьев, М.К.Усаров, З.Р.Тешабаев, Д.Ф.Руми ва хорижий муаллифлар: К.С.Завриев, Я.М. Айзенберг П.П. Шагин, А.С. Калманка, А.Р. Ржаницын, Д.М. Подольского, В.И. Лишак, Т.Л. Чагуа, С.М. Сойбельман, Б.А. Косицин, И.И. Гольденблат, С.В. Поляков, И.Л. Корчинский, В.К. Егупов, Т.А. Командрина, Ш.Г. Напетваридзе, Г.Н. Кобидзе, М.А. Марджанишивили, А. А. Амосов, С. Б. Сеницын, S.M. Dickinson, G.V. Warburton, К.Н. Handa ва бошқалар.

Конструкцияларни ҳисоблашда юк таъсиридаги конструкцияларнинг деформациясида вужудга келувчи таъсирларни соддалаштирувчи, ҳисоблаш аниқлиги, мураккаблилиги ва қийинлиги нуқтаи назаридан ҳам амалий мақбул бўлган қандайдур турдаги ҳисоблашдан фойдаланилади. Биноларнинг консоль ҳисоблаш схемаларидан фарқли равишда, реал иншоотларга яқин бўлган такомиллаштирилган ҳисоблаш схемасига ўтиш зарур деб ҳисоблаймиз. Бундай зарурат, биноларнинг ҳисоблаш ва лойиҳалашдаги мавжуд усулларнинг бино қутисининг ўлчамларини, диафрагма ва томёпма элементларининг оптимал муносабатини аниқлаб бера олмаслиги сабабли келиб чиқади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Механика ва иншоотлар сейсмик мустақкамлиги институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-Ф8-Ф089 «Эластикликнинг учўлчовли динамик назарияси доирасида пластинасимон ва қобиксимон конструкцияларнинг ва ўзаро таъсирлашувчи муҳитларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ҳисоблашнинг назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2008–2011), ФА-А16-Ф042; ФА-А16-Ф036; ФА-А16-Ф046 «Динамик таъсирлар остида "тупроқ - иншоот" тизимини замонавий тадқиқот усуллариини ишлаб чиқиш, тупроқ тўғонларининг ишончилиги ва сейсмик чидамлилигини баҳолашнинг илмий ва амалий усули ҳамда ноэластик деформацияни ҳисобга олган ҳолда ёриқ материалларни ҳисоблаш усуллари» (2009–2011) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тузулмавий хусусиятларини, материалнинг геометрик ва механик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, динамик юк таъсирида бино қутисимон фазовий моделларининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини динамик ҳисоблаш ва баҳолаш алгоритминини ва услубини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот вазифаси

бинонинг фазовий деформациясини акс эттирувчи қутисимон конструкциянинг динамик моделини ишлаб чиқиш;

бино қутисимон конструкциясининг тузилмавий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, тебраниш масаласи кўйилишини шакллантириш;

қутисимон конструкциянинг пластинкасимон ва балкасимон элементларининг ўзаро бирлашган ҳудудларининг боғлиқлик шартларини ва асосдаги чегаравий шартларини шакллантириш;

дераза ўринларини ҳисобга олган ва олмаган ҳолда ва бинонинг қутисимон конструкциясининг эркин тебраниш масаласини ечиш;

бино қутисимон конструкциясининг хусусий частоталарини, шакллари ва тебраниш даврларини аниқлаш;

дераза ўринларини ҳисобга олган ва олмаган ҳолда бино қутисимон конструкциясининг мажбурий тебранишининг стационар масаласини ечиш;

дераза ўринларини ҳисобга олган ва олмаган ҳолда бино қутисимон конструкциясининг мажбурий тебранишининг ностационар масаласини ечиш;

эгилишга ишловчи пластинасимон ва балкасимон элементларнинг максимал кўчиш қийматларини аниқлаш;

чекли айрималар усули асосида қутисимон бино элементларининг кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини динамик ҳисоблаш услуби, алгоритми ва дастурини ишлаб чиқиш;

пластинасимон элементлар учун эгувчи момент ва кесувчи кучнинг максимал қийматларини ҳисоблаш услубини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти бино қутисимон конструкциясининг динамик модели ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети – бинолар конструкциясининг қутисимон моделини ва қутисимон конструкцияли бино ва иншоотларнинг динамик хусусиятларини, кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатининг тадқиқот усулини такомиллаштириш.

Тадқиқот услуги. Тадқиқот жараёнида деформацияланувчи қаттиқ жисм механикаси, юпқа пластиналарнинг тебраниш ва эгилиш назарияси усули, қурилиш механикаси, математик моделлаштириш, алгоритмлаш, сейсмик тебранишлар назарияси услуги, динамик тавсифларни ҳисоблаш учун чекли айрималар усули, сонли эксперимент усулларидадан фойдаланилади.

Диссертация ишининг илмий янгилиги қуйидагиларни ўз ичига олади:

балка ва пластинасимон элементларининг хавфли кесимларини аниқлаш имконини берувчи ва уларнинг ўзаро боғлиқлик шартларини тўлалигича ҳисобга олувчи бино конструкциясининг қутисимон динамик модели такомиллаштирилган;

динамик таъсирлар остида пластинасимон ва балка элементларидаги, ҳамда уларнинг боғланиш чокларидаги кўчиш ва кучланишларининг тақсимланиш қонуни ва максимал қийматларини аниқлаш имконини берувчи бино қутисимон конструкциясининг эркин ва мажбурий тебранишлари масалалари шакллантирилган ва ечиш усуллари ишлаб чиқилган;

сейсмик таъсирлар натижасида бино қутисимон конструкциясининг ташқи пластинасимон элементларининг кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини сонли динамик ҳисоблаш услуги ва дастурлари ишлаб чиқилган;

сейсмик таъсирлар натижасида бино қутисимон конструкцияси ички пластинасимон элементларининг кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини сонли динамик ҳисоблаш услуги ва дастурлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагиларни ўз ичига олади:

пластинасимон ва балка элементларининг тузилмавий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда сейсмик таъсирлар остидаги бино қутисимон конструкцияси динамик моделининг ҳисоблаш усули ишлаб чиқилди;

сейсмик таъсирлар остида бино қутисимон конструкциясининг эркин ва мажбурий тебраниш масалаларини ечишнинг сонли усули ишлаб чиқилди;

динамик таъсирлар остида пластинасимон ва балка элементларининг кўчиш ва кучланишларининг максимал қийматларини аниқлаш имконини берувчи ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган(гувоҳнома № DGU 07342);

сейсмик таъсирлар остида бино қутисимон конструкциясининг ички, ташқи пластинасимон элементларининг бирлашган ҳудуларининг кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш имконини берувчи ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган (гувоҳнома № DGU 07235).

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги эластиклик назарияси ва деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг умумий қабул қилинган тадқиқот усуллари ҳамда бино ва иншоотларни ҳисоблашнинг қутисимон моделларидан фойдаланиб тадқиқотлар ўтказган бошқа тадқиқотчилар натижаларига мос тушиши ва амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳлаган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Ўтказилган тадқиқотнинг илмий аҳамияти биноларнинг қутисимон конструкцияли моделини такомиллаштиришдан иборат бўлиб, унинг асосида сейсмик таъсирлар остида бино элементларининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли фазовий ҳисоблаш ва баҳолаш усуллари ишлаб чиқилган. Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, қутисимон конструкцияларни сейсмик таъсирлар остида динамик ҳисоблаш усуллари, ташқи ва ички пластинкасимон элементларининг кучланганлик -деформацияланганлик ҳолати ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Бино конструкциясининг қутисимон динамик моделидан фойдаланиб иншоотларнинг фазовий ҳисоблашнинг ишлаб чиқилган динамик усуллари тадқиқотлари бўйича олинган илмий натижалар асосида қуйидаги асосларга эришилди:

сейсмик юкламалар таъсиридаги биноларнинг қутисимон конструкцияларининг хавфли зоналарини аниқлаш учун ҳисоблаш услуги **ООО «NURAFSHON ELEKTR SERVIS** да Андижон шаҳри, Ғайрат кўчасида жойлашган “5 қаватли, 1 қавати савдо-майиший хизмат, 2-3-4-5 қаватлари яшаш хоналаридан иборат уй қурилиши” объект конструкцияларининг динамик ҳисоблаш жараёнига жорий этилган (*Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 мартдаги 2352/09-07-сонли амалиётга тадбиқ этиш бўйича маълумотномаси*). Натижада бино конструкциясининг ишончилигини 15–20% га ошириб, бинонинг зилзилабардошлигини таъминлаш имконини берган;

бино конструкциясининг қутисимон динамик модели асосидаги ҳисоблаш услуги “Фарғона вилояти қурилиш бошқармаси” нинг Фарғона вилояти, Фарғона шаҳри Аэропорт кўчасидаги “9 қаватли уй қурилиши” объектида бинонинг сейсмик таъсирларга ҳисоблашга жорий қилинган (*Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020 йил 12 мартдаги 2352/09-07-сонли амалиётга тадбиқ этиш бўйича маълумотномаси*). Натижада ҳисоблаш жараёнига сарфланадиган вақтни 1,2 баробар қисқартириш имконини берган;

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 6 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 22 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан, 6 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

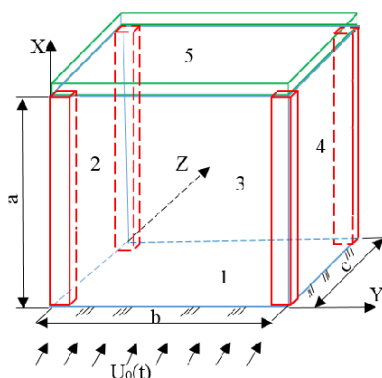
Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 110 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифаси келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари шакллантирилган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти ва уларни амалиётга жорий қилиш баён қилинган, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Бино ва иншоотларни сейсмик мустаҳкамликка ҳисоблаш бўйича илмий ишлар шарҳи ва таҳлили**» деб номланган биринчи бобида сейсмик кучлар таъсирида бино ва иншоотларнинг турли схемалардан фойдаланиб динамик ҳисоблашга ва фазовий моделларини ишлаб чиқишга бағишланган мавжуд илмий ишларнинг шарҳи келтирилган.

Диссертациянинг «**Динамик таъсирлар остида бино қутисимон конструкциясининг тебраниш масаласининг қўйилиши**» – деб номланган иккинчи бобида балкасимон ва тўғрибурчак пластинасимон элементлардан ташкил топган фазовий бино қутисининг (1-расм) динамик ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган.



1-расм. Биноларнинг фазовий қутиси

Бинонинг фазовий қутисимон конструкциясининг пластинкасимон элементлари учун қуйидаги белгилашларни киритамиз (1-расмга қаранг).

b , E_b , ν_b , ρ_b ва h_b – мос равишда 1 ва 3 пластинкасимон элементларнинг эни, эластиклик модули, Пуассон коэффициенти, зичлиги ва қалинлиги;
 c , E_c , ν_c , ρ_c ва h_c –мос равишда 2 ва 4 пластинкасимон элементларнинг эни, эластиклик модули, Пуассон коэффициенти, зичлиги ва қалинлиги;

Барча балка элементлари бир хил материалга, кўндаланг кесими ўлчами h_c , h_b тўғрибурчак кесимга, бир хил эластиклик ва силжиш модулларига E ва G , Пуассон коэффициентига ν , зичликка ρ эга. Балка кесимининг эгилиш ва буралишдаги инерция моментлари J ва $I_{кр}$.

Қути остки қисмининг кўчиш қонунини $U_0(t)$ қуйидаги кўринишда қабул қилган

$$U_0(t) = A_0 \sin(\omega_0 t), \quad (1)$$

бу ерда A_0 , ω_0 – мос равишда ташқи таъсирнинг амплитуда ва частотаси.

Бино қутисимон конструкциясининг ҳар бир платинкасимон ва балка элементлари учун ҳаракат тенгламалари тузилди. Платинкасимон элементларнинг ҳаракат тенгламаларини қуришда уларни Кирхгофф-Ляв гипотезасига бўйсунувчи эгилювчан юпқа пластина деб, балкалар эса эгилади ва буралади деб тасвирланган.

Бино қутисининг умумий кинематик ҳаракат қонуни асоснинг кўчиши $U_0(t)$ ҳамда пластинасимон ва балка элементларидаги нисбий кўчишлар функцияларининг йиғиндиси кўринишида акс эттирилган:

$$u_1 = U_0(t) + u(x, z, t), \quad (2)$$

$$u_2 = v(x, z, t), \quad (3)$$

$$u_3(x, y, t) = U_0(t) + W(x, y, t), u_3^{(i)}(x, t) = U_0(t) + W^{(i)}(x, t), \quad (4)$$

бу ерда $W(x, y, t)$ ва $W^{(i)}(x, t)$ - эгилишга ишловчи платинкасимон ва балка элементларининг эгилиши, $u(x, z, t)$, $v(x, z, t)$ - силжишга ишловчи платинкасимон элементларнинг OZ ва OX ўқлари бўйича нисбий кўчишлари, i - балка рақамлари (*I, II, III, IV*).

Бўйлама пластинасимон элементлар 1 ва 3 (1-расмга қаранг) эгилишга, шунингдек, ички кўндаланг пластинасимон элементлар 2 ва 4 (1-расмга қаранг) чўзилишга, сиқилишга ва фақат вертикал текислиги бўйича силжишга ишлайди деб фараз қилинган. Ушбу фаразга кўра (4) ифодани ҳисобга олиб эгилишга ишловчи пластинасимон элементларининг ҳаракат тенгламаси, ҳамда (2) ва (3) ифодаларни ҳисобга олиб силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг икки ўлчовли ҳаракат тенгламалари қуйидаги кўринишда ёзилган:

$$D\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}\right) + \rho h_b \ddot{W} = -\rho h_b \ddot{U}_0, \quad (5)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right) - \rho h_c \ddot{u} = +\rho h_c \ddot{U}_0, \quad (6)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) - \rho h_c \ddot{v} = 0,$$

бу ерда: $D = Eh^3_b/12(1-\nu^2)$ – пластинасимон элементларнинг кўндаланг эгилишдаги цилиндрик бикирлиги; $B = Eh_c/(1-\nu^2)$ – пластинасимон элементларнинг чўзилиш ва сиқилишдаги цилиндрик бикирлиги.

Эгилишга ва буралишга ишловчи балкаларнинг ҳаракат тенгламалари қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{\partial M^{(i)}}{\partial x} - Q^{(i)} + \frac{h_b}{2} P_{zx}^c = 0, \quad (7,a)$$

$$\frac{\partial Q^{(i)}}{\partial x} + \rho F \ddot{W}^{(i)} = R_y^b - P_z^c - \rho F \ddot{U}_0, \quad (7,b)$$

$$\frac{\partial M_{kr}^{(i)}}{\partial x} = \rho I_{kp} \ddot{\alpha}^{(i)} + M_{yy}^b + \frac{h_c}{2} \cdot R_y^b. \quad (7,b)$$

бу ерда $M_{kr}^{(i)} = GI_{kp} \frac{\partial \alpha^{(i)}}{\partial x}$, $M^{(i)} = EJ \frac{\partial^2 W^{(i)}}{\partial x^2}$ - балкаларнинг буровчи ва эгувчи

моментлари, $Q^{(i)} = EJ \frac{\partial^3 W^{(i)}}{\partial x^3}$ - балкаларнинг кесувчи кучлари,

$$R_y^b = (R_y)_{y=b_i} = -D \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + (2 - \nu_b) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right]_{y=b_i} \quad \text{ва} \quad P_z^c = B \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \nu_c \frac{\partial v}{\partial x} \right)_{z=c_i},$$

$P_{xz}^c = \frac{B(1 - \nu_c)}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)_{z=c_i}$ - балка билан эгилишга ва силжишга ишловчи

пластинасимон элементлар орасида пайдо бўладиган реактив, бўйлама ва

уринма кучлар, $\alpha^{(i)}$ - балканинг буралиш бурчаги, $M_{yy}^b = -D \left(\nu_b \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)_{y=b_i}$ -

эгувчи момент; GI_{kp} - балканинг буралишдаги бикирлиги, EJ - балканинг эгилишдаги бикирлиги, b_i и c_i - балканинг мос координаталари.

Эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг юқори нуқталарининг кўчишини куйидагича белгилаймиз

$$W_a(y, t) = W(a, y, t), \quad u_a(y, t) = u(a, z, t), \quad v_a(z, t) = v(a, z, t).$$

бу ерда $W_a(y, t)$ ва $u_a(z, t)$, $v_a(z, t)$ - эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг юқори нуқталарининг кўчиши.

Томёпманинг ҳаракат тенгламаси куйидаги ифода асосида қурилган.

$$\begin{aligned} u_n(z, y, t) &= W_a(y, t) + u_a(z, t) - W^{(i)}(x, t), \\ v_n(z, y, t) &= v_a(z, t), \end{aligned} \quad (8)$$

бу ерда $u_n(z, y, t)$, $v_n(z, y, t)$ - томёпма нуқталарининг горизонтал ва вертикал кўчишлари,

Бино қутиси элементларининг ўзаро боғланиш шартлари ва уларнинг юқори ва остки қисмларидаги чегаравий шартлар келтирилган. Пластинкасимон ва балка элементларининг ўзаро вертикал кесимларидаги кинематик боғланиш шартлари куйидаги кўринишда берилган

$$\begin{aligned} u(x, z, t)_{z=c_i} &= W^{(i)}(x, t), \quad v(x, z, t)_{z=c_i} = \pm \frac{h_b}{2} \frac{\partial W^{(i)}(x, t)}{\partial x}, \\ W(x, y, t)_{y=b_i} &= W^{(i)}(x, t), \quad \left(\frac{\partial W(x, y, t)}{\partial y} \right)_{y=b_i} = -\alpha^{(i)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Кўндаланг ва бўйлама пластинасимон элементларнинг ўзаро боғланиш шартлари сифатида балкаларнинг эгилиш ва буралишдаги тебраниш (7) ҳаракат тенгламалари қабул қилинган.

Эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементлар ва томёпма орасидаги боғланиш шартлари, уринма ва нормал кучланишларга нисбатан куйидаги кўринишда ёзилган

$$\begin{aligned} -R_x^a + \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{W}_a &= h_b h_n \frac{\partial \tau_{zy}^n}{\partial y} - \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{U}_0, \quad M_{xx}^a = 0, \\ M^{(i)} &= 0, \quad -Q^{(i)} + \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{W}^{(i)} = -\eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{U}_0, \quad M_{kr}^{(i)} = 0. \end{aligned} \quad (10, a)$$

$$\begin{aligned}
- ch_c \tau_{zx}^c + m_{nc} \ddot{u}_{n,\kappa} &= ch_c h_n \frac{\partial \sigma_{zz}^n}{\partial z} - m_{nc} \ddot{U}_0, \\
- ch_c \sigma_{xx} + m_{nc} \ddot{v}_{n,\kappa} &= ch_c h_n \frac{\partial \sigma_{zx}^n}{\partial z}.
\end{aligned}
\tag{10,б}$$

бу ерда $R_x^a = (R_x)_{x=a} = - \left[D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + (2 - \nu_b) \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) \right]_{x=a}$, $\eta_0 = \frac{bc}{2(bh_b + ch_c)}$,

$$\sigma_{zz}^n = E_n \left[\frac{\partial u}{\partial z} \right]_{x=a}, \quad \sigma_{zx}^n = G_n \left[\frac{\partial v}{\partial z} \right]_{x=a}, \quad G_n = \frac{E_n}{2(1 + \nu_n)}, \quad \sigma_{xx}^c = E_c \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \nu_c \frac{\partial u}{\partial z} \right]_{x=a},$$

$$\tau_{zy}^n = G \frac{\partial W}{\partial y}, \quad \tau_{zx}^c = G_c \left[\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial x} \right]_{x=a},$$

E_n – томёпманинг эластиклик модули; G_n – томёпманинг силжиш модули, ν_n – томёпманинг Пуассон коэффиценти; ρ_n – томёпма зичлиги; h_n – томёпманинг қалинлиги.

Бино қутисининг остки қисмида ($x=0$) чегаравий шартлар харакатланувчи кистириб маҳкамланган балка каби ёзилган, яъни бино қутисининг остки қисми буралмайди ва берилган қонуният (1) бўйича кўчади

$$u_1(x, z, t) = u_3(x, y, t) = u_3^{(i)}(x, t) = U_0(t), \quad u_2(x, z, t) = 0 \tag{11}$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0. \tag{12}$$

Диссертацияда чекли айирмалар усулини қўллаш асосида бино қутисимон конструкцияси элементларининг кучланганлик - деформация ҳолатининг динамик масалаларини сонли ечиш усуллари ишлаб чиқилган. Фазовий координаталар бўйлаб кўчишлар ҳосилаларини аппроксимацияси ифодалари учун марказий айирмалар схемаларининг формулаларидан фойдаланилган.

Диссертациянинг – **“Бинонинг фазовий қутисимон конструкциясининг тебраниши”** деб номланган учинчи бобида бино қутисимон конструкциясининг дераза ўринларини ҳисобга олиб ва ҳисобга олмасдан эркин ва мажбурий тебраниш масаласи келтирилган.

Чегаравий шартларни қаноатлантирувчи қутисимон конструкциясининг харакат тенгламалар тизимининг умумий ечими n - ўлчовли вектор кўринишида тақдим этилган:

$$\vec{q} = \vec{q}(x, y) \sin(pt), \tag{13}$$

бу ерда: \vec{q} – n компонентли $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ кўчиш вектори, p – эркин тебранишларнинг асосий частотаси.

Тўрлар усулини қўллаш асосида номаълум функцияларнинг кўчишини топамиз

$$q_i = \lambda_i \sin(pt), \tag{14}$$

бу ерда: λ_i – бино қутиси нукталарининг эркин тебранишлари амплитудаси бўлиб, қуйидаги бир жинсли тенгламалар системасидан аниқланади:

$$\sum_{k=1}^N (a_{i,k} \lambda_k - p^2 \lambda_k) = 0. \tag{15}$$

(15) тенгламалар системаси ечимининг мавжудлик шarti куйидаги частота тенгламасининг бажарилиши билан қаноатлантирилади:

$$|a_{i,k} - p^2| = 0. \quad (16)$$

Бино қутиси балка ва пластинасимон элементларининг тугун нуқталари сони (15) тенгламалар системаси тартибига тенг.

Кўндаланг ва бўйлама пластинасимон элементларнинг фазовий ишида бино қутисининг эркин тебраниш масаласининг назарий ечими келтирилган.

Пластинасимон ва балка элементларининг ҳаракат тенгламаларидан (5)-(7), куйидаги фараз $U_0(t)=0$ орқали пластинасимон элементлари нуқталарининг кинематик кўчиш қонуни куйдагича ёзилган

$$u_3 = W(x, y, t), u_3^{(i)} = W^{(i)}(x, t), u_1 = u(x, z, t), u_2 = v(x, z, t). \quad (17)$$

Эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг эгилиш ва кўчиш функциялари куйидаги кўринишда тақдим этилган

$$W = W(x, y) \sin(pt), u = u(x, y) \sin(pt), v = v(x, y) \sin(pt), \quad (18)$$

бу ерда p - хусусий тебранишларнинг асосий частотаси.

Балкаларнинг кўчиш ва буралиш бурчаги функциялари куйидагича тақдим этилган

$$W^{(i)} = W^{(i)}(x, y) \sin(pt), \alpha^{(i)} = \alpha^{(i)}(x, y) \sin(pt), \quad (19)$$

Олинган сонли натижаларни бошқа муаллифларнинг ҳисоб натижалари билан солиштириш учун У.Ш.Шамсиевнинг ишларида келтирилган қутисимон конструкциянинг куйидаги дастлабки маълумотлари учун ҳисоблар кўрилган: Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлар (1-расмга қаранг, 1 ва 3) бир хил эластик тавсифга эга: эластиклик модули $E=7500$ МПа; зичлиги $\rho=1.2$ т/м³; Пуассон коэффиценти $\nu =0.25$. Силжишга ишловчи пластинасимон элементлар учун (1-расмга қаранг, 2 ва 4): эластиклик модули $E=20000$ МПа, зичлиги $\rho =2.5$ т/м³, Пуассон коэффиценти $\nu =0.25$. Геометрик ўлчамлар сифатида куйидагилар берилган: эгилишга ишловчи 1 ва 3 пластинасимон элементларнинг қалинлиги, $h_b=0.28$ м, баландлиги $a=3$ м ва узунлиги $b=4$ м, 2 ва 4 пластинасимон элементларнинг қалинлиги $h_c=0.12$ м; узунлиги $c=5$ м.

Диссертант ва У.Ш.Шамсиев томонидан олинган сонли натижалар шуни кўрсатдики. Диссертация ҳисобларидан олинган биринчи хусусий частота У.Ш.Шамсиевнинг илмий ишлари кўрсаткичларига солиштирилганда 15% га кўп (1-жадвал).

1-жадвал.

Бино қутисининг хусусий тебраниш частотаси ва даври қийматлари

Диссертациянинг натижалари		У.Ш.Шамсиевнинг монография натижалари	
хусусий частота, рад/с	давр, с	хусусий частота, рад/с	давр, с
$p_1=483.41$	$T_1=0.0130$	$p_1=429.31$	$T_1=0.0146$
$p_2=519.66$	$T_2=0.0121$	$p_2=2181.95$	$T_2=0.0028$
$p_3=613.18$	$T_3=0.0102$	$p_3=4835.775$	$T_3=0.0013$
$p_4=626.18$	$T_4=0.0100$	$p_4=8689.91$	$T_4=0.0007$

Диссертация ҳисобларидаги қолган хусусий частоталар, У.Ш.Шамсиевнинг илмий ишларидаги қийматлардан кам. Бу шуни англатадики У.Ш.Шамсиевнинг илмий ишларида бино қутисимон конструкцияси элементларининг боғланиш шартлари тўлиқ ҳисобга олинмаган.

Динамик таъсирлар бинонинг фазовий қутисининг мажбурий тебраниш масаласини кўрамиз.

(2), (3) ва (4) функциялар асосида пластинкасимон ва балка элементлари кўчишининг кинематик қонунларини қайта ёзамиз.

$$u_3(x, y, t) = A_0 \sin \omega_0 t + W(x, y, t), \quad u_3^{(i)}(x, t) = A_0 \sin \omega_0 t + W^{(i)}(x, t), \quad (20, a)$$

$$u_1(x, z, t) = A_0 \sin \omega_0 t + u(x, z, t), \quad u_2(x, z, t) = v(x, z, t). \quad (20, b)$$

Эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг ҳаракат тенгламалари (5) ва (6) ҳисобга олиб қуйидагича ёзилган:

$$D\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}\right) + \rho h_b \ddot{W} = \rho h_b A_0 \omega_0^2 \sin \omega_0 t. \quad (21)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right) = \rho h_c \ddot{u} - \rho h_c A_0 \omega_0^2 \sin \omega_0 t, \quad (22)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) = \rho h_c \ddot{v}.$$

Чегаравий шартлар (11) ва (12) $x=0$ бўлганда (20) ҳисобга олиб қуйидаги кўринишда ёзилган:

$$W = W^{(i)} = u = U_0(t), \quad (23, a)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad v = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0. \quad (23, b)$$

Юқори қисмнинг $x=a$ чегаравий шартлари (10, a) – (10, б) кўринишга эга.

Масаланинг умумий ечиш услубётига асосан (21) – (22) ҳаракат тенгламалари ечими (10) ва (23) чегаравий шартларни қаноатлантирувчи вектор кўринишида тақдим этилган:

$$\vec{q} = \vec{q}(x, y) \sin(\omega_0 t), \quad (24)$$

бу ерда \vec{q} – кўчиш вектори, ўн тўртта компонент ёрдамида аниқланади.

Чекли айрималар усулини қўллаш асосида кўчишнинг номаълум функциялари топилган:

$$q_i = \lambda_i \sin(\omega_0 t), \quad (25)$$

бу ерда λ_i – q_i функциянинг максимал қиймати, уни кейинги тенгламалар тизимидан аниқланади:

$$\sum_{k=1}^N (a_{i,k} \lambda_k - p^2 \lambda_k) = b_i. \quad (26)$$

Мавжудлик назариясига асосан, чизиқли тенгламалар тизими (24) ечимини унинг аниқловчисининг қиймати нолга тенг эмаслиги таъминлайди.

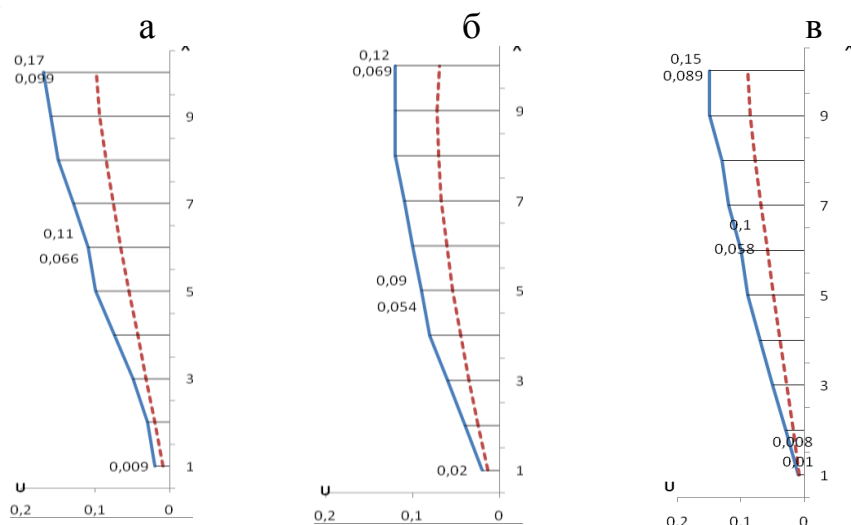
$$|a_{i,k} - p^2| \neq 0. \quad (27)$$

Дастлабки маълумотлар сифатида қуйидаги кўрсаткичлар берилган:

Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлар 1 ва 3 учун қалинлик $h_b=0.5$ м баландлик $a=3.25$ м ва узунлик $b=6$ м, зичлик $\rho=2.5$ т/м³, эластиклик модули $E_b=20000$ МПа, силжига ишловчи пластинасимон элементлар 2 ва 4 учун қалинлик $h_c=0.25$ м, баландлик $a=3.25$ м, узунлик $c=6$ м, зичлик $\rho=2.5$ т/м³, эластиклик модули $E_b=7500$ МПа, пластинасимон элементлар материалининг Пуассон коэффиценти $\nu=0.25$ тенг. Ҳисобларда ташқи таъсирнинг частота қиймати $\omega_0=81.034$ рад/с тенг.

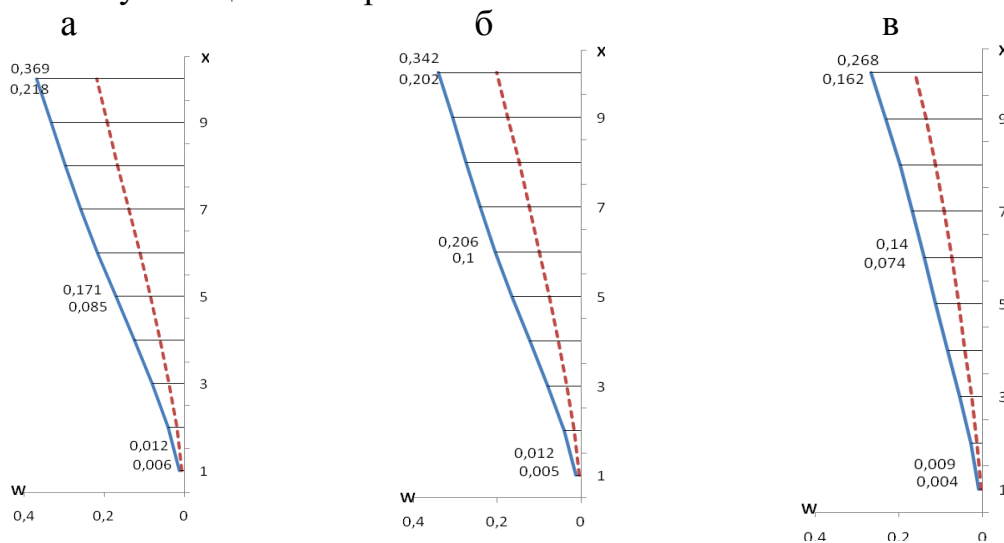
Қуйида ташқи таъсирлар остида балка ва пластинасимон элементларнинг кўчиш ҳисоблари келтирилган.

Эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг учта аҳамиятли кесимларида ўлчовсиз максимал горизонтал кўчишлар $u(x,z)/A_0$ ва эгилишларнинг $W(x,y)/A_0$ вертикал бўйича ўзгаришлари 2–3 расмларда келтирилган



2– расм. Силжишга ишловчи пластинасимон элементлар кўчишларининг ўзгариши а– чапки чети б– ўртаси в– ўнг чети

2–расмда дераза ўринлари ҳисобга олинган (узук чизиқлар билан) ва олинмаган (тўлиқ чизиқлар билан) ҳолатлар учун стационар масалани ечиш орқали олинган кўчиш қийматлари акс этган.



3– расм. Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлар кўчишларининг ўзгариши: а– ўртаси; б– 1/3 қисми; в– чети

Силжишга ва эгилишга ишловчи пластинасимон элементлари вертикал кесимларининг юқори нуқталарида кўчишлар (2,*a* - расм) ва эгилишлар (3,*a* - расм) максимал қийматга эга ($A_0=2$ см да),

$$u(x, z)_{\max} = 0.17A_0 = 0.17 \cdot 2 \text{ см} = 0.34 \text{ см}$$

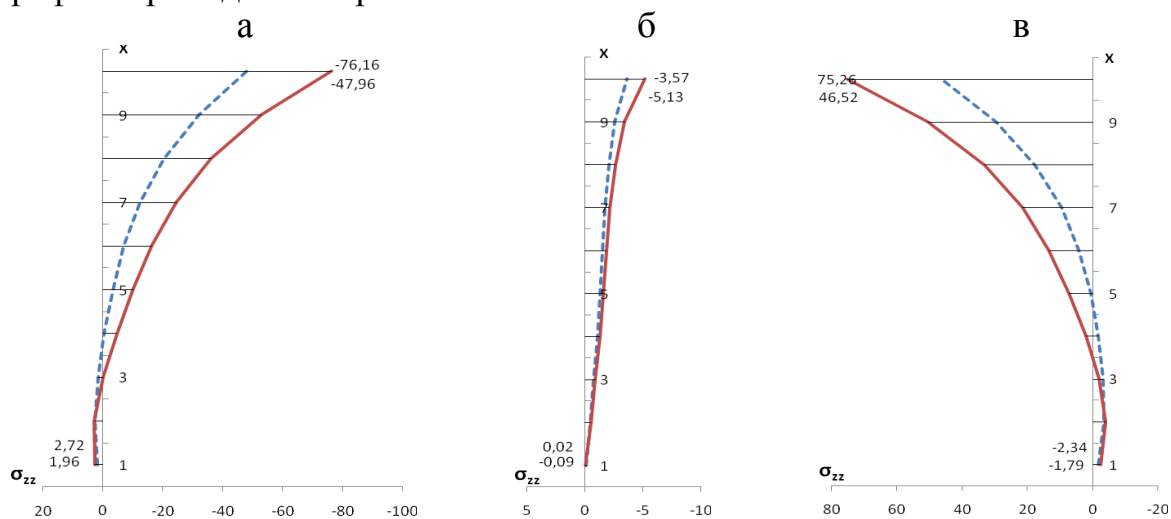
$$W(x, y)_{\max} = 0.369A_0 = 0.369 \cdot 2 \text{ см} = 0.738 \text{ см тенг.}$$

Силжишга ва эгилишга ишловчи панелларнинг юқори нуқталаридаги умумий горизонтал силжишларнинг максимал қиймати (20,*a*) ва (20,*б*) формулалар бўйича

$$u_1(x, z)_{\max} = A_0 + 0.17A_0 = 2.34 \text{ см,}$$

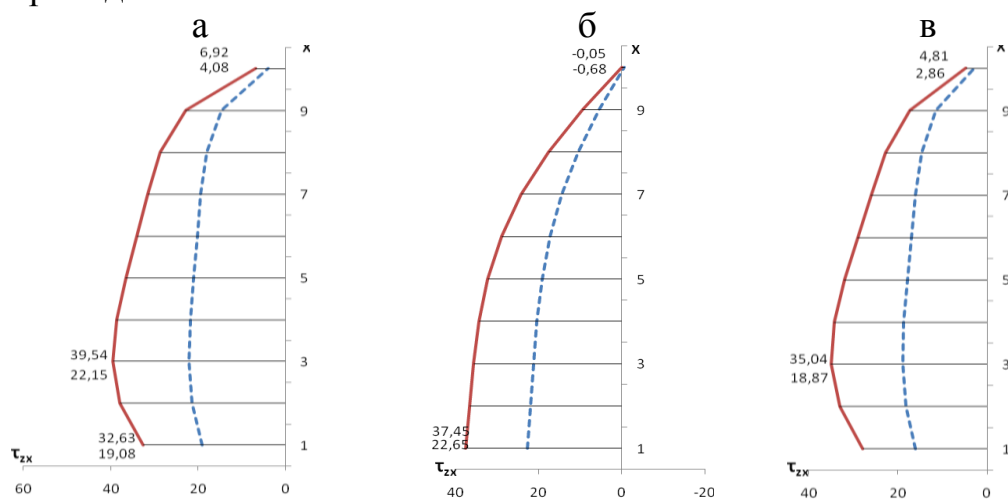
$$u_3(x, y)_{\max} = A_0 + 0.369A_0 = 2 \text{ см} + 0.369 \cdot 2 \text{ см} = 2.738 \text{ см, тенг.}$$

Максимал σ_{zz} кучланишнинг вертикал бўйича ўзгаришини ифодаловчи график 4-расмда келтирилган.



4– расм. Силжишга ишловчи платинасимон элементлардаги σ_{zz} кучланишларнинг ўзгариши: а– чап чети; б– ўртаси; в– ўнг чети

Силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг динамик юқлар таъсир этаётган четлари сиқилишга, ўнг четлари эса чўзилишга ишлаши 4–расмда акс этган.



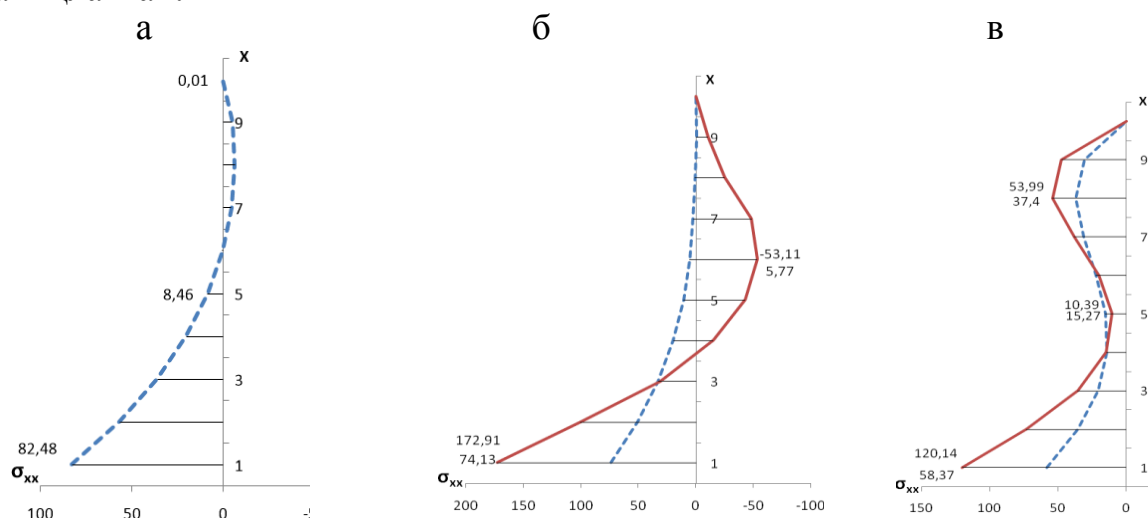
5–расм. Силжишга ишловчи пластинасимон элементлардаги τ_{zx} кучланишларнинг баландлик бўйича ўзгариши: а– чап чети; б– ўртаси; в) ўнг чети

Силжишга ишловчи пластинасимон элементлардаги уринма кучланишларнинг пластинасимон элементларнинг баландлиги бўйича ўзгариш қонуни 5–расмда тасвирланган.

Шуни таъкидлаймизки, ҳар бир вертикал кесимда ҳисобланган σ_{zz} ва τ_{zx} нинг қиймати балка ва пластинасимон элементлар орасидаги боғланиш кучланишлари ҳисобланади.

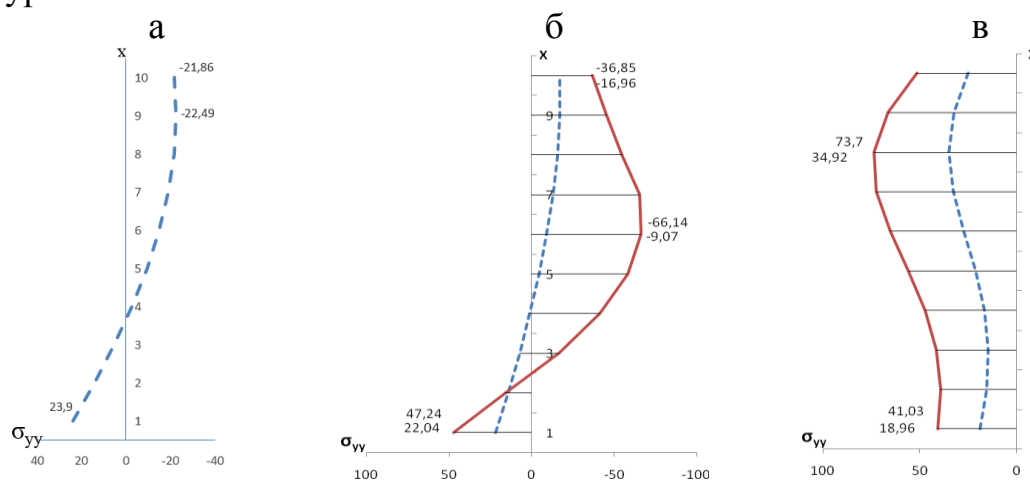
Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлардан олинган кучланишларнинг сонли натижаларини муҳокама қилишга ўтамиз.

Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлардаги нормал кучланишлар σ_{xx} максимал қийматларининг баландлик бўйича ўзгариш қонуни 6–расмда кўрсатилган. Ҳисоблар шуни кўрсатадики (6–расм) σ_{xx} кучланишларнинг максимал қийматлари пластинасимон элементларнинг остки қисмида аниқланган.



6–расм. Эгилишга ишловчи пластинасимон элементлардаги σ_{xx} кучланишнинг баландлик бўйича ўзгариши: а– ўрта қисми; б– 1/3 қисм; в– четки қисми

Эгилишга ишловчи панелнинг юқори ва остки қисмидаги сиқувчи ва чўзувчи кучланишларнинг σ_{yy} максимал қийматларининг ўзгариши 7– расмда кўрсатилган.



7–расм. Эгилишга ишловчи пластинасимон элементдаги эгувчи кўчиланишларнинг σ_{yy} баландлик бўйича ўзгариши: а– ўрта қисми; б– 1/3 қисми; в– четки қисми

Бино қутисининг эгилишга ишловчи панелларининг мажбурий тебраниш масаласининг умумий ечим функцияси мажбурий ва хусусий тебранишлар масалалари ечимининг йиғиндиси кўринишида ифодаланган:

$$W(x, y, t) = A_0 W_e(x, y) \sin \omega_0 t + \sum_{j=1}^I C_j W_j(x, y) \sin p_j t, \quad (29)$$

бу ерда: p_j – j -чи хусусий частота, C_j – доимий, аниқланиши керак бўлган, $W_e(x, y)$ – мажбурий тебраниш шакли, $W_j(x, y)$ – тебранишнинг асосий(бош) хусусий шакли, I - ажраладиган хадлар сони.

Мажбурий тебранишлар масаласининг ечими тебранишнинг асосий шакли орқали ифодаланган:

$$W_e(x, y) = \sum_{j=1}^I A_j W_j(x, y), \quad (30)$$

бу ерда A_j – ажратиш коэффициентлари.

$$A_j = \frac{\iint W_e(x, y) W_j(x, y) dx dy}{\iint W_j^2(x, y) dx dy},$$

бу ерда $W_e(x, y)$ ва $W_j(x, y)$ – мажбурий ва асосий(бош) хусусий тебранишларнинг шакллари.

(30) ни (29) кўйиб ва ноллик бошланғич шартга бўйсунуб $C_1 = -A_0 A_1 (\omega_0 / p_1)$ ни оламиз.

Ушбу ифода орқали ва (30) ни ҳисобга олиб эгилишга ва силжишга ишловчи пластинасимон элементлар учун масаланинг умумий ечимлари куйидаги кўринишга эга

$$W(x, y, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) W_e(x, y). \quad (31, a)$$

$$u(x, z, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) u_e(x, z, t), \quad (31, б)$$

$$v(x, z, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) v_e(x, z, t). \quad (31, в)$$

Балкаларнинг кинематик функцияси куйидагича ёзилади:

$$W^{(i)}(x, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) (W_e^{(i)}(x)), \quad (31, г)$$

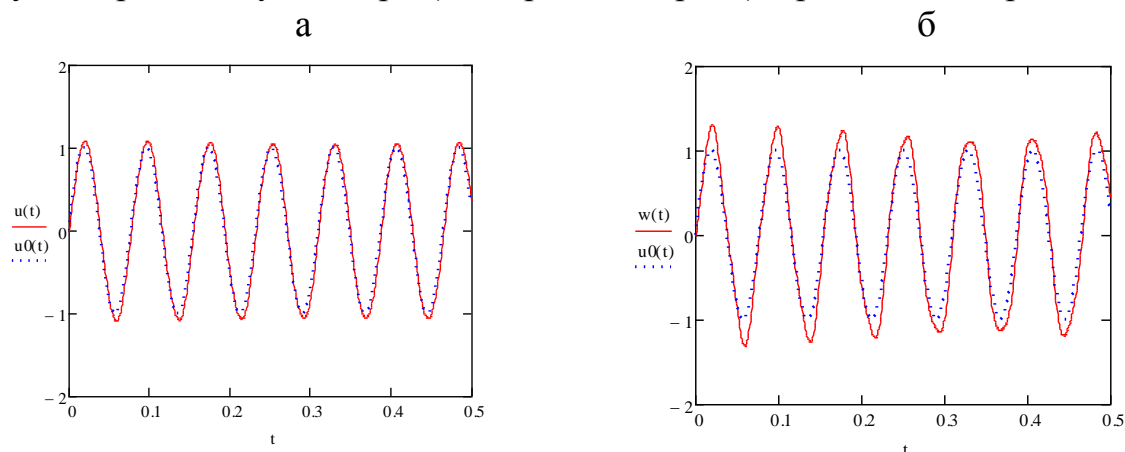
$$\alpha^{(i)}(x, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) \alpha_e^{(i)}(x). \quad (31, д)$$

Шундай қилиб, қўйилган масала бўйича чегаравий шартларни, томёпмалар, пластинасимон ва балка элементларининг ўзаро боғланиш шартларини, ҳамда ноллик бошланғич шартларни қаноатлантирувчи умумий ечим (31) кўринишида қурилган.

Узук чизиқли графикларда стационар масала ечими олинган, узуксиз чизиқларда эса масаланинг бошланғич шартларини ҳисоб олиб эгилишлар олинган.

Силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг юқори нуқтасининг ($x=a, z=0$) горизонтал кўчишининг ўзгариш графиклари (9, а– расмга қаранг) ва

эгилишга ишловчи пластинасимон элементларнинг юқори ($x=a$, $y=b/2$) нуқталарининг кўчишлари (9,б – расмга қаранг) 9 расмда келтирилган.

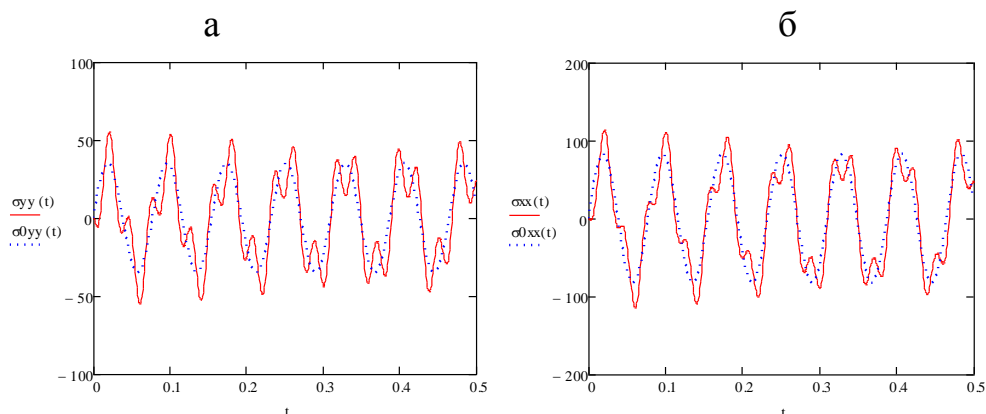


9–расм. Силжишга (расм. 9а $x=a$, $z=0$) ва эгилишга (расм. 9б $x=a$, $y=b/2$) ишловчи пластинасимон элементларнинг юқори нуқталари кўчишларининг вақт бўйича ўзгариш графиги

Масаланинг бошланғич шarti ҳисобга олинганда эгилишлар қиймати 20% гача (9–расм) кўп эканлигин кўришимиз мумкин. Баланшлик бўйича ўрта ва остки қисмларга яқин эгилиш графиглари 10-12 % га фарқ қилади.

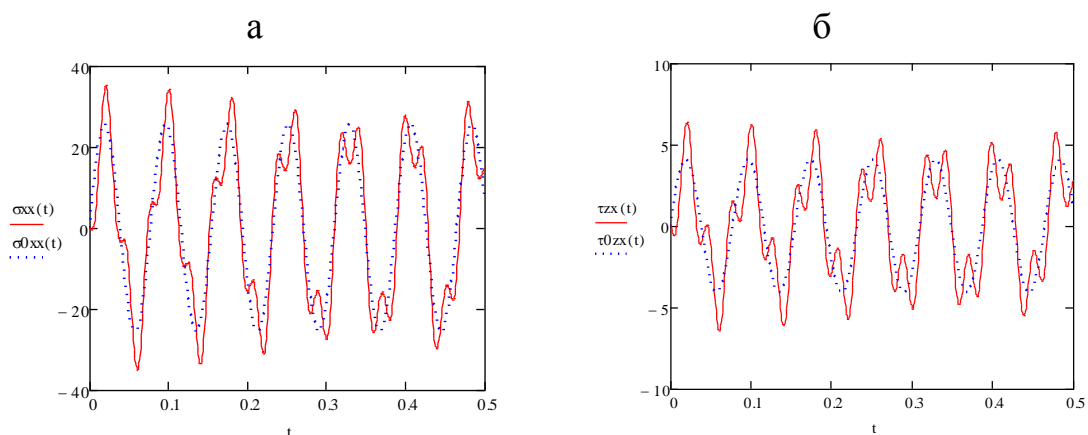
Эгилишга ишловчи пластинасимон элементларнинг четки кесимининг юқори ($x=a$, $y=0$) нуқтасидаги σ_{yy} кучланишларнинг ва ўрта ($x=a$, $y=b/2$) нуқталаридаги σ_{xx} кучланишларнинг вақт бўйича ўзгариш графиглари 10– расмда келтирилган.

Ҳисоблар, масаланинг бошланғич шартларини ҳисобга олганда нормал кучланишларнинг σ_{yy} ва σ_{xx} максимал қийматлари стационар масаланинг ечимидан олинган нормал кучланишлар қийматидан 15-20% кўплигини кўрсатмоқда.



10–расм. Эгилишга ишловчи пластинасимон элементнинг юқори(а) ва остки(б) нуқталаридаги σ_{yy} ва σ_{xx} нормал кучланишнинг вақт бўйича ўзгариш графиги

Силжишга ишловчи пластинасимон элементларнинг четки кесимининг юқори ($x=a$, $z=0$) нуқталаридаги нормаль σ_{xx} ва уринма τ_{zx} кучланишларнинг вақт бўйича ўзгариш графиглари 11– расмда келтирилган.



11–расм. Силжишга ишловчи пластинасимон элементнинг четки кесимининг юқори нуқталаридаги нормал σ_{xx} ва уринма τ_{zx} кучланишнинг вақт бўйича ўзгариш графиги

ХУЛОСА

«Элементларининг ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда бино қутисимон конструкциясининг динамик ҳисоблаш усули» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар шакллантирилган:

1. Динамик (зилзилада) таъсирларда бинонинг фазовий деформациясини акс этувчи конструкциянинг қутисимон динамик модели такомиллаштирилди. Такомиллаштирилган қутисимон конструкциянинг динамик модели сейсмик тебранишлар таъсирида бинонинг фазовий динамик ҳолатини изоҳлаш имконини беради.

2. Динамик таъсирларда бино қутисимон конструкциясининг чегаравий ва унинг элементларининг бирлашган ҳудудларидаги боғланиш шартларини ҳисобга олиб масаланинг қўйлиши шакллантирилган. Шакллантирилган бино қутисимон конструкциясининг масаласи балка ва пластинасимон элементларининг ўзаро таъсирни тўлиқ ифодаловчи тузулмавий таснифни ҳисобга олган ҳолда бино қутисимон конструкциясининг бирлашган ҳудудларини ҳисоблаш услубини ишлаб чиқиш имконини беради.

3. Чекли айрималар усули доирасида балка ва пластинасимон элементларнинг бирлашган ҳудуд нуқталарининг ҳаракат тенгламаларининг чекли айрима аппроксимациялари қурилди. Қурилган ҳаракат тенгламалари пластинасимон элементлар ва бирлашган ҳудудларнинг максимал кучланишларини баҳолаш ва кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш имконини беради.

4. Хусусий тебраниш частотасини ҳисоблаш услуби ва хусусий тебраниш масаласини ечишнинг сонли усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган хусусий тебраниш частотасини ҳисоблаш услуби ва хусусий тебраниш масаласини ечишнинг сонли усули бино қутисимон конструкциясининг дераза ўринларини ҳисобга олиб ва ҳисобга олмаган ҳолда фазовий тебранишнинг хусусий шакли ва даврини аниқлаш имконини беради.

5. Бино қутисимон конструкциясининг динамик ҳисоблаш услуби ва мажбурий тебраниш масаласининг сонли ечиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб

чиқилган бино қутисимон конструкциясининг динамик ҳисоблаш услуги ва мажбурий тебраниш масаласининг сонли ечиш усули динамик таъсирларда бино қутисимон конструкциясининг балка ва пластинасимон элементлардаги кучланиш ва кўчишларни аниқлаш имконини беради.

6. Бино қутисимон конструкциясининг балка ва пластинасимон элементларининг бирлашган ҳудударидаги кучланишларни ҳисоблашнинг динамик усулби ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган услуб балка ва пластинасимон элементларининг хавфли кесимларини аниқлаш имконини беради.

7. Балка ва пластинасимон элементларнинг аҳамиятли нуқталаридаги эгилиш ва кучланишларнинг максимал қийматларининг вақтга боғлиқ ўзгариш қонунлари графиклари келтирилган. Балка ва пластинасимон элементларнинг аҳамиятли нуқталаридаги эгилиш ва кучланишларнинг максимал қийматларининг вақтга боғлиқ ўзгариш қонунлари бино қутисининг хавфли кесимларидаги кўчиш ва кучланишларнинг максимал қийматини аниқлаш имконини беради.

8. Бино қутисимон конструкциясининг кучланганлик – деформацияланганлик ҳолати аниқланган. Эгилишга ва силжишга ишловчи бўйлама ва кўндаланг пластинасимон элементларнинг, ҳамда балкаларнинг баландлиги бўйича учта аҳамиятли кесимларда эгилишнинг максимал қийматлари топилган.

9. Бинонинг қутисимон конструкциясининг мажбурий стационар ва ностационар тебраниш масалалари ечилиб, бошланғич шартларни ҳисобга олган ҳолда эгилувчи пластинкасимон ва балка элементларнинг кўчишларининг максимал қийматлари аниқланди. Бино қутисимон конструкциясининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ МЕХАНИКИ И
СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ**

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

МАМАТИСАЕВ ГИЁСИДДИН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**МЕТОДИКА ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КОРОБЧАТОЙ
КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИХ
ЭЛЕМЕНТОВ**

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2018.2.PhD/T626.

Диссертация выполнена в Институте механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.instmech.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Усаров Махаматали Корабоевич доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник
Официальные оппоненты:	Абдусатторов Абдусамат доктор технических наук, профессор Худойназаров Хайрулла доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «23» декабрь 2020 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 при Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, 33, зал заседаний – 1. Тел.:(99871) 262-71-52; факс:(99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Института механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Урозбаева Академии наук Республики Узбекистан (регистрационный номер –4). Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Дурман йули, 33.

Автореферат диссертации разослан «10» декабрь 2020 года.
(реестр Протокола рассылки №– от «10» декабрь 2020 года).



М.М. Мирсаидов
Председатель Научного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор, академик АН РУз

А.М. Фатхуллоев
Вр.и.о ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент.

Р.А. Абиров
Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире строительства лучшими сооружениями, в смысле сейсмостойкости, являются те, надежность которых обеспечивается не только за счет прочности материала конструкции, но, главным образом, за счет их формы и размеров. Однако, проведение динамических расчетов конструкций зданий на сейсмостойкость в строгой пространственной постановке затруднено ввиду сложности учета конфигурации.

Анализ последствий многих землетрясений позволил выявить зависимость между повреждаемостью зданий и их конфигурацией в плане: чем сложнее план, тем больше вероятность нарушения целостности объема здания, разрыва конструкций и связей между ними, прежде всего, в местах соединения стен различных направлений, т.е. вблизи внутренних и внешних углов. Причины повреждений кроются в неравномерной деформируемости зданий, связанной, например, с возникновением крутильных колебаний, неравномерной осадкой грунтового основания, отсутствием симметрии плана, нарушением регулярности здания по высоте и т.д. Большинство указанных причин связано с пространственной работой зданий при сейсмических перемещениях грунта, не совпадающих с основными осями здания, и поэтому не могут быть учтены в рамках существующих консольных расчетных моделей, но могут быть прогнозируемы в рамках пространственных моделей зданий. Поэтому выбор уточненных моделей, отражающих пространственную работу зданий при сейсмических воздействиях, и разработка методики их динамического расчета остаются актуальной задачей и являются дальнейшим этапом развития теории сооружений в строительной механике.

Одна из актуальных задач теории сейсмостойкости – учет влияния выключаемых связей, расчет взаимодействующих панелей с учетом оконных и дверных проемов.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы ставится задача реализации таких целевых программ, как «...строительство доступного энергоэффективного многоквартирного жилья в городах, ... реконструкция и капитальный ремонт существующих домов для улучшения условий жизни населения...»¹. Осуществление данной задачи предопределяется необходимостью совершенствования методов расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия, а также численного расчета напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений и определения их динамических характеристик на основе коробчатой модели конструкции здания.

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует реализации задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5066 от 1 июня 2017 г. «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-3190 от 9 августа 2017 г. «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», №ПП-4794 от 30 июля 2020 г. «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» и Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан №71 от 3 апреля 2007 г. «Государственная Программа по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Математика, механика, сейсмодинамика сооружений и информатика» и программой XIV. «Сейсмология, сейсmobезопасность зданий, сооружений и строительство».

Степень изученности проблемы. Проблеме сейсмостойкости подземных и надземных сооружений посвящены работы перечисленных отечественных ученых: М.Т.Уразбаева, Т.Р.Рашидова, Т.Ш.Ширинкулова, Я.Н.Мубаракова, М.М.Мирсаидова, К.С.Султанова, Г.Х.Хожметова, Р.Х.Мухутдиновой, К.С.Абдурашидова, А.Абдусатторова, А.А.Ашрабова, Б.М.Мардонова, У.Ш.Шамсиева, Х.С.Сагдиева, И.С.Сафарова, И.Мирзаева, Х.Худайназарова, Т.З.Султанова, К.Д.Салямовой, Б.Э.Хусанова, А.Б.Ахмедова, С.Ж.Раззакова, Р.А.Абдикаримова, В.А.Контратьева, М.К.Усарова, З.Р.Тешабаева, Д.Ф.Руми и зарубежных авторов: К.С.Завриева, Я.М. Айзенберга П.П. Шагина, А.С. Калманка, А.Р. Ржаницына, Д.М. Подольского, В.И. Лишака, Т.Л. Чагуа, С.М. Сойбельмана, Б.А. Косицина, И.И.Гольденблата, С.В.Полякова, И.Л.Корчинского, В.К.Егупова, Т.А. Командриной, Ш.Г. Напетваридзе, Г.Н. Кобидзе, М.А. Марджанишивили, А. Амосова., С. Б Сеницына, S.M.Dickinson, G.V.Warburton, K.H. Handa и др.

В расчетах конструкций используется расчетная какого-либо вида, которая должна так упростить явления, сопровождающие деформации конструкций под действием нагрузки, чтобы расчет их был практически приемлем как с точки зрения его точности, так и по сложности и трудоемкости. В отличие от консольных расчетных схем зданий, считаем необходимым перейти к усовершенствованным расчетным схемам, более близким к реальным сооружениям. Такая необходимость возникает в связи с тем, что существующая методика расчета и проектирования зданий не определяет оптимальные соотношения размеров коробки зданий, жесткостей элементов диафрагм и перекрытий.

Связь темы диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного и научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института механики и сейсмостойкости сооружений ФА-Ф8-Ф089. «Разработка теоретических основ расчета напряженно-деформированного состояния пластинчатых и оболочечных конструкций и взаимодействующих сред в рамках трехмерной динамической теории упругости» (2008–2011), ФА-А16-Ф042; ФА-А16-Ф036; ФА-А16-Ф046. «Разработка современных методов исследования системы «грунт-сооружение» при динамических воздействиях, научно-практического метода оценки надежности и сейсмостойкости грунтовых плотин и методов расчета трещиноватых материалов с учетом неупругого деформирования» (2009–2011).

Целью исследования является разработка алгоритма и методики динамического расчета и оценка напряженно – деформированного состояния пространственных моделей коробчатых конструкций зданий при действии динамической нагрузки, с учетом конструктивных особенностей, геометрических и механических свойства материала.

Задачи исследования:

разработать динамическую модель коробчатой конструкции, отражающую пространственную деформацию здания;

сформулировать постановку задачи колебаний коробчатой конструкции зданий с учетом конструктивных особенностей;

сформулировать граничные условия в основании и контактные условия в зонах соединения стоечно-балочных и пластинчатых элементов коробчатой конструкции;

решить задачу свободных колебаний коробчатой конструкции здания с учетом и без учета проемов;

определить собственные частоты, формы и периоды колебаний коробки зданий;

решить задачу о вынужденных стационарных колебаниях коробчатой конструкции здания с учетом и без учета проемов;

решить нестационарную задачу вынужденных колебаний коробчатой конструкции здания с учетом и без учета проемов;

определить максимальные значения прогибов изгибаемых пластинчатых и стоечно-балочных элементов;

разработать методику, алгоритм и программу динамического расчета напряженно – деформированного состояния элементов коробки здания на основе метода конечных разностей;

разработать методику расчета максимальных значений изгибающих моментов и перерезывающих сил для пластинчатых элементов.

Объектом исследования являются динамические коробчатые конструкции модели зданий и сооружений.

Предмет исследования – усовершенствование модели коробчатой конструкции зданий и методов исследования их динамических характеристик и напряженно-деформированного состояния коробчатых конструкций зданий и сооружений.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы механики деформируемого твердого тела, методы теории изгиба и колебаний толстых пластин, строительной механики, математического моделирования, алгоритмизации, методы теории сейсмических колебаний, метод конечных разностей для численного расчета динамических характеристик, методы вычислительного эксперимента.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

усовершенствована динамическая модель коробчатых конструкций здания, учитывающая контактные условия между её элементами и позволяющая определить опасные сечения пластинчатых и балочных элементов;

сформулированы постановки задач о свободных и вынужденных колебаниях коробчатой конструкции здания. Разработаны методы их решения, позволяющие определить максимальные значения перемещений и напряжений в балочных и пластинчатых элементах, а также в зонах их соединений при динамических воздействиях;

разработаны методика и программа численного динамического расчета напряженно-деформированного состояния внешних поперечных пластинчатых элементов коробчатых конструкции зданий при сейсмических воздействиях;

разработаны методика и программа динамического расчета напряженно-деформированного состояния внутренних поперечных пластинчатых элементах и зона соединений элементов коробчатой конструкции здания при сейсмических воздействиях.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана методика расчета динамической модели коробчатых конструкций здания под действием сейсмического воздействия с учетом конструктивных особенностей пластинчатых и стоечно-балочных элементов;

разработаны численные методики решения задач о свободных и вынужденных колебаниях коробчатой конструкции здания при сейсмических воздействиях;

разработана программа расчета, позволяющая определить максимальные значения перемещений и напряжений стоечно-балочных и пластинчатых элементов при динамических воздействиях (свидетельство № DGU 07342);

разработана программа расчета, позволяющая определить напряженно-деформированное состояние внутренних, внешних пластинчатых элементов и в зонах соединений элементов модели коробчатой конструкции здания при сейсмических воздействиях (свидетельство № DGU 07235).

Достоверность результатов исследования Достоверность результатов исследования подтверждается использованием общепринятых допущений в

теории упругости и механике деформируемого твердого тела, а также хорошей согласованностью с результатами, полученными другими исследователями, с использованием коробчатых расчетных моделей зданий и сооружений.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость проведенных исследований заключается в усовершенствовании модели коробчатой конструкции зданий, с использованием которой разработаны методики численного пространственного расчета и оценки на напряженно-деформированное состояние элементов зданий при сейсмических воздействиях. Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработаны методики и программы динамического расчета коробчатых конструкции и напряженно – деформированного состояния внешних и внутренних пластинчатых элементов при сейсмических воздействиях.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов исследования и разработанных динамических методов пространственного расчета сооружений с использованием динамической модели коробчатых конструкций здания имеются следующие факты внедрения:

методика расчета для определения опасных зон в коробчатых конструкциях зданий под действием сейсмической нагрузки внедрена в ООО «NURAFSHON ELEKTR SERVIS при динамическом расчете конструкции объекта «Строительство 5-ти этажного, 1-этаж торгово-бытового обслуживание, 2-3-4-5 этажи жилого дома по ул. Гайрат в г. Андижан»» (*Справка по внедрению научных результатов Министерства строительства Республики Узбекистан №2352/09-07 от 12 марта 2020 г.*). На основе полученных результатов появилась возможность повысить надежность конструкций зданий на 15–20%, что будет способствовать обеспечению сейсмостойкости здания;

методика расчета на основе динамической модели коробчатых конструкций здания внедрена в “Главном управлении строительства Ферганской области” при расчете зданий на сейсмические воздействия на объекте «Строительство 9-ти этажных домов» по ул. Аэропорт в г. Фергане Ферганской области. (*Справка по внедрению научных результатов Министерства строительства Республики Узбекистан №2352/09-07 от 12 марта 2020 г.*). На основе полученных результатов появилась возможность сокращения срока вычислительного процесса в 1,2 раза;

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования представлялись на 6 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 22 научные работы. Из них 9 научных статей, в том числе 6 – в республиканских и 3 – в зарубежном журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении изложены актуальность и востребованность темы диссертационной работы, указаны цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов и раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении полученных результатов в практику, об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации – «**Обзор и анализ научных работ по расчету зданий и сооружений на сейсмостойкость**» приводится обзор существующих научных работ, посвященных разработке пространственных моделей и динамическому расчету зданий и сооружений с использованием различных расчетных схем при сейсмических воздействиях.

Во второй главе диссертации – «**Постановка задачи колебаний коробчатых конструкций здания при динамических воздействиях**» – разработана методика динамического расчета пространственной коробки здания, состоящей из стоечно-балочных и пластинчатых элементов (рис.1).

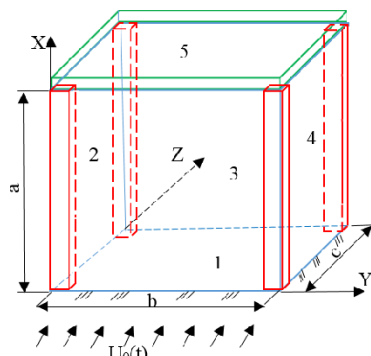


Рис.1. Пространственная коробка здания

Введем следующие обозначения для пластинчатых элементов (см.рис.1) пространственной коробчатой конструкции здания:

b , E_b , ν_b , ρ_b и h_b – соответственно, ширина, модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность и толщина пластинчатого элемента 1 и 3;

c , E_c , ν_c , ρ_c и h_c – соответственно, ширина, модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность и толщина пластинчатого элемента 2 и 4.

Поперечные сечения всех стоечно-балочных элементов пространственной коробки имеют прямоугольного сечения с размером h_c , h_b из одного и того же материала, с одинаковыми модулями упругости и сдвига E и G , коэффициентом Пуассона ν и плотностью ρ . J и $I_{кр}$ – моментами инерции сечения балки при изгибе и кручении.

В качестве закона смещения $U_0(t)$ нижней части коробки принимаются в виде

$$U_0(t) = A_0 \sin(\omega_0 t), \quad (1)$$

где A_0, ω_0 – соответственно амплитуда и частота внешнего воздействия.

Составлены уравнения движения для каждого пластинчатого и стоечно-балочного элемента коробчатой конструкции здания. При построении уравнения движения пластинчатые элементы представляются тонкими упругими пластинами, подчиняющимися гипотезе Кирхгоффа–Лява. Каждая стойка подвержена изгибу и кручению.

Общий кинематический закон движения коробки здания представлен в виде суммы функции перемещения основания $U_0(t)$ и относительных перемещений пластинчатых и стоечно-балочных элементов:

$$u_1(x, z, t) = U_0(t) + u(x, z, t), \quad (2)$$

$$u_2(x, z, t) = v(x, z, t), \quad (3)$$

$$u_3(x, y, t) = U_0(t) + W(x, y, t), u_3^{(i)}(x, t) = U_0(t) + W^{(i)}(x, t), \quad (4)$$

где $W(x, y, t)$ и $W^{(i)}(x, t)$ – прогиб изгибаемых пластинчатых и стоечно-балочных элементов, $u(x, z, t), v(x, z, t)$ – относительные перемещения по осям OZ и OX пластинчатых элементов, работающих на сдвиг, i – номера стоечно-балочного элемента (I, II, III, IV).

Предполагается что продольные пластинчатые элементы 1 и 3 (см. рис. 1) работают на изгиб, а, следовательно, внутренние поперечные пластинчатые элементы 2 и 4 (см. рис. 1) работают на растяжение, сжатие и сдвиг только в своих вертикальных плоскостях. В силу этого предположения уравнение движения изгибаемых пластинчатых элементов с учетом (4), а также двумерного уравнения движения сдвиговых пластинчатых элементов с учетом (2) и (3) запишутся в следующем виде:

$$D \left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} \right) + \rho h_b \ddot{W} = -\rho h_b \ddot{U}_0, \quad (5)$$

$$B \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1 + \nu_c}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} + \frac{1 - \nu_c}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) - \rho h_c \ddot{u} = +\rho h_c \ddot{U}_0, \quad (6)$$

$$B \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1 + \nu_c}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{1 - \nu_c}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) - \rho h_c \ddot{v} = 0,$$

где $D = Eh_b^3/12(1-\nu^2)$ – цилиндрическая жесткость пластинчатых элементов при поперечном изгибе; $B = Eh_c/(1-\nu^2)$ – цилиндрическая жесткость пластинчатых элементов при растяжении и сжатии.

Уравнения изгибных и крутильных колебаний стоечно-балочных элементов имеют следующий вид:

$$\frac{\partial M^{(i)}}{\partial x} - Q^{(i)} + \frac{h_b}{2} P_{zx}^c = 0, \quad (7, a)$$

$$\frac{\partial Q^{(i)}}{\partial x} + \rho F \ddot{W}^{(i)} = R_y^b - P_z^c - \rho F \ddot{U}_0, \quad (7, б)$$

$$\frac{\partial M_{kr}^{(i)}}{\partial x} = \rho I_{kr} \ddot{\alpha}^{(i)} + M_{yy}^b + \frac{h_c}{2} \cdot R_y^b. \quad (7, в)$$

где $M_{kr}^{(i)} = GI_{kr} \frac{\partial \alpha^{(i)}}{\partial x}$, $M^{(i)} = EJ \frac{\partial^2 W^{(i)}}{\partial x^2}$ - крутильные и изгибающие моменты стоечно-балочного элемента, $Q^{(i)} = EJ \frac{\partial^3 W^{(i)}}{\partial x^3}$ - перерезывающие силы стоечно-

балочного элемента, $R_y^b = (R_y)_{y=b_i} = -D \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + (2 - \nu_b) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right]_{y=b_i}$ и

$P_z^c = B \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \nu_c \frac{\partial V}{\partial x} \right)_{z=c_i}$, $P_{xz}^c = \frac{B(1 - \nu_c)}{2} \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial z} \right)_{z=c_i}$ реактивная

перерезывающая, продольная и касательная силы, возникающие между балками и пластинчатыми элементами, работающими на изгиб и сдвиг; $\alpha^{(i)}$ -

угол закручивания стоечно-балочного элемента, $M_{yy}^b = -D \left(\nu_b \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)_{y=b_i}$ -

изгибающие момент; GI_{kr} - жесткость стоечно-балочного элемента при кручении, EJ - изгибная жесткость стоечно-балочного элемента, b_i и c_i - соответствующий координаты стоечно-балочного элемента.

Перемещения верхних точек пластинчатые элементы, работающие на изгиб и сдвиг, обозначим следующим образом

$$W_a(y, t) = W(a, y, t), \quad u_a(z, t) = u(a, z, t), \quad v_a(z, t) = v(a, z, t).$$

где $W_a(y, t)$ и $u_a(z, t)$, $v_a(z, t)$ - прогиб и перемещения в верхних точках пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг.

Уравнения движения перекрытия построены в силу следующих соображений:

$$\begin{aligned} u_n(z, y, t) &= W_a(y, t) + u_a(z, t) - W^{(i)}(x, t), \\ v_n(z, y, t) &= v_a(z, t), \end{aligned} \quad (8)$$

где $u_n(z, y, t)$, и $v_n(z, y, t)$ - горизонтальное и вертикальное перемещения точек перекрытия.

Приведены контактные условия между элементами коробки и граничные условия в верхней и нижней частях коробки здания. Между вертикальными сечениями пластинчатых и стоечно-балочных элементов заданы контактные кинематические условия в следующем виде:

$$\begin{aligned} u(x, z, t)_{z=c_i} &= W^{(i)}(x, t), \quad v(x, z, t)_{z=c_i} = \pm \frac{h_b}{2} \frac{\partial W^{(i)}(x, t)}{\partial x}, \\ W(x, y, t)_{y=b_i} &= W^{(i)}(x, t), \quad \left(\frac{\partial W(x, y, t)}{\partial y} \right)_{y=b_i} = -\alpha^{(i)}. \end{aligned} \quad (9)$$

В качестве контактных условий между поперечными и продольными пластинчатыми элементами приняты уравнения изгибных и крутильных (7) колебаний стоечно-балочных элементов.

Контактное условие между перекрытием и пластинчатыми элементами, работающих на изгиб и сдвиг, относительно контактного касательного и нормального напряжений, запишутся в виде

$$-R_x^a + \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{W}_a = h_b h_n \frac{\partial \tau_{zy}^n}{\partial y} - \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{U}_0, \quad M_{xx}^a = 0. \quad (10,a)$$

$$M^{(i)} = 0, \quad -Q^{(i)} + \eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{W}^{(i)} = -\eta_0 \rho_n h_b h_n \ddot{U}_0, \quad M_{kr}^{(i)} = 0.$$

$$-ch_c \tau_{zx}^c + \eta_0 m_{nc} \ddot{u}_a = ch_c h_n \frac{\partial \sigma_{zz}^n}{\partial z} - \eta_0 m_{nc} \ddot{U}_0, \quad (10,b)$$

$$-ch_c \sigma_{xx}^c + \eta_0 m_{nc} \ddot{u}_a = ch_c h_n \frac{\partial \sigma_{xz}^n}{\partial z}$$

$$\text{где } R_x^a = (R_x)_{x=a} = - \left[D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + (2 - \nu_b) \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right) \right]_{x=a}, \quad \eta_0 = \frac{bc}{2(bh_b + ch_c)},$$

$$\sigma_{zz}^n = E_n \left[\frac{\partial u}{\partial z} \right]_{x=a}, \quad \sigma_{zx}^n = G_n \left[\frac{\partial v}{\partial z} \right]_{x=a}, \quad G_n = \frac{E_n}{2(1 + \nu_n)}, \quad \sigma_{xx}^c = E_c \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \nu_c \frac{\partial u}{\partial z} \right]_{x=a},$$

$$\tau_{zy}^n = G \frac{\partial W}{\partial y}, \quad \tau_{zx}^c = G_c \left[\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial x} \right]_{x=a}, \quad E_n - \text{модуль упругости перекрытия; } G_n - \text{модуль}$$

сдвига перекрытия, ν_n – коэффициент Пуассона перекрытия; ρ_n – плотность перекрытия; h_n – толщина перекрытия.

Граничные условия в нижней части коробки здания ($x=0$) приняты как жесткого защемления, т.е. нижняя часть коробки здания не поворачиваясь, перемещается по заданному закону (1)

$$u_1(x, z, t) = u_3(x, y, t) = u_3^{(i)}(x, t) = U_0(t), \quad u_2(x, z, t) = 0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0. \quad (12)$$

В диссертации разработаны методы численного решения динамических задач напряженно-деформированного состояния элементов коробчатой конструкции здания на основе метода конечных разностей. В выражениях для аппроксимации производных перемещений по пространственным координатам использованы формулы центральных разностных схем.

В третьей главе диссертации – «**Колебания пространственной коробчатой конструкции здания**» приведены решения задач собственных и вынужденных колебаний коробчатой конструкции здания без учета и с учетом оконных проемов.

Общее решение системы уравнений движения коробчатой конструкции, удовлетворяющее граничным условиям, представлено в n -мерном векторном виде:

$$\vec{q} = \vec{q}(x, y) \sin(pt), \quad (13)$$

где \vec{q} – вектор перемещения с n компонентами $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$; p – основная частота свободных колебаний.

На основе применения метода сеток находим неизвестные функции перемещений:

$$q_i = \lambda_i \sin(pt), \quad (14)$$

где λ_i – амплитуда свободных колебаний точек коробки здания, определяемые из следующей системы однородных уравнений:

$$\sum_{k=1}^N (a_{i,k} \lambda_k - p^2 \lambda_k) = 0. \quad (15)$$

Условие нетривиальности решения системы уравнений (15) обеспечивается выполнением частотного уравнения:

$$|a_{i,k} - p^2| = 0. \quad (16)$$

Порядок системы уравнения (15) равен количеству узловых точек пластинчатых и стоечно-балочных элементов коробки.

Приведено теоретическое решение задачи о свободных колебаниях коробки зданий при пространственной работе поперечных и продольных пластинчатых элементов.

В уравнениях движений пластинчатых и стоечно-балочных элементов (5) – (7) при предположении, что $U_0(t)=0$, кинематические законы перемещения точек пластинчатых и стоечно-балочных элементов запишутся в виде

$$u_3 = W(x, y, t), u_3^{(i)} = W^{(i)}(x, t), u_1 = u(x, z, t), u_2 = v(x, z, t). \quad (17)$$

Функции прогибов и перемещений пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг, представляются в виде

$$W = W(x, y) \sin(pt), u = u(x, y) \sin(pt), v = v(x, y) \sin(pt). \quad (18)$$

где p – основная частота собственных колебаний.

Функции прогибов и угол закручивания стойки представляются в виде

$$W^{(i)} = W^{(i)}(x, y) \sin(pt), \alpha^{(i)} = \alpha^{(i)}(x, y) \sin(pt). \quad (19)$$

Для сопоставления численных результатов с результатами расчетов других авторов рассмотрены результаты расчета коробчатой конструкции приведенные в У.Ш.Шамсиева со следующими исходными данными: изгибаемые пластинчатые элементы (см. рис. 1, пластинчатые элементы 1 и 3) имеют одинаковые упругие характеристики; модуль упругости $E=7500$ МПа; плотность $\rho=1.2$ т/м³; коэффициент Пуассона $\nu=0.25$. Для пластинчатых элементов, работающей на сдвиг (см. рис 1, пластинчатые элементы 2 и 4) модуль упругости $E=20000$ МПа; плотность $\rho=2,5$ т/м³, коэффициент Пуассона $\nu=0.25$. В качестве геометрических размеров пластинчатых элементов приняты: для изгибаемых 1 и 3 толщиной $h_b=0.28$ м, высотой $a=3$ м и длиной $b=4$ м, а для сдвиговых 2 и 4 толщиной $h_c=0.12$ м длиной $c=5$ м.

Сопоставление численных результатов, полученных диссертантом и У.Ш.Шамсиевым, показывает следующее. Первая собственная частота, определенная диссертантом (табл 1) больше на 15% по сравнению показателем установленным У.Ш.Шамсиевым.

Таблица 1

Значения собственной частоты и периода колебаний

Данные диссертанта		Данные монографии У.Ш.Шамсиева	
собственные частоты, рад/с	период, с	собственные частоты, рад/с	период, с
$p_1=483.41$	$T_1=0.0130$	$p_1=429.31$	$T_1=0.0146$
$p_2=519.66$	$T_2=0.0121$	$p_2=2181.95$	$T_2=0.0028$
$p_3=613.18$	$T_3=0.0102$	$p_3=4835.775$	$T_3=0.0013$
$p_4=626.18$	$T_4=0.0100$	$p_4=8689.91$	$T_4=0.0007$

Остальные значения собственных частот в расчетах диссертанта, по величина намного меньше, чем у У.Ш.Шамсиева. Это объясняется тем, что в работах У.Ш.Шамсиева не учитывались полные контактные условия в соединения элементов коробчатой конструкции здания.

Рассмотрим задач о вынужденных колебаниях пространственной коробки здания при динамических воздействиях.

На основе представления (2), (3) и (4) перепишем кинематические законы перемещения пластинчатых и балочных элементов.

$$u_3(x, y, t) = A_0 \sin \omega_0 t + W(x, y, t), \quad u_3^{(i)}(x, t) = A_0 \sin \omega_0 t + W^{(i)}(x, t), \quad (20, a)$$

$$u_1(x, z, t) = A_0 \sin \omega_0 t + u(x, z, t), \quad u_2(x, z, t) = v(x, z, t). \quad (20, б)$$

Уравнение движения пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг, с учетом (5) и (6) запишутся в следующем виде:

$$D\left(\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4}\right) + \rho h_b \ddot{W} = \rho h_b A_0 \omega_0^2 \sin \omega_0 t, \quad (21)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right) = \rho h_c \ddot{u} - \rho h_c A_0 \omega_0^2 \sin \omega_0 t, \quad (22)$$

$$B\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1+\nu_c}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{1-\nu_c}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) = \rho h_c \ddot{v}.$$

Граничные условия (11) и (12) при $x=0$ с учетом (20) перепишем в виде

$$W = W^{(i)} = u = U_0(t), \quad (23, a)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad v = 0, \quad \frac{\partial W^{(i)}}{\partial x} = 0, \quad \alpha^{(i)} = 0. \quad (23, б)$$

Граничные условия на верхнем конце $x=a$ имеют вид (10, a) – (10, б).

Решение уравнений движения (21)–(22), согласно общей методике решения задач, удовлетворяющие граничными условиям (10) и (23), представим в векторном виде

$$\vec{q} = \vec{q}(x, y) \sin(\omega_0 t), \quad (24)$$

где \vec{q} – вектор перемещения, определяется с помощью четырнадцати компонентов.

На основе применения метода сеток получаем неизвестные функций перемещений:

$$q_i = \lambda_i \sin(\omega_0 t), \quad (25)$$

где λ_i – максимальные значения функций q_i , определяемые из следующей системы уравнения:

$$\sum_{k=1}^N (a_{i,k} \lambda_k - p^2 \lambda_k) = b_i. \quad (26)$$

Согласно теории существования, решение системы линейных уравнений (24) обеспечивается при неравенстве нулю его определителя.

$$|a_{i,k} - p^2| \neq 0. \quad (27)$$

В качестве исходных данных задаются следующие параметры:

для изгибаемых пластинчатых элементов 1 и 3 толщина $h_b=0.5$ м высота $a=3.25$ м и длина $b=6$ м, плотность $\rho=2.5$ т/м³, модули упругости $E_b=20000$ МПа, а для пластинчатых элементов 2 и 4 толщина $h_c=0.25$ м высота $a=3.25$ м длина $c=6$ м, плотность $\rho=2.5$ т/м³, модули упругости $E_b=7500$ МПа, коэффициент Пуассона материалов пластинчатых элементов равен $\nu=0.25$. При расчетах значение частоты внешнего воздействия равно $\omega_0=81.034$ рад/с.

Приведем расчеты перемещений пластинчатых и балочных элементов при действии внешнего воздействия.

На рис.2 –3 приведены графики изменения по вертикали безразмерного максимального перемещения $u(x,z)/A_0$ и прогиба $W(x,y)/A_0$ на трех характерных сечениях пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг.

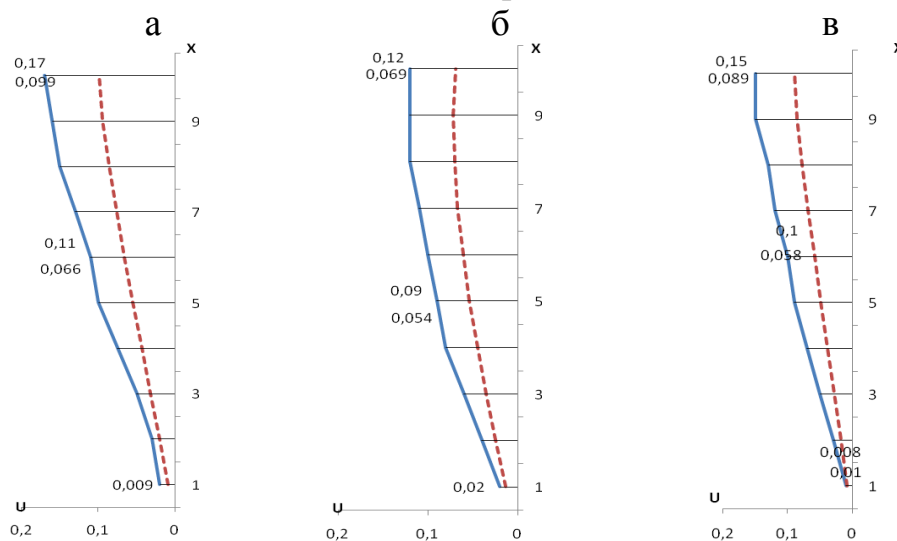


Рис. 2. Изменение перемещений пластинчатых элементов, работающих на сдвиг: а– левый край; б– середина; в– правый край.

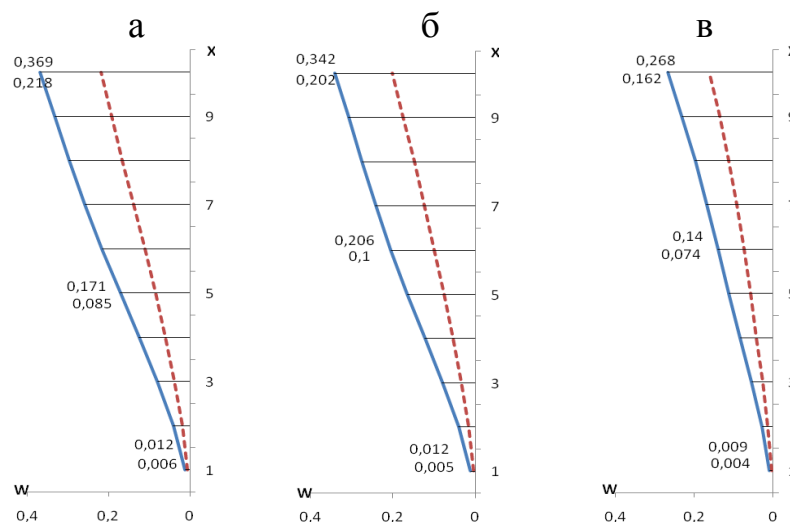


Рис. 3. Изменение прогибов пластинчатых элементов, работающих на изгиб: а– середина; б– 1/3 часть; в– край пластинчатых элементов

Максимальное значение перемещения (см. рис.2,а) и прогиба (см. рис.3,а), которое достигается в верхней точке вертикальных сечений пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг (при $A_0=2$ см), равны

$$u(x, z)_{max} = 0.17A_0 = 0.17 \cdot 2 \text{ см} = 0.34 \text{ см},$$

$$W(x, y)_{max} = 0.369A_0 = 0.369 \cdot 2 \text{ см} = 0.738 \text{ см}.$$

Максимальное значение полного горизонтального смещения верхней точки пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг, по формуле (20,а) и (20,б) равны

$$u_1(x, z)_{max} = A_0 + 0.17A_0 = 2.34 \text{ см},$$

$$u_3(x, y)_{max} = A_0 + 0.369A_0 = 2 \text{ см} + 0.369 \cdot 2 \text{ см} = 2.738 \text{ см}.$$

На рис.4. представлены графики, характеризующие изменения по вертикали σ_{zz} .

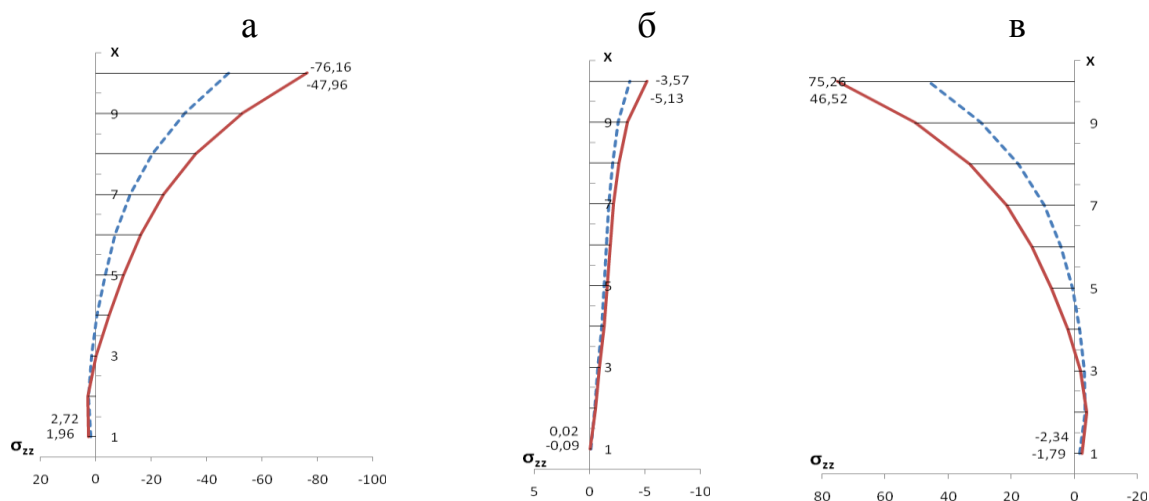


Рис. 4. Изменение напряжений σ_{zz} в пластинчатых элементах, работающих на сдвиг: а– левые края; б– середина; в– правые края

Как видно из рис. 4, в пластинчатых элементах, работающих на сдвиг, их левый край на стороне действия динамической нагрузки сжимается, а правый – растягивается.

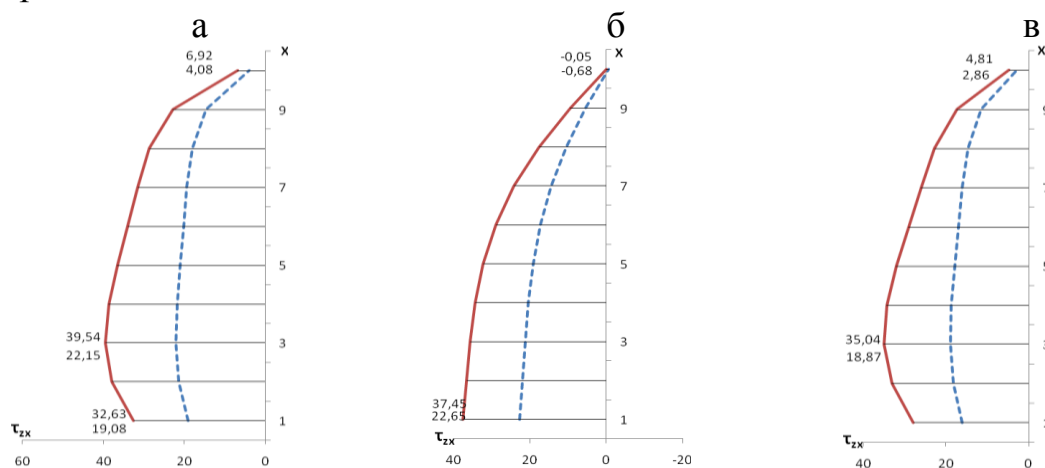


Рис. 5. Изменение напряжений τ_{zx} по высоте пластинчатых элементов, работающих на сдвиг: а– левые края; б– середина; в– правые края

На рис.5, проиллюстрированы законы изменения касательного напряжения по высоте пластинчатых элементов, работающих на сдвиг.

Отметим, что вычисленные на каждом вертикальном сечении значения σ_{zz} и τ_{zx} являются контактными напряжениями между пластинчатыми и балочными элементами.

Перейдем к обсуждению полученных численных результатов напряжений на изгибаемых пластинчатых элементах.

На рис.6 представлены законы изменения максимальных значений нормальных напряжений σ_{xx} по высоте пластинчатых элементов, работающих на изгиб. Расчеты показывают (см. рис.6), что максимальное значение напряжения σ_{xx} обнаружено в нижней части пластинчатых элементов.

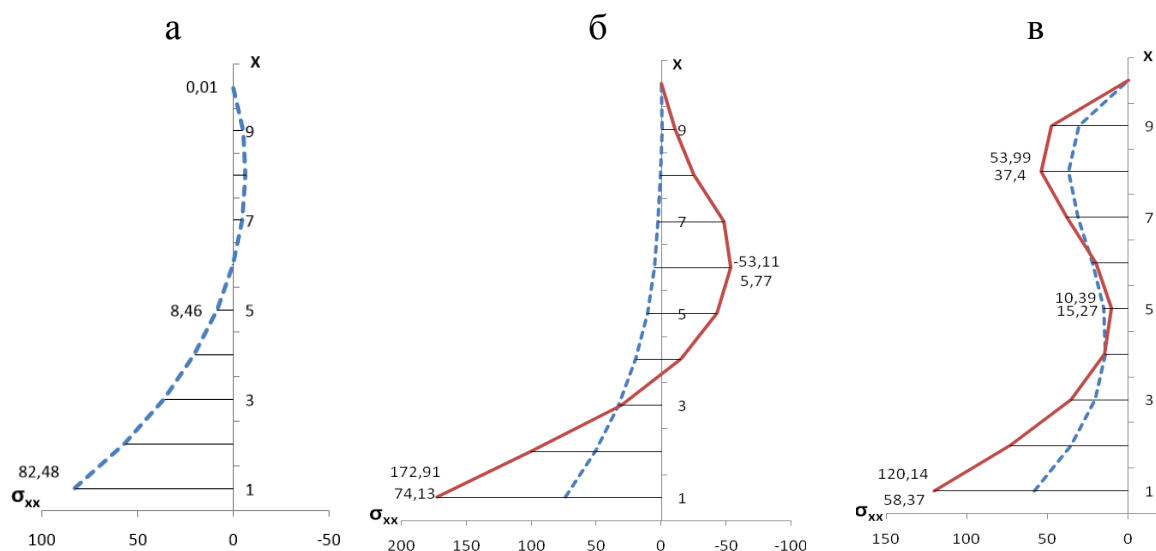


Рис. 6. Изменения напряжений σ_{xx} по высоте пластинчатых элементов, работающих на изгиб: а– середина; б– 1/3 часть; в– край пластинчатого элемента

На рис. 7 показано изменение изгибных максимальных сжимающих и растягивающих значений напряжений σ_{yy} в верхних и нижних частях изгибаемых пластинчатых элементов.

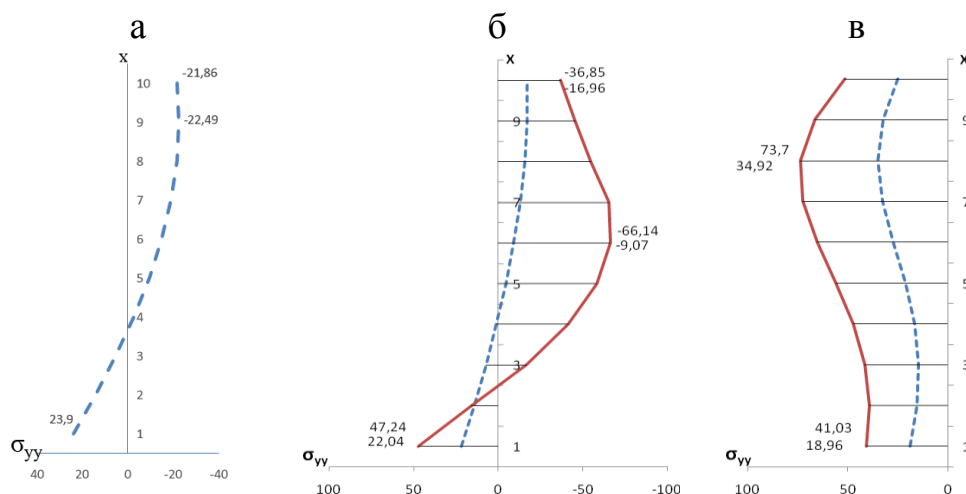


Рис. 7. Изменения изгибных напряжений σ_{yy} по высоте пластинчатых элементов, работающих на изгиб: а–середина; б– 1/3 часть; в– край пластинчатого элемента.

Общее решение задачи вынужденных колебаний изгибаемых пластинчатых элементов коробки здания представлено функцией в виде суммы решения задачи вынужденных и собственных колебаний:

$$W(x, y, t) = A_0 W_e(x, y) \sin \omega_0 t + \sum_{j=1}^I C_j W_j(x, y) \sin p_j t, \quad (29)$$

где p_j - j -я собственная частота; C_j - постоянная, которая подлежит определению; $W_e(x, y)$ - форма вынужденных колебаний, $W_j(x, y)$ - главные собственные формы колебаний, I - количество членов разложения.

Решение задачи вынужденного колебания выражено через главную форму колебания:

$$W_e(x, y) = \sum_{j=1}^I A_j W_j(x, y), \quad (30)$$

где A_j - коэффициент разложения, равный

$$A_j = \frac{\iint W_e(x, y) W_j(x, y) dx dy}{\iint W_j^2(x, y) dx dy}.$$

Здесь $W_e(x, y)$ и $W_j(x, y)$ - вынужденная и главная собственная формы колебаний.

Подставляя (30) в (29) и подчиня нулевым начальным условиям, получим $C_1 = -A_0 A_1 (\omega_0 / p_1)$.

В силу этого и с учетом (30) выражение представляет собой общее решение задачи для пластинчатых элементов, работающих на изгиб и сдвиг:

$$W(x, y, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) W_e(x, y). \quad (31, a)$$

$$u(x, z, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) u_e(x, z, t), \quad (31, б)$$

$$v(x, z, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) v_e(x, z, t). \quad (31, в)$$

Кинематические функции балок запишутся в виде

$$W^{(i)}(x, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) (W_e^{(i)}(x)), \quad (31, г)$$

$$\alpha^{(i)}(x, t) = A_0 \left(\sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{p_1} \sin p_1 t \right) \alpha_e^{(i)}(x). \quad (31, д)$$

Таким образом, построено общее решение поставленной задачи в виде (31), удовлетворяющее граничным условиям, контактными условиям между перекрытиями, пластинчатыми и балочными элементами, а также нулевым начальным условиям.

Штрихом выполнены графики решения для стационарных задач сплошных прогибов, полученных с учетом начальных условий задачи.

На рис 9. представлены графики изменения во времени перемещений верхней точки (при $x=a, z=0$) пластинчатых элементов, работающие на сдвиг (см. рис.9,а) и прогиба в верхней (при $x=a, y=b/2$) и средней (при $x=a/2, y=b/2$) точках пластинчатых элементов, работающих на изгиб (см. рис.9,б и в).

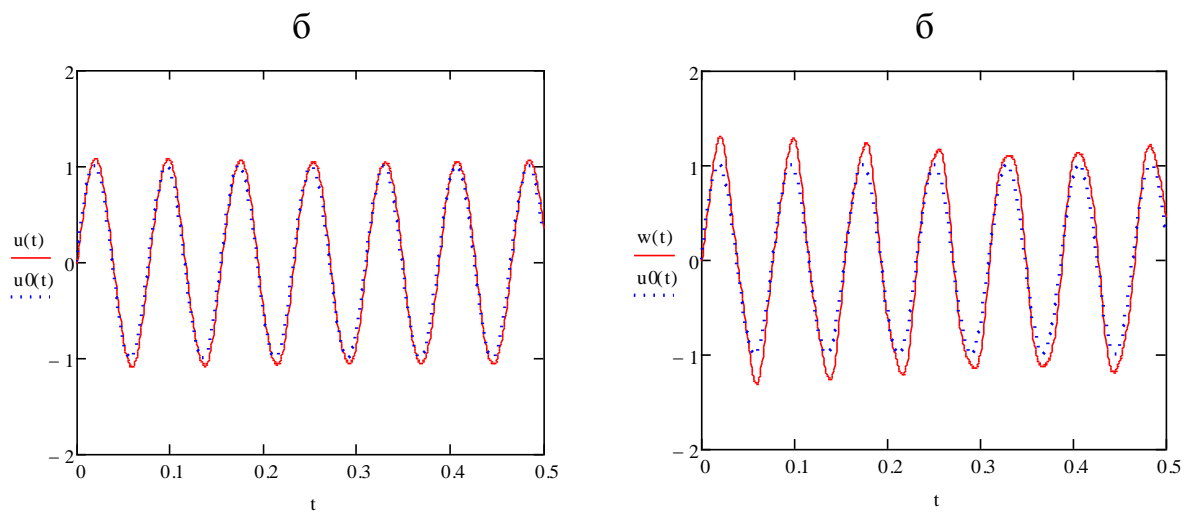


Рис. 9. Графики изменения во времени перемещений верхней точки пластинчатых элементов, работающих на сдвиг (рис. 9а при $x=a, z=0$) и изгиб (рис. 9б при $x=a, y=b/2$)

Как видно, значения прогиба получаются больше до 20%(рис. 9) когда учтены начальные условия задачи. Расположенные ближе к середине и ниже по высоте прогибы отличаются на 10–12%.

На рис.10. приведены графики изменения во времени нормального напряжений σ_{yy} в верхней точке (при $x=a, y=0$) и σ_{xx} средней точке (при $x=a, y=b/2$) крайнего сечения пластинчатых элементов, работающей на изгиб.

Расчеты показывают, что максимальные значений нормального напряжений σ_{yy} и σ_{xx} при учете начальных условий задачи получаются на 15-20% больше по сравнению со стационарной задачей.

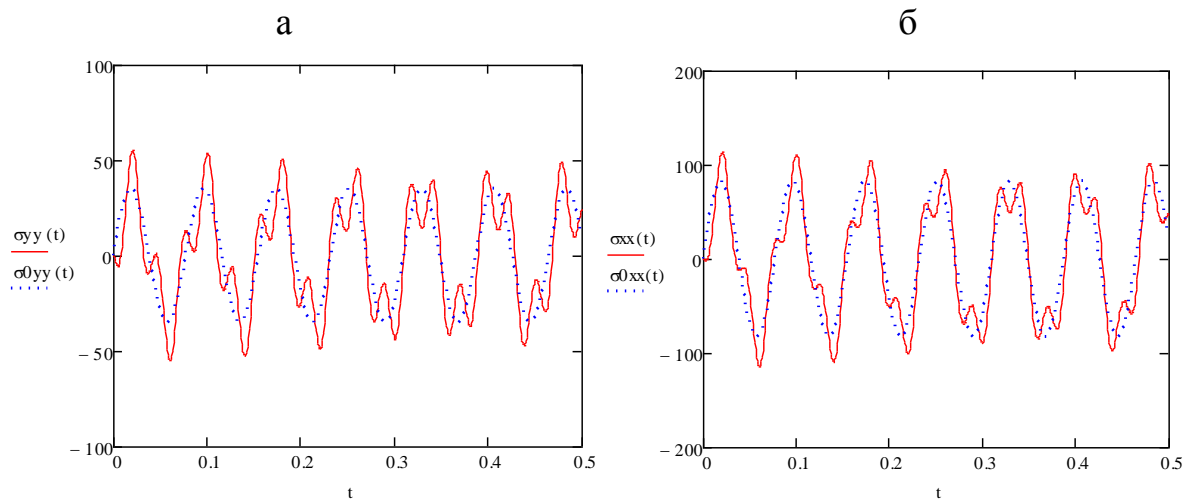


Рис.10. Изменения нормального напряжений σ_{yy} и σ_{xx} , во времени в верхней (а) и (б) нижней точек пластинчатых элементов, работающих на изгиб

На рис.11 приведены графики изменения нормального σ_{xx} касательного напряжения τ_{zx} во времени в верхней (при $x=a, z=0$) точках крайнего сечения пластинчатых элементов, работающих на сдвиг.

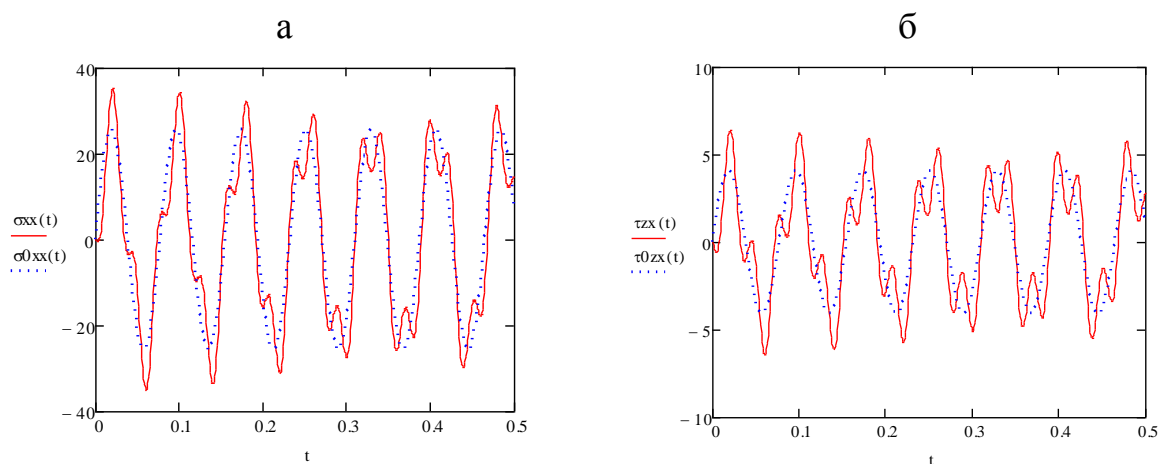


Рис. 11. Графики изменения нормального σ_{xx} и касательного τ_{zx} напряжений по времени для верхней (а, б) точек крайнего сечения пластинчатых элементов, работающих на сдвиг

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме диссертации «Методика динамического расчета коробчатой конструкции зданий с учетом взаимодействия их элементов» на соискание ученой степени доктора философии (PhD), сформулировано следующее заключение:

1. Усовершенствована динамическая модель коробчатой конструкции с учетом работы стоечно-балочных элементов, представляющая собой пространственное деформированное здание при динамических (землетрясениях) нагрузках. Усовершенствованная динамическая модель коробчатой конструкции позволяет описывать его пространственное динамическое поведение здания при сейсмических колебаниях.
2. Сформулирована постановка задачи коробчатой конструкции зданий с учетом граничных и контактных условий в зоне соединения её элементов при динамических воздействиях. Сформулированная постановка задачи колебаний коробки здания позволила разработать методики расчета пластинчатых и стоечно-балочных элементов в зонах их соединений с учетом конструктивных особенностей, описывающих полные контактные взаимодействия.
3. Построены аппроксимации уравнения движения точек зоны соединений пластинчатых и стоечно-балочных элементов в рамках метода конечных разностей. Построенные уравнения движения позволяют определить их напряженно-деформированное состояние, оценить возникающие максимальные значения напряжений для пластинчатых элементов и в зоне их соединений.
4. Разработан метод численного решения задачи о собственных колебаниях и методика определения частот собственных колебаний. Разработанный комплекс прикладных программ позволяет определить периоды и формы собственных колебаний коробчатой конструкции здания с учетом и без учета оконных проемов.

5. Разработан метод численного решения задачи о вынужденных колебаниях и методика динамического расчета коробчатой конструкции здания. Разработанный комплекс прикладных программ позволяет определить перемещения и напряжения в пластинчатых и стоечно-балочных элементах коробчатой конструкции зданий при динамических воздействиях.

6. Разработана методика динамического расчета определения напряжений в зоне (стыковых) соединений пластинчатых и балочных элементов коробчатых конструкций здания. Разработанная методика позволяет определить опасные сечения пластинчатых и балочных элементов.

7. Графически представлены законы изменения максимальных значений прогибов и напряжений в характерных точках пластинчатых и стоечно-балочных элементов в зависимости от времени. Представленные законы изменения максимальных значений прогибов и напряжений в характерных точках панелей и стоечно-балочных элементов в зависимости от времени, позволяют определить максимальные значения перемещений и напряжений в опасных сечениях коробки здания.

8. Определено напряженно-деформированное состояние коробчатой конструкции здания. Найдены максимальные значения прогибов продольных и поперечных пластинчатых элементах коробки, работающих на изгиб и сдвиг, а также стоечно-балочных элементов по высоте в их трех характерных сечениях.

9. Решены задачи о вынужденных стационарных и нестационарных колебаниях коробчатой конструкции здания, а также определены максимальные значения прогибов изгибаемых пластинчатых и стоечно-балочных элементов с учетом начальных условий. Определено напряженно - деформированное состояние коробчатой конструкции здания. Найдены максимальные значения прогибов продольных и поперечных пластинчатых элементов коробки, работающих на изгиб и сдвиг, а также для стоечно-балочных элементов по высоте для трех характерных сечений.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 AWARDING THE
SCIENTIFIC DEGREE AT THE INSTITUTE OF MECHANICS AND
SEISMIC STABILITY OF STRUCTURES**

**INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF
STRUCTURES**

MAMATISAEV GIYOSIDDIN ILHOMODINOVICH

**METHOD OF DYNAMIC CALCULATION OF BOX DESIGN OF
BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT INTERACTION THEIR
ELEMENTS**

01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Bodies

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.2.PhD/T626.

The dissertation has been prepared in the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is posted on the website of Scientific Council (www.instmech.uz) and information-educational portal «ZiyoNET» at the address (www.ziynet.uz)

Scientific adviser:

Usarov Makhmatali Koraboevich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Fellow

Official opponents:

Abdusattorov Abdusamat

Doctor of Technical Sciences, Professor

Khudoynazarov Khayrulla

Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Namangan engineering-construction institute

The defense will take place at «23» december 2020 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures Fundamental library (Address 100125, Tashkent, Durmon yuli street, 33, Conference hall – 1. Tel: (99871) 262-71-52; fax: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

The thesis is available in the information resource center of the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urozbayev Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (registration number –4). Address 100170, Tashkent, Durmon yo'li street, 33.

Abstract of dissertation sent out on «10» december 2020 year.
(mailing report №1 – on «10» decemver 2020 year).



M.M.Mirsaidov

Chairman of Scientific Council for awarding degrees, doctor of technical sciences, professor, Academician of Academy of Sciences of Republic of Uzbekistan

A.M. Fatkhullaev

In.o.scientific secretary of Scientific Council for awarding degrees, doctor of technical sciences, dotsent

R.A.Abirov

Chairman of scientific seminar at the scientific Council for the awarding degrees, doctor of physical and mathematical sciences, Senior Fellow

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to develop an algorithm and methodology for dynamic calculation of the stress-strain state of spatial models of box-shaped structures of buildings under the action of a dynamic load, taking into account the design features, geometric and mechanical properties of the material.

The object of the study is the dynamic box-like structures of the model of buildings and structures.

Scientific novelty of the dissertation research is as follows:

the dynamic model of box-shaped structures of the building has been improved, taking into account the contact conditions between its elements and allowing to determine the dangerous sections of plate and beam elements;

formulation was formulated and a method was developed for constructing a solution to problems of free and forced vibrations of a box-shaped building structure, which makes it possible to determine the maximum values of displacements and stresses of beam and plate elements, as well as in the zone of their joints under dynamic influences;

a method and a program for the numerical dynamic calculation of the stress-strain state of external transverse plate elements of box-shaped structures of buildings under seismic influences have been developed;

a methodology and a program for dynamic calculation of the stress-strain state of internal transverse plate elements and the zone of joints of elements of the box-shaped structure of a building under seismic effects have been developed.

Implementation of research results. Based on the scientific results of the study of dynamic methods of spatial calculation of structures using a dynamic model of box-shaped structures of a building, the following aspects were obtained:

calculation method for determining hazardous areas in box-shaped structures of buildings under dynamic load were introduced at "NURAFSHON ELEKTR SERVIS" LLC when performing dynamic calculation at the object "Construction of a 5-storey, 1-storey commercial and consumer services, address: Gairat str., Andijan region". (Implementation act of scientific results of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan 2352/09-07 of March 12, 2020). Based on the results obtained, it became possible to increase the reliability of building structures by 15–20%, which will contribute to ensuring the seismic resistance of the building;

calculation method based on the dynamic model of box-shaped building structures was introduced in the "Main Construction Department of the Fergana Region" in the calculation of buildings for seismic effects at the object "Construction of 9-storey buildings" on the street. Airport in Fergana city, Fergana region. (Implementation act of scientific results of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan 2352/09-07 dated March 12, 2020). Based on the results obtained, it became possible to reduce the time of the computing process by 1.2 times;

methods for solving problems of transverse and longitudinal vibrations of multi-storey buildings and structures, as well as computational program was introduced into the design and construction process at the "Construction of 9-storey buildings" on the street. Airport in Fergana city, Fergana region. " Based on the results obtained, it became possible to increase the accuracy and efficiency of design work by 15-20%.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and appendices. The volume of the dissertation is 110 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I часть; I part)

1. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Свободные колебания коробчатой конструкции здания. //Проблемы механики. 2009. №5-6. С.31-34. (05.00.00; №6).
2. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Вынужденные колебания коробчатой конструкции панельных зданий. //Проблемы механики. 2010. №.2 С.23-25. (05.00.00; №6).
3. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Вынужденные колебания коробчатой конструкции панельных зданий при динамических воздействиях. //Проблемы механики. 2010г. №4. С.19-22. (05.00.00; №6).
4. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. К динамическому расчету коробчатой конструкции здания.//«Проблемы архитектуры и строительства», Самарканд. 2014, №3, С. 81-84. (05.00.00; №14).
5. Усаров М., К., Маматисаев Г.И. К расчету коробчатой конструкции здания//«Проблемы архитектуры и строительства», СамГАСИ. 2016, №3. С.103-108. (05.00.00; №14).
6. Усаров М К., Маматисаев Г.И. Расчет напряжений панелей коробчатой конструкции зданий при динамических воздействиях. // «Архитектура строительство дизайн», ТАСИ. 2020, №1. С.197-202. (05.00.00; №4)
7. M Usarov, G. Mamatisaev, J. Yarashov, E. Toshmatov. (2020) Non-stationary oscillations of a box-like structure of a building // Journal of Physics: Conference Series, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012003>. (Scopus)
8. M. Usarov, G. Mamatisaev, E. Toshmatov, J. Yarashov. (2020), Forced vibrations of a box-like structure of a multi-storey building under dynamic effect // Journal of Physics: Conference Series, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012004>.(Scopus)
9. M Usarov, G Mamatisaev, G Ayubov, D Usarov and D Khodzhaev. Dynamic calculation of boxed design of buildings. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **883** (2020) 012186.<https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012186> (Scopus)

II-бўлим (II часть; II part)

10. Маматисаев Г.И., Усаров Д.М. Колебания многоэтажных зданий при сейсмических воздействиях // Высшая школа научно-практический журнал. – №21. – Уфа. – 2019 г. – С. 40-44.
11. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. Постановка задачи и расчетная модель колебание коробчатой конструкции здания.//“Табиий фанларнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги республика ёш олимлар илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. Самарканд-2008й. 154-155 б.
12. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Колебания коробчатой конструкции панельных зданий. «Янги композицион материаллар ва конструкциялар» III Республика илмий ва илмий – техник анжумани материаллари 23-24 сентябрь 2010 й Фарғона. С 80-81б.
13. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Расчет контактных напряжений коробчатых конструкции зданий. II Международная конференция по

«Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро и наноструктурах» часть-2, 8-9 сентября 2011 года Фергана. С 68-71.

14. Усаров М.К. Маматисаев Г.И. Напряженное состояние коробчатой конструкции здания при вынужденных колебаниях. Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте Республиканская научно – техническая конференция с участием зарубежных ученых, посвященная 80-летию ТашИИТ. Ташкент 15-16 декабрь 2011 г. С. 113-115.

15. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. “Собственные и вынужденные колебания коробчатой конструкции здания”. Ўзбекистон республикаси мустақиллигининг 21 йиллиги бағишланган профессор-ўқитувчилари лий-амалий анжуманининг дастури. 15-16 май Фарғона-2012 й. С: 34-36.

16. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. «Колебания коробчатой конструкции здания при динамических нагрузках». //Материалы международной научно-технической конференции «Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механики грунтов и сложных реологических систем» // Самарканд-2013г., 19-20 апреля. С.226-230.

17. Усаров М.К., Аюбов Г.Т., Маматисаев Г.М. Динамический расчет коробчатой конструкции здания. Материалы Международной научно-технической конференции «Прочность конструкций, сейсמודинамика зданий и сооружений» г. Ташкент 12-14 сентябрь 2016 г. С.199-202.

18. Г.Т. Аюбов, Г.И. Маматисаев. Расчет на сейсмостойкость коробчатой конструкции здания. Innovatsion rivojlanish davrida intensiv yondashuv istiqbollari” mavzusidagi xalqaro konferensiyasining Namangan 2018 yil 10-11 iyul materiallari to’plami. С 344-346.

19. Усаров М.К., Маматисаев Г.М. Вынужденные колебания коробчатой конструкции здания при динамических воздействиях//Материалы I-ой Международной научно-практической конференции. 24-25 мая 2019 год, г. Фергана. Том 1. С.498-501.

20. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. Колебания коробчатой конструкции крупнопанельных зданий при динамических воздействиях // Материалы XXVII междунар. науч.-практ. конф. 7 октября, Москва–2019 г., – № 8(27).– С. 53-62.

21. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. Расчет напряжений панелей и стыковых соединений коробчатой конструкции зданий // Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти. Республика илмий-амалий конференцияси. «Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими», 20-21 ноябрь 2019 й., Тошкент-2019 й.

22. Маматисаев Г.И., Усаров Д.М. Колебания крупнопанельных зданий при сейсмических воздействиях // Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти. Республика илмий-амалий конференцияси. «Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими», 20-21 ноябрь 2019 й., Тошкент-2019 й. –С.406-409

23. Усаров М.К., Маматисаев Г.И., Аюбов Г.Т. «Расчет напряжения коробчатой конструкции здания». Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Номер заявки DGU 07235, 26.11.2019г.

24. Усаров М.К., Маматисаев Г.И. «Динамический расчет коробчатой конструкции здания». Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Номер заявки DGU 07342, 11.12.2019 г.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
«ЎзМУ хабарлари» таҳририятида таҳрирдан ўтказилди

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 68.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.



ЎЗМУ ХАБАРЛАРИ ВЕСТНИК НУУЗ АСТА NUUZ

МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ИЛМИЙ ЖУРНАЛИ

МАЪЛУМОТНОМА

Маматисаев Ғиёсиддин Илхомидиновичнинг 01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси ихтисослигидан техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун ёзилган “Элементларининг ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда бино қутисимон конструкциясининг динамик ҳисоблаш усули” мавзусидаги диссертация автореферати ўзбекча матни таҳрирдан ўтказилди.

Мухаррир:



З. Мажид