

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЭНЕРГЕТИКА ВА АВТОМАТИКА ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.Т.02.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЯКУБОВ САБИР ХАЛМУРАДОВИЧ

**МУҲАНДИСЛИК КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИНИ
ЛОЙИҲАЛАШТИРИШНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН
ТИЗИМИДА КОНСТРУКТОРЛИК ВА ТЕХНОЛОГИК ЕЧИМЛАРИНИ
СИНТЕЗ ВА ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва
бошқариш (техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент шаҳри – 2015 йил

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Якубов Сабир Халмурадович	
Муҳандислик конструкциялари ва қурилмаларини	
лойиҳалаштиришнинг автоматлаштирилган тизимида конструкторлик	
ва технологик ечимларини синтез ва таҳлил қилиш усуллари ва	
алгоритмлари.....	3
Якубов Сабир Халмурадович	
Методы и алгоритмы синтеза и анализа конструкторских и	
технологических решений в системе автоматизированного	
проектирования инженерных конструкций и сооружений	29
Yakubov Sabir	
Methods and algorithms of synthesis and analysis of desing and technological	
solutions in computer-aided design of engineering structures and	
buildings	55
Эълон қилинган ишлар рўйхати	
Список опубликованных работ	
List of published works.....	80

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЭНЕРГЕТИКА ВА АВТОМАТИКА ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.Т.02.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЯКУБОВ САБИР ХАЛМУРАДОВИЧ

**МУҲАНДИСЛИК КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИНИ
ЛОЙИҲАЛАШТИРИШНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН
ТИЗИМИДА КОНСТРУКТОРЛИК ВА ТЕХНОЛОГИК ЕЧИМЛАРИНИ
СИНТЕЗ ВА ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва
бошқариш (техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент шаҳри – 2015 йил

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.5.Т310 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Қарши давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.tdtu.uz) ва “ZiyoNet” таълим ахборот тармоғида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Назиров Шодмонқул Абдурозикович

физика-математика фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Бекмуратов Тўлқин Файзиевич

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси
академиги, техника фанлари доктори, профессор

Юлдашев Таджимат

техника фанлари доктори, етакчи илмий ходим

Назаров Улуғбек Султонович

техника фанлари доктори

Етакчи ташкилот:

Тошкент ахборот технологиялари университети

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Энергетика ва автоматика институти ҳузуридаги 16.07.2013.Т.02.01 рақамли илмий кенгашнинг 2015 йил « 8 » июл соат 9⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2 уй. Тел./факс: (99871) 2464600, (99871) 2271032, e-mail: tstu_info@edu.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (6 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси 2 уй. Тел./факс: (99871) 2460341).

Диссертация автореферати 2015 йил « 6 » июн куни тарқатилди.

(2015 йил « 6 » июн даги 2 рақамли реестр баённомаси).

Н.Р.Юсупбеков,

Фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш раиси,
Ўзбекистон Республикаси ФА академиги, т.ф.д., профессор

О.О.Зарипов,

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

Ш.М.Гулямов,

Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

Кириш (Докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Муҳандислик конструкцияларини юқори сифатли ва ишончли лойиҳалаш билан бир вақтда материаллар ва бошқа молиявий ҳамда меҳнат ресурсларини иқтисод қилиш, шунингдек лойиҳалаш муддатларини қисқартиришни замонавий компьютер техникаси асосидаги автоматлаштирилган лойиҳалаш ва оптималлаштиришнинг замонавий усулларини жалб этмасдан амалга оширишнинг имкони йўқ. Замонавий фан ривожланишининг марказий йўналишларидан бири у ёки бу синфдаги масалаларни ечишга мўлжалланган янги математик моделлар, самарали алгоритмлар, амалий дастурлар пакетлари ва тизимларини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Жамият ривожланишининг рақобатга асосланган бозор стратегияси лойиҳалаш муддатларига бўлган катъий талабларни қўймоқда. Бундай шароитларда автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими (АЛТ) дан фойдаланиш энг муҳим зарурият бўлиб қолади. Мамлакат халқ хўжалигининг тараққиёти ва ушбу секторда фаннинг ролини ортиб бориши илмий-техник ходимлар олдида ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш, материалларни тежаш, маҳсулот сифатини ошириш, объектларни лойиҳалаш ва ишга тушириш муддатларини қисқартириш каби муаммоларни қўяди. Фан олдида эса бу муаммоларни мутахассислар томонидан муваффақиятли ҳал қилинишига қаратилган интилишларнинг назарий, услубий ва амалий асосларини таъминлаш масаласи қўйилган. Муаммоларнинг мураккаблиги бозор шароитларида қурилиш лойиҳалашлари жараёнини бошқаришнинг амалий масалаларини ечишни таъминлаш имконини берадиган, асосланган ва амалий жиҳатдан тасдиқланган математик моделлар ва усулларни, жумладан АЛТ технологиялари ва автоматлаштирилган бошқариш тизимлари (АБТ) дан фойдаланишни талаб этади. Муаммонинг амалий аҳамияти қўйилган масалаларни ечиш учун лойиҳа-технологик ҳужжатларни ишлаб чиқишда лойиҳалаш жараёнларини бошқариш самарадорлигини оширишда тадқиқотларнинг амалиётдаги асосий ҳолатлари ва тавсияларидан, жумладан турли вазифаларни бажаришга мўлжалланган АЛТ ва АБТдан фойдаланишни кўзда тутди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сонли «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини янада жорий этиш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори асосида автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимларини ривожлантириш бўйича Ўзбекистон Республикаси ҳукумати томонидан қабул қилинган мажмуавий чора-тадбирлар замонавий ахборот технологиялари асосида ишлаб чиқилган дастурий маҳсулотларни кенг тарқалиши ва жорий этилишига йўналтирилган. Шундан келиб чиққан ҳолда, муҳандислик конструкцияларини тадқиқ қилиш ва оптималлаштириш учун дастурий воситалар мажмуасини яратиш ўта долзарб ва шу билан биргаликда халқ хўжалиги аҳамиятига молик бугунги куннинг муҳим назарий ва амалий муаммоси ҳисобланади.

АЛТ бугунги кунда техник ишланмалар яратиш муддатларни қисқартириш ва сифатини ошириш ҳамда муҳандислик меҳнати ва илмий фаолияти унумдорлигини оширишнинг энг самарали воситаларидан бири ҳисобланади. Лойиҳалашни автоматлаштиришга бўлган замонавий ёндашувлар кўп меҳнат талаб қиладиган ҳисоблашларни амалга ошириш, ахборот қидируви ёки техник ҳужжатларни тайёрлаш учун компьютердан фойдаланиш билан чекланиб қолмайди. Бугунки кунда сўз интеллектуал инсон-машина тизимлари деб номланадиган тизимларни яратиш ҳақида бормоқда ва унинг доирасида илмий тадқиқотдан бошлаб конструкторлик ва технологик ҳужжатларни ишлаб чиқиш, қатор ҳолларда макет ва синов намуналарини тайёрлашгача бўлган лойиҳа ишларининг барча циклини амалга ошириш мумкин бўлади.

Диссертация ишига бўлган зарурият, илмий тадқиқотдан бошлаб конструкторлик ва технологик ҳужжатларни тайёрлаш билан боғлиқ бўлган лойиҳа ишларининг барча циклини бажариш, ишлаб чиқаришга автоматлаштирилган лойиҳалаш усуллари ва алгоритмларини кенг жорий этиш, оптимал муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш жараёнларини бошқаришни автоматлаштириш зарурлиги ва мақсадга мувофиқлиги билан тавсифланади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур диссертация фан ва технологиялар ривожланишининг қуйидаги устувор йўналишига мос равишда бажарилган: ИТД-17 - «Ахборот ва телекоммуникация технологияларини кенг ривожлантириш ва жорий этишни таъминлайдиган замонавий ахборот тизимлари, бошқариш ва ўқитишнинг интеллектуал воситалари, илмий-техник маълумотлар базаси ва дастурий маҳсулотларини ишлаб чиқиш».

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи. Муҳандислик конструкцияларининг автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимларида конструкторлик ва технологик ечимларни таҳлил қилиш ва синтези учун мўлжалланган янги математик моделлар ва самарали алгоритмларни ишлаб чиқишга бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар Autodesk (АҚШ), Siemens PLM Software (Германия), Toto (Япония), Acme Infotech Company (Индия), "ПОЛИТЕХ-УИМП-XXI ВЕК" масъулияти чекланган жамияти (Россия) каби мамлакатларнинг йирик фирмалари, компаниялари, илмий марказлари, университет ва илмий-тадқиқот институтларида самарали илмий изланишлар олиб борилмоқда ва натижалар амалиётга жорий қилинмоқда.

Мазкур илмий-тадқиқот марказларининг илмий-тадқиқот натижалари қуйидагилардан иборат: муҳандислик конструкциялари элементларининг оптималлаштириш масалалари синфларини ечиш учун автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимлари яратилган (Autodesk); конструкциялар синфларини оптимал лойиҳалашнинг амалий дастурлари ишлаб чиқилган (Siemens PLM Software); муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш жараёнини автоматлаштириш учун математик моделлар ва ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган (Toto); муҳандислик конструкциялари ва иншоотларини

ҳисоблаш ва математик моделлаштириш (Acme Infotech Company); SCAD, AutoCAD, Tower, LIRA, Arhcad, Ansys, 3D MAX, SolidWorks каби лойиҳалаш технологиялари ва дастурий таъминотлардан фойдаланиб, қурилиш лойиҳалашлари бўйича ҳисоблашлар, лойиҳалаш технологиялари ва дастурий таъминот воситалари ишлаб чиқилган ("ПОЛИТЕХ-УИМП-XXI ВЕК" масъулияти чекланган жамияти).

Бугунги кунда муҳандислик конструкциялари АЛТларининг ривожланиши автоматлаштирилган лойиҳалашнинг технологик жараёнлари ва уларнинг математик, технологик ва услубий таъминотларини яратиш ва такомиллаштириш бўйича устувор илмий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаш ва оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари методологик асослаш муаммолари Л.В. Канторович, Н.Н. Моисеев, В.С. Михалевич, Б.Н. Пшеничный, Ю.М. Данилин, Л.А. Растрин, Л.И. Половинкин, Р.Г. Стронгин, Ю.Г. Стоян, А.Н. Кудинов, В.А. Колдунов, В.П. Малков, А.Г. Угодчиков, В.Л. Рвачев, Л.В. Курпа, В.К. Кабулов, Т.Ф. Бекмуратов, Т. Буриев, Р. Садуллаев, О.М. Набиев, Ш.А. Назиров ва бошқалар томонидан ўрганилган.

Муҳандислик конструкцияларини оптимал лойиҳалаш муаммолари, халқ ҳўжалигининг қурилиш, ракетасозлик, самолётсозлик ва кемасозлик каби соҳаларида кенг қўлланиладиган конструкцияларни минимал вазн билан лойиҳалаш соҳасида И.М. Рабинович, А.И. Виноградов, Х.М. Муштар, В.В. Васильев, Ю.Н. Немировский, А.А. Чирас, В.Н. Паймушин, И.Н. Гинзбург, С.Н. Кан, А.Н. Кудинов, В.А. Колдунов, Н.В. Баничука К.И. Мажид, Ю.М. Почтман, Г.В. Филатов, В.Д. Гаджиев, М.Т. Уразбаев, В.К. Кабулов, Т.Р. Рашидов, Я.Н. Муборақов, К.Ш. Бабамуратов, Т.Б. Буриев, Ф.Б. Абуталиев, К.С. Абдирашидов, Ф. Бадалов, Б. Курманбаев, Т. Юлдашев, Ш.А. Назировларнинг олиб борган тадқиқотлари техник тизимлар конструкцияларини ҳисоблашни автоматлаштириш, уларнинг хусусиятларини тўла тадқиқ қилиш ҳамда муҳандислик конструкцияларини муваффақиятли оптималлаштириш учун муҳим назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлди.

Илмий-техник адабиётларнинг аналитик шарҳи ва танқидий таҳлили натижалари оптималлаштириш масалаларини ечиш учун математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий мажмуаларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ илмий-техник муаммоларни ҳал қилишда муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаш жараёнларини автоматлаштириш учун ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситалари мажмуаси самарадорлигини ошириш билан боғлиқ масалаларга кам эътибор берилган. Муҳандислик конструкцияларининг АЛТ да конструкторлик ва технологик ечимларини алгоритмлаштириш масалалари бўйича етарли даражада тадқиқотлар ўтказилмаган. Шу боисдан, муҳандислик конструкцияларини лойиҳалашда оптималлаштириш масалаларининг кенг синфини ечишни автоматлаштириш усуллари ва воситаларини такомиллаштириш зарурияти юзага келади. Шу билан биргаликда тизимли

ёндашув асосида муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимларида конструкторлик ва технологик ечимларни таҳлил қилиш ва синтезлаш усуллари ва алгоритмлари ўзгача хусусиятлари ва ўзига хосликлари билан ажралиб туради.

Муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш ва оптималлаштириш муаммоларини ҳал қилишнинг янги йўналиши бўйича мазкур тадқиқотнинг натижалари АЛТ да конструкторлик ва технологик ечимларини шакллантириш ва алгоритмлаштиришни назарда тутди.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги қуйидаги лойиҳада акс этган: Ф4-016 – «R- функциялар конструктив усули базасида чизикли ва ночизикли қўйилган кўп ўлчамли оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари ва воситаларини ишлаб чиқиш» (2012-2016 йй.).

Тадқиқотнинг мақсади унификациялашган ахборот алмашинуви тамойиллари асосида конструкторлик ва технологик лойиҳалаш босқичларини жамловчи муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимини амалга ошириш учун илмий-методологик асосларини, математик моделлар, алгоритмлар, усуллар ва амалий ёндашувларни ишлаб чиқишдан иборат.

Мақсадга эришиш учун қуйидаги **тадқиқот вазифалари** қўйилган:

оптимал муҳандислик конструкцияларининг АЛТ ни куриш концепциялари ва тамойилларини ишлаб чиқиш;

муҳандислик конструкцияларини вариантли ва оптимал лойиҳалаш соҳасидаги илмий ва амалий ишланмаларни таҳлил қилиш;

юпқа деворли конструкцияларни оптималлаштириш масалаларини ечиш учун математик моделларни ишлаб чиқиш, дастурий воситалар мажмуаси ва самарали алгоритмларини яратиш;

муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш алгоритмлари мувофиқлигини тадқиқ қилиш ва уларни параметрик оптималлаштириш;

муҳандислик конструкциялари АЛТ да конструкторлик-технологик ечимларини таҳлил қилиш, синтезлаш ва оптималлаштиришнинг имитацияли моделлаштиришига асосланган оптималлаштиришнинг алгоритмик тизимларини ишлаб чиқиш;

муҳандислик конструкцияларини оптималлаштириш алгоритмлари ва моделларини тадқиқ қилиш бўйича ҳисоблаш тажрибаларини ўтказиш;

пластин динамикаси масалаларини ечишда нейротармоқли ёндашувни амалга ошириш;

диссертация ишининг ишланмалари ва аниқ тавсияларини муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган вариантли лойиҳалаш амалиётига жорий этиш.

Тадқиқот объекти сифатида аркалар, пластин ва қобик асосида муҳандислик конструкцияларини вариантли лойиҳалаш жараёнлари қаралган.

Тадқиқот предмети — математик моделлар, муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалашда оптималлаштириш масалаларини ечишнинг дастурий таъминоти ва ҳисоблаш алгоритмлари.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, автоматлаштирилган лойиҳалаш усуллари, математик моделлаштириш, сонли усуллар, оптималлаштириш усуллари, математик дастурлаш, математик физика усуллари, деформацияланадиган қаттиқ жисмлар механикаси ва қурилиш механикаси, алгоритмик усуллар, дастурлаш технологияси ва ҳисоблаш тажрибаси усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

оптимал муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш жараёнини автоматлаштиришда оптималлаштириш масалаларини ечиш учун математик моделлар ва ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

муҳандислик конструкциялари элементларининг оптималлаштириш масалалари синфларини ечиш учун автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимларини қуриш тамойиллари шакллантирилган ва назарий мулоҳазалар ишлаб чиқилган;

локал ҳамда глобал экстремум каби тасодифий қидирувнинг самарали алгоритмлари синфи ишлаб чиқилган;

конструкциялар синфларини оптимал лойиҳалашнинг амалий дастурлари муаммоли-йўналтирилган пакетларини қуриш тамойиллари ва методологияси ишлаб чиқилган;

муҳандислик конструкциялари ва иншоотларини ҳисоблаш ва оптималлаштиришнинг қатор муҳим масалалари ечилган;

ясси пластиналар динамикаси масалаларини ечишда нейронли тармоқ яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

оптимал муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш жараёнини автоматлаштириш имконини берадиган дастурий воситалар мажмуи ишлаб чиқилган;

қалинлиги ўзгарувчан қобиқ ва пластиналардан тузилган мураккаб конструкцияларни тадқиқ қилиш ва оптималлаштиришда дастурий воситалар мажмуининг самарадорлиги ҳамда таклиф этилган ёндашувни қўллаш қатор ҳолларда конструкциянинг вазнини камайтириш имконини бериши кўрсатилган;

ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари қобиқларни қалинлиги ўзгарувчан қилиб тайёрлашнинг мақсадга мувофиқлигини, шунингдек минимал вазнли қобиқлар синфини лойиҳалашда оптималлаштириш масалаларини қўйиш ва ечиш самарадорлиги кўрсатилган;

чеккалари эркин тақилган ёки қаттиқ қисилган ясси пластиналарнинг мажбурий тебранишларини моделлаштириш масалаларини ечишда нейротармоқли ёндашувни амалга ошириш йўллари кўрсатилган;

юпқа деворли конструкцияларни оптималлаштириш бўйича ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари муҳокама этилган;

ўтказилган тадқиқот натижалари ва ишланмаларини қўллаш сезиларли халқ хўжалиги аҳамиятидаги самарага эришиш билан муҳандислик

конструкцияларини ҳисоблаш ва оптималлаштиришнинг қатор муҳим амалий масаларини ечиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги назарий ва ҳисоблаш тажрибавий тадқиқотларда олинган натижалар ва уларни ўзаро адекватлиги, уларни амалиётга жорий қилинганлиги, тадқиқот натижаларини турли илмий конференцияларда муҳокама қилиш ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияси рўйхатидаги илмий журналларда эълон қилинган илмий ишлар билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг назарий аҳамияти юпқа деворли конструкцияларни оптималлаштириш ҳисоблаш услубияти, ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситалар мажмуаси биргаликда муҳандислик конструкцияларини АЛТ да конструкторлик ва технологик ечимларни шакллантириш ва алгоритмлаштиришнинг ягона концепциясини ҳосил қилишидан иборат.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти муҳандислик конструкцияларини АЛТ да конструкторлик ва технологик ечимларни таҳлил қилиш ва синтезлашда ишлаб чиқилган усуллар ва алгоритмларнинг самарали қўлланишидан иборат. Ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари мустаҳкамлик захираси бир хил конструкциялар вазни бўйича 20 марта фарқ қилишини, яъни қалинлиги ўзгармас конструкциялар ўрнига қалинлиги ўзгарувчан қобикли конструкцияларни қўллашда вазн 14 фоизга (цилиндрсимон қобиклар учун) ва 27 фоизга (конуссимон қобиклар учун) камайиши кўрсатилган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Илмий тадқиқот ишининг натижалари асосида: муҳандислик конструкциялари ва қурилмаларини лойиҳалаштиришнинг автоматлаштирилган тизимида конструкторлик-технологик ечимларни таҳлил қилиш, синтезлаш ва оптималлаштиришнинг имитацияли моделлаштиришга асосланган оптималлаштиришнинг алгоритмик тизимлари Ўзбекистон Республикаси давлат архитектура ва қурилиш қўмитаси корхоналарида, жумладан, «Таъмир-лойиҳа» масъулияти чекланган жамиятида ишлаб чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси давлат архитектура ва қурилиш қўмитасининг 2015 йил 15 апрелдаги №1813/18-003-сонли маълумотномаси). Тадқиқотдан олинган натижалар математик моделлар ва ҳисоблаш алгоритмлари асосида дастурий маҳсулотлардан фойдаланиш туфайли иш унумдорлиги ортиши муҳандислик объектларни лойиҳалаш ва ишга тушириш муддатларини қисқартириш, шунингдек, конструкция вазнини оптималлаштириш натижасида мустаҳкамлик захираси бир хил конструкциялар вазни бўйича 20 марта фарқ қилиши, яъни қалинлиги ўзгармас конструкциялар ўрнига қалинлиги ўзгарувчан қобикли конструкцияларни қўллашда вазннинг 14 фоизга (цилиндрсимон қобиклар учун) ва 27 фоизга (конуссимон қобиклар учун) камайиши билан материаллар ва меҳнат ресурсларининг тежалишига эришиш натижасида иқтисодий самара 100 млн. 55,4 минг сўмни ташкил этган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 28 та илмий-амалий конференцияларда, жумладан 18 та халқаро: «Математик

моделлаштириш ва ҳисоблаш тажрибаси» мавзусидаги халқаро конференциясида (Тошкент, 1994); «Саноат автоматлаштириши учун интеллектуал тизимлар» мавзусидаги бутунжаҳон конференциясида (WCIS – 2008, 2010, 2012, 2014) (Тошкент, 2008, 2010, 2012, 2014); «Механиканинг замонавий муаммолари» мавзусидаги халқаро илмий –техник конференция (Тошкент, 2009); «Мураккаб тизимларни оптималлаштириш» мавзусидаги Еттинчи Осиё мактаб-семинари (Тошкент, 2011); «International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing» (ICAFS – 2014) (Paris, 2014); «Технология ва таълимда инновациялар» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференциясида (Белово-Россия, Велико Тирново, Болгария, 2013, 2014); «Фан, техника ва технологияларнинг истикболли йўналишлари» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференциясида (Курск, 2013, 2014); «Машинасозликда ва қурилишда конструкцияларни лойиҳалаш ва хавфсизлик» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференциясида (Курск, 2013); «Замонавий инструментал тизимлар, ахборот технологиялари ва инновация» мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференциясида (Курск, 2014) ва 10 та республика илмий анжуманларида: «Математик моделлаштириш ва ҳисоблаш тажрибаси» (Тошкент, 2002; Қарши, 2003, 2005, 2007, 2009); Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳалар Республика ярмаркасида (Тошкент, 2010); шунингдек ЎзР ФА Математика ва ахборот технологиялари институтининг «Алгоритмлаш» лабораторияси илмий семинарлари (2000-2011) ва Қарши давлат университети профессор-ўқитувчиларининг йиллик илмий-назарий ва амалий анжуманларида (Қарши, 1991-2014) апробациядан ўтказилган.

Дисертация ишининг асосий натижалари Қарши давлат университетининг «Амалий математика ва информатика», «Олий математика», «Физика», «Меҳнат таълими ва чизмачилик» ва «Энергетика» кафедраларининг бирлашган илмий семинарида (Қарши, 2014), Тошкент давлат техника университети ва Энергетика ва атоматика институти ҳузуридаги 16.07.2013.Т.02.01 рақамли илмий кенгаш ҳузуридаги 05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқариш (техника фанлари) ихтисослиги бўйича илмий семинарда (Тошкент, 2015) маъруза қилинган ва муҳокама этилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 57 та илмий иш, жумладан 3 та монография, улардан 1 таси хорижда чоп этилган, 19 та илмий мақолалар, улардан 3 таси хорижий журналларда, 19 та илмий мақолалар халқаро илмий конференциялар материаллари тўпламида нашр қилинган ва 3 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, 4 та илова, 200 саҳифа матн, 36 та расм ва 31 та жадвалдан иборат.

Диссертациянинг асосий мазмуни

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш рўйхати, ишнинг апробацияси натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **биринчи боб** (Муҳандис конструкциялари ва қурилмаларини оптималлаштириш назарияси ва усуллари)ида муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаш ва уларни оптималлаштириш илмий муаммоларининг замонавий ҳолати аналитик шарҳи амалга оширилган, шунингдек оптималлаштириш масалалари синфини ечиш учун алгоритмик тизимларни яратишнинг илмий-техник муаммолари таҳлил қилинган, муҳандислик конструкцияларини оптималлаштириш масалаларининг қўйилишидан то сонли натижалар олинишигача бўлган автоматлаштирилган ечимининг умумий тамойиллари талқин қилинган. Оптималлаштириш масалаларини ечишда тизимли таҳлил ва синтез қилиш усуллариининг қўлланилишининг методологик асослари келтирилган. Муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш ва амалга оширишнинг замонавий суръатлари лойиҳа ечимлари сифатига ўзининг қаттиқ талабларини қўяди. Бугунги кунда нафақат мустаҳкамлик, устуворлик ва бикрлик талабларига жавоб берадиган конструкцияларни лойиҳалаш, балки технологик ва иқтисодий жиҳатдан янада самарали ечимларни олиш талаб этилади. Бу фақатгина, техник-иқтисодий кўрсаткичлар мажмуи бўйича конструкцияларнинг муқобил вариантлар тўплами таҳлил қилинадиган вариантли лойиҳалаш жараёнида амалга ошиши мумкин. Кўриб чиқиладиган жараёни қўлда амалга ошириш катта меҳнат ва кўп вақт талаб этади, бундан ташқари кўпи билан учта вариантни батафсил ишлаб чиқиш имконини беради. Натижада муҳандислик конструкцияларини вариантли лойиҳалаш жараёнига ҳисоблаш техникаси воситаларини жалб этишга тўғри келади.

Ишда муҳандислик конструкцияларининг хусусиятларидан бири, муҳандислик конструкциялари ва иншоотларининг сифат, ишлатиш ва иқтисодий кўрсаткичларига бўлган талабларнинг доимий ўсиб бориш шароитида уларни яратишнинг ҳаётий циклини бошланғич босиқичида истеъмолчилар ва буюртмачиларнинг дастлабки ахборот манбаларига тўғридан-тўғри уланиши ҳисобланади. Бу эса англонадиган, қайта ишланадиган ва бошқариладиган ахборотлар ҳажмининг анча ошишига, шунингдек концептуал, конструкторлик ва технологик лойиҳалашнинг математик моделларининг чуқур ахборотли интеграцияланиши заруриятига олиб келади. Барча шакллантирилган моделлар технологик фойдаланишга

автоматик тарзда таҳлил қилиниши керак, бу юқори сатҳли моделлаштиришга ўтиш ва фойдаланиладиган моделларни лойиҳа объектларининг хусусиятларини акс эттирувчи жиҳатларга кўра кенгайтириш зарурлигини билдиради.

Шулардан келиб чиққан ҳолда муҳандислик конструкцияларининг вариантли конструкторлик-технологик лойиҳалашни автоматлаштиришга бўлган янги ёндашувларини шакллантириш ва назарий асослашнинг мураккаб илмий-техник муаммоси алоҳида аҳамиятга эга бўлади. Ушбу предмет соҳасидаги мавжуд АЛТ ни таҳлил қилиш уларнинг қўйилган масалани самарали ечиш учун имкониятлари чегараланган эканлигини билдиради, бу уларга хос бўлган қатор чегараланишлар билан тушунтирилади. Аввало – бу лойиҳалашнинг геометрик парадигмага асосланганлиги, муҳандислик конструкцияларини тайёрлашнинг ўзига хосликларини ҳисобга олишнинг мавжуд эмаслиги, яратилаётган маҳсулотлар ҳаётий циклининг босқичларини интеграциялаш даражасининг пастлиги, конструкторлик-технологик ечимларнинг вариантлари тўғрилигини алгоритмик назорат қилишнинг йўқлиги, кўпгина конструкторлик-технологик амалларнинг ижро координатлари фазосидаги абстракциялашнинг паст даражаларида бажарилишидир.

Конструкторлик ва технологик АЛТ асосий функционал тизим ҳисобланадиган ягона ахборот фазосини қуриш стратегиясини амалга ошириш учун муҳандислик конструкциялари ва иншоотларининг геометрик моделларидан абстракциялашнинг юқори сатҳидаги объектли структуравий-атрибутив моделларга ўтишни амалга ошириш мақсадга мувофиқлиги кўрсатилган бўлиб, ахборотларни акс эттиришнинг эскизли сатҳи ўзида конструкторлик ва технологик жиҳатларни мужассамлаштиради.

Ушбу бобда муҳандислик конструкцияларининг юпқа деворли элементларини оптималлаштириш умумий масаласининг қўйилиши келтирилган, деформацияланувчи тизимларнинг ҳисобий моделларини танлаш амалга оширилган. Оптимал лойиҳалаш масаласини ечиш натижасида конструкциянинг шакллари, ички хоссалари ҳамда қўшимча чегараланишларни ҳисобга олган ҳолда унинг танланган тавсифлари экстремумига иш шароитлари аниқланган. Конструкцияларни оптималлаштириш масалаларининг қўйилиши қуйидагилардан иборат: асосий аниқловчи тенгламаларни (математик моделларни) ифодалаш; оптималлаштириладиган функционални танлаш; ҳолатлар функцияси ва қидирилаётган бошқариш ўзгарувчиларига бўлган чегараланишларни белгилаш. Лойиҳалашнинг якуний мақсади рационал маҳсулотлар, объектлар, конструкциялар, тизимлар ва шу кабиларни мавжуд ресурс ҳамда имкониятлардан фойдаланиб яратиш ҳисобланади.

Математик физиканинг чегаравий масалаларини ечишнинг сонли усуллари ривожланишида экстремал масалалар назарияси соҳасидаги муваффақиятлар, деформацияланувчи тизимлар механикасида оптималлаштириш масалаларини ечиш усуллари ва назариясини жадал ривожланишини белгилаб берди.

Диссертациянинг **иккинчи боб** (Оптималлаштиришнинг алгоритмик тизими учун тасодифий қидирув алгоритмларини ишлаб чиқиш)ида глобал ва тасодифий қидириш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш масалалари кўриб чиқилган ва уларга бўлган асосий талаблар шакллантирилган. Шартсиз ҳамда турли чегараланишлар мавжуд бўлганда оптималлаштириш масаласини ечишга қодир бўлган, кўп ўлчамли функцияларнинг глобал ва локал экстремумларини қидириш учун муаллиф томонидан ишлаб чиқилган алгоритмлар келтирилган. Локал қидирувнинг кейинги ривожини ГҚ-3 – глобал қидириш алгоритми ҳисобланиб, кўп экстремалли масалаларни ечишга мўлжалланган. Унда эвристик усулларни, масалан, қидириш жараёнидаги моделлар ҳақидаги ахборотларни тўплаш ўлчамини оширувчи ва олдин топилган минимумларга самарасиз вақт сарфлашнинг олдини олувчи “тақиқланган соҳалар” ни қуриш ва бошқалар қўлланилиши алгоритмнинг юқори самарадорлигига олиб келди. Мустаҳкамлик, устуворлик, бикрлик шартларини қаноатлантирувчи конструкцияларни оптималлаштириш учун мўлжалланган, тезлатувчи мувофиқли махсус алгоритм ишлаб чиқилган. Унинг ишланмасида мувофиқликни тезлатиш мақсадида, конструкциянинг оптимуми ҳар доим чегаралардан бирида ёки уларнинг кесишувида ётади деган асосдан фойдаланилган. Бунда алгоритмнинг ишчи қадами узунлиги қидирув тизимининг чегарадан узоклигига кўра белгиланади ва у қидириш вақтини анча қисқартирган ҳолда қидирув жараёнида ўзгартирилади. Агар оптимум чегарада жойлашганлиги априор маълум бўлса, ушбу алгоритмдан бошқа оптималлаштириш масалаларини ечишда ҳам фойдаланиш мумкин. Барча ишлаб чиқилган алгоритмлар оптималлаштиришнинг алгоритмик тизими (ОАТ) га киритилган.

Янги тизимлар, конструкциялар, қурилмалар, маҳсулотларни лойиҳалаш ва яратишда, турли талабларни ҳисобга олиш заруриятидан келиб чиққан ҳолда иш юритилади. Булар деформацияланувчи механик тизимларнинг (конструкцияларга) мустаҳкамлик, тизимнинг барча элементлари ва бўғинларининг турғунлигига қўлланилади. Оптималлик мезонлари бир ёки бир нечта самарадорлик мезонлари асосида шакллантирилади. Қабул қилинган оптималлик мезони ва чегараланишлар бўйича оптимал конструкцияни қидиришда оптимал бўлмаган, лекин рационал конструкцияни олиш мумкин. Масалан, агар технологик талаби миқдорий баҳосини топмаса ва чегараланишлар сонига кирмаса, унда минимал вазнли (вазнига кўра оптимал) лойиҳани олиш мумкин, лекин бу норационал лойиҳа унинг технологиксизлигига тенгдир. Оғир конструкция технологик нуқтаи назардан қулай бўлгани сабабли рационал бўлиши мумкин. Оптималлаштириш масалалари (ва уларнинг турли қўйилиши) умуман рационал лойиҳани ишлаб чиқиш жараёнида ўзида алоҳида кичик масалаларни намоён этади.

Универсаллик, оддийлик, тезкор хотирага минимал талаб, самарадорлик, шартли оптималлаштириш масалаларини ечиш, эвристика элементларининг

алгоритмларига уланиш, дискрет оптималлаштириш ва кўп экстремалли масалаларни ечиш каби оптималлаштириш масалаларини ечишга мўлжалланган ОАТ ва бошқалар амалий дастурлаш пакетларининг алгоритмларига қўйилган асосий талаблар шакллантирилган. Оптималлаштиришнинг умумий вазифадаги амалий дастурлаш пакетлари (АДП)нинг муваффақиятли ишлаши учун алгоритмлар пакетида қўйилган тўпламдаги алгоритмлар санаб ўтилган талабларни қониқтириши лозим. Ушбу алгоритмларни сонли тадқиқ этиш натижалари уларнинг юқори самарадор эканлигини кўрсатувчи тестли масалалар ечиш билан кўрсатилган.

Бугунги кунда автоматлаштирилган вариантли лойиҳалаш ва муҳандислик конструкцияларини ҳисоблашнинг дастурий таъминотлари асосан муҳандислик таҳлилининг SCADA, LIRA, ANSYS, NASTRAN ва бошқа дастурий мажмуалари билан тақдим этилган бўлиб, чекли элементлар усули (ЧЭУ) бўйича турли мураккабликдаги конструкцияларни ҳисоблаш ва математик моделларини қуриш имконини беради. Бироқ уларнинг кўпчилиги ўзининг функционалликка кўра оптималлаштириш ҳисоблари модулларини ўзига киритмаган ёки жуда чекланган миқдорда киритган. Ушбу модуллар масалалар ечимларини қидиришга бўлган ёндашувлар асосида амалга оширилган бўлиб, улар олинган қийматлар бўйича оптималлаштиришнинг ишлатилаётган усули асосида лойиҳалаш ўзгарувчиларини ўзгартириш ва конструкцияларнинг кучланганлик-деформацияланган ҳолати (КДХ) параметрларини аниқлаш мақсадида конструкцияларни чекли-элементли таҳлил қилиш жараёнларига итерацион амалларни кетма-кет қўллашга таянади. Бундай ёндашув танланган қидириш усули билан ҳисоблашга кетадиган вақтга каттиқ боғланган бўлади: бунда ҳисоблаш тезлиги тўғридан-тўғри ечимни қидириш учун зарур бўлган, оптималлаштиришнинг қабул қилинган усули ва қидириш фазосининг ҳажми билан бериладиган итерациялар сонига боғлиқ. Вариантли лойиҳалаш тизимларини қуришдаги устунлик оптималлаштиришнинг тезкор ва самаралироқ алгоритмларига берилади. Бунда кўпинча алгоритмларнинг универсаллиги ва оммабоплиги (яъни турли хил масалаларни ечишда уларнинг қўлланилиш соҳасининг кенглиги) ҳақидаги масалалар иккинчи ўринга ўтади. Натижада кафолатланган аниқлик ва ишонччилик билан қўйилган масалани ечиш учун сонли усуллар соҳасидаги жуда чуқур бўлмаган тушунчаларга эга бўлган тизим фойдаланувчиси аниқ алгоритмни мураккаб танлови олдида қолади.

Бундай вазиятларда оптималлаштиришнинг мукамал ва тезкор ишловчи алгоритмларини ишлаб чиқиш ва уларни муҳандислик конструкцияларининг АЛТ ларида қўллаш эмас, балки кенг синфдаги функцияларнинг экстремумларини топиш масалаларини ечиш учун мавжуд қидириш алгоритмларини юмшоқ сошлаш ва мослашувчан механизмлардан фойдаланувчи тизимларни қуриш самаралироқ ҳисобланади.

Турли объектлар(жумладан муҳандислик конструкцияларини ҳам)ни лойиҳалаштиришда турли оптималлаштириш масалаларини ечишнинг амалий зарурияти оптималлаштириш дастурларининг кутубхоналари, турли даражада ва вазифадаги амалий дастурлар пакетларини яратишга олиб келди.

Диссертациянинг **учинчи боб** (Алгоритмларнинг яқинлашувчанлиги ва параметрик оптималлаштириш)ида параметрик оптималлаштириш ва мунтазам, статистик алгоритмларнинг мувофиқлигини тадқиқ қилиш масалалари тавсифланган. Алгоритмларни оптималлаштириш масалаларини математик дастурлаш масаласи сифатида мазмунан қўйилиши келтирилган бўлиб, унда оптималланувчи параметрлар сифатида алгоритмларнинг мувофиқлик тезлигига таъсир этувчи турли параметрлари қаралади; мақсад функцияси сифатида қўйилган масалани берилган аниқлик билан ечиш учун зарур бўладиган ҳисоблашлар миқдори қабул қилинади. Ушбу масалаларнинг мумкин бўлган бошқа қўйилишлари ҳам тавсифланган, уларнинг хусусиятлари кўриб чиқилган ва ечиш усуллари таклиф этилган.

Маълум синфдаги масалаларни ечишда алгоритмларнинг мувофиқлик тезлигига таъсир этувчи параметрларнинг оптимал қийматларини аниқлаш алгоритмларни параметрик оптималлаштириш дейилади.

Алгоритмларнинг ташқи параметрлари сифатида масаланинг қўйилишидаги дастлабки маълумотларлар билан берилган бошланғич қийматлари қабул қилинади.

Бу - алгоритмларни ишида иштирок этувчи маълум константалар бўлиб, уларнинг аниқ қиймати масалаларни ечишнинг назарияси ва амалиётидан ҳам маълум эмас.

Биз маълум синфдаги масалаларни максимал тезликда ечишга имкон берадиган алгоритмларнинг ташқи параметрларни аниқлаш билан ана шу синфдаги масалаларни ечиш учун алгоритмларни созлаш масаласини ҳал қилган бўламиз.

Бироқ, барча алгоритмларнинг масалани ечиш жараёнида мувофиқлигини яхшилаш мақсадида параметрларнинг ўзгариши, тасодифий қидирув алгоритмларининг эса қидирув эҳтимоллиги хоссалари ўзгариши каби адаптивлик хос.

Аниқ масаларни ечишда алгоритмларни адаптивлигига таъсир қилувчи параметрлар эса алгоритмларнинг ички параметрлари ҳисобланади.

Алгоритмларни аниқ масалаларга созлаш жуда мураккаб бўлиб, у ёки бу масалалани ечиш тезликларини мувофиқлаштириш алгоритмларнинг параметрларига боғлиқлиги аниқланмаган, яъни алгоритмларнинг оптимал қийматларини танлаш усуллари, тавсиялари йўқ. Алгоритмларни тўғри созлаш муваффақияти тадқиқотчининг малакаси, тажрибаси ва интуициясига боғлиқ.

Бироқ, алгоритмларни масала ечишга созлашни формаллаштириш мумкин, буни учун уни оптималлаштириш ва қидирув алгоритмлари сифатида сонли ечилади.

Тасодифий қидирувнинг барча алгоритмлари турли масалаларни муваффақиятли ечиш учун яхши созланиш қобилиятига эга. Бу созланиш қидирувни амалга оширишга таъсир қиладиган алгоритмларни турли параметрларни аниқ танлаб олишда акс этади. Қ-1 – ГҚ-3 алгоритмларида баъзи бир параметрлар мажуд бўлиб, уларни ўзгартириш билан масалани

ечиш учун кетадиган машина вақти миқдорини локал ва глобал минимумларни топиш эҳтимоллигини ўзгартиришга эришиш мумкин.

Тасодифий алгоритмларни оптималлаштириш масаласи кўпкритерийли (ҳисоблашларнинг минимумида локал ва глобал минимумларни топиш эҳтимоллиги максимум бўлган аниқликни олиш зарурлиги) бўлиб, оптималлаштириш жараёнида оптималлаштирилаётган параметрларнинг қийматлари ҳақида аниқ натижалар олиш учун, $F > \varepsilon$ қийматли тест функциянинг минимумини қидираётган параметрларни керакли қийматлари олиниши ҳисобланади. Глобал ва тасодифий қидириш алгоритмларга қўйилган асосий талаблар шакллантирилган. Шартсиз ҳамда турли чегараланишлар мавжуд бўлганда оптималлаштириш масаласини ечишга қодир бўлган, кўп ўлчамли функцияларнинг глобал ва локал экстремумларини қидириш учун локал қидирувнинг ГҚ-3 – глобал қидириш алгоритми кўп экстремалли масалаларни ечишга мўлжалланган.

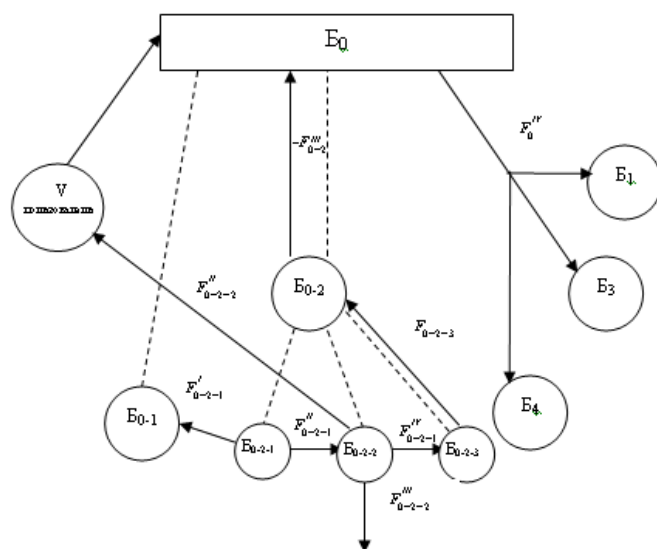
ГҚ-3 қидирув алгоритмининг параметрик оптималлаштириш натижалари кўп экстремал масалаларни ечиш мисолида алоҳида кўзга яхши ташланади. Оптималлаштириш масалаларини ечишда математик дастурлаштиришнинг регуляр алгоритмларини қўллаш мумкин эмаслиги, бу масалаларни ечиш учун глобал қидирув алгоритмлари (жумладан, ГҚ-3 қидирув алгоритми) дан фойдаланиш зарурлиги аниқланди.

Параметрик оптималлаштириш баъзи ҳолларда структуравий оптималлаштиришга олиб келади. Тест масалаларини ечишда ГҚ-3 қидирув алгоритмининг параметрларининг оптимал қийматларини олиш натижалари, ГҚ-3 қидирув алгоритмининг тезкор пасайиши, чизиқли тактикали ва бошқа алгоритмлар сифатида ишлашини кўрсатди. Бундай вазиятларда оптималлаштиришнинг мукамал ва тезкор ишловчи алгоритмларини ишлаб чиқиш ва уларни муҳандислик конструкцияларининг автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимида қўллашда, мақсад функцияларининг экстремумларини топиш масалаларини ечиш учун мавжуд қидириш алгоритмларини юмшоқ созлаш ва мослашувчан механизмлардан фойдаланувчи тизимларни қуриш кўпроқ самарали ҳисобланади. Турли хил тест масалаларини ечишда тезкор пасайиш, туташ градиентлар, Ньютон методи алгоритмларини, шунингдек статистик алгоритмларини параметрик оптималлаштириш натижалари келтирилган ва таҳлил қилинган. Оптималлаштириш масалалари синфларини ечиш кетма-кетликларини автоматик қуриш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган. Кетма-кетликларни ҳосил қиладиган ихтиёрий алгоритмга қараганда мувофиқликнинг юқори тезлигини таъминлайдиган кетма-кетликларни қуриш натижалари келтирилган.

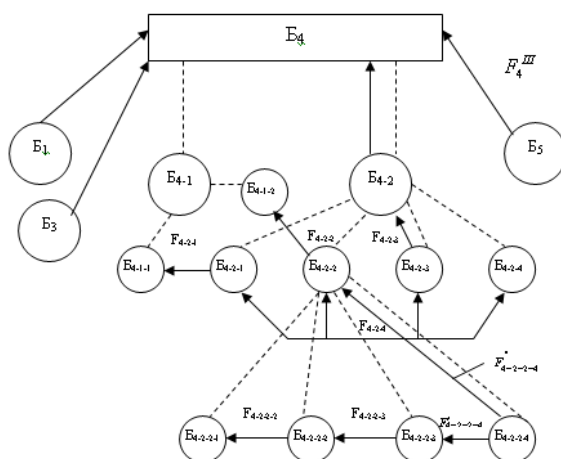
Оптимал алгоритмлар ва уларнинг кетма-кетликларини танлаш учун математик моделларни тадқиқ қилиш ва идентификациялаш лозим, яна шу бобда тасодифий қидирув алгоритмларини қўллаб стохастик силликлантиришга асосланган моделларни автоматлаштирилган тадқиқ қилиш ва идентификациялаш усуллари келтирилган. Масалаларнинг турлича қўйилиши ва уларни ечишнинг сонли натижалари келтирилган.

Диссертациянинг **тўртинчи боб** (Оптималлаштиришнинг алгоритмик тизими структураси ва унинг ишлашини ташкил этиш)ида оптимал муҳандислик конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалашнинг алгоритмик ва дастурий компонентлари фаолиятининг ташкил этилиши ва структураси тавсифланган. Оптималлаштирилаётган объектлар синфига нисбатан инвариант бўлган оптималлаштиришнинг алгоритмик тизими (ОАТ) таклиф этилган. У ёрдамчи ва алгоритмик банклардан ташкил топган: B_0 – масалаларнинг қўйилиш банки, B_1 – маълумотлар банки, B_3 – белгилар банки, B_4 – моделлар банки, B_5 – алгоритмлар банки, B_6 – ҳисоблаш банки, B_7 – тезкор банк (монитор). Уларнинг структуралари тавсифи, банклар ва асосий модулларнинг функциялари берилган, банкларнинг ахборот-мантиқий схемалари келтирилган. ОАТ да монитор функцияларини декомпозициялаш қўлланилган. Тизим ишининг масалаларни қўйилишини шакллантириш, уни қўйилишини назорат қилиш, хотирасини тақсимлаш, бошланғич маълумотларни киритиш, моделларни тадқиқ қилиш ва идентификациялаш, рухсат этилган алгоритмларни танлаш, уларни масалага созлаш, алгоритмларнинг кетма-кетлигини қуриш, ишчи дастурларни шакллантириш ва ҳисобни юритиш кабиларни ўз ичига олувчи барча босқичларини таъминлаш учун жуда мураккаб ва баҳайбат монитор керак бўлар ва бу тизимни мураккаблаштирар эди. B_7 функцияларни декомпозициялаш қўйидагича амалга оширилади.

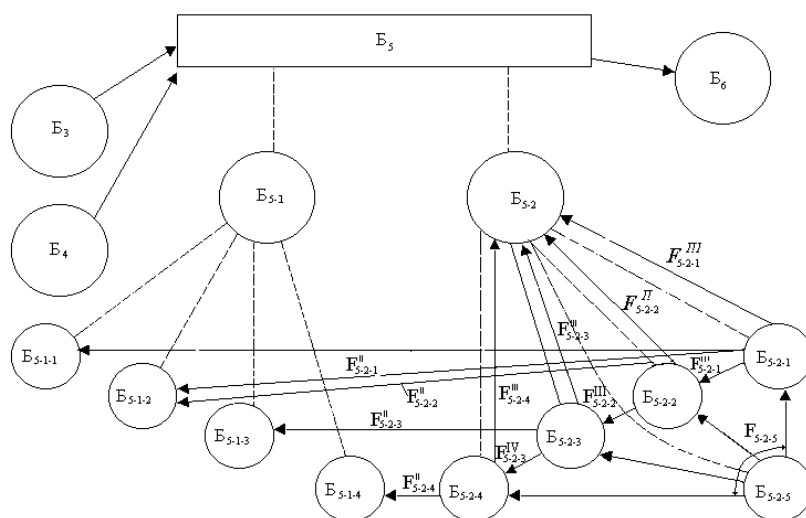
Масаланинг қўйилишида тизимга хизмат кўрсатувчи фойдаланувчи ва дастурчи ҳаракатларига боғлиқ бўлган турли хил хатоликлар юзага келиши мумкин. Бошланғич ахборот компьютерга киритилганидан то тизимнинг иши бошлангунича вақт ресурсларини тежаш мақсадида масаланинг қўйилишини синтаксик томондан тўғрилиги назоратини ўтказиш лозим. Бунинг учун B_0 да мос сервис дастурлари назарда тутилган бўлиши керак. B_0 нинг функционал схемаси 1-расмда келтирилган.



1-расм. Б₀ қўйилишлар банкининг функционал схемаси

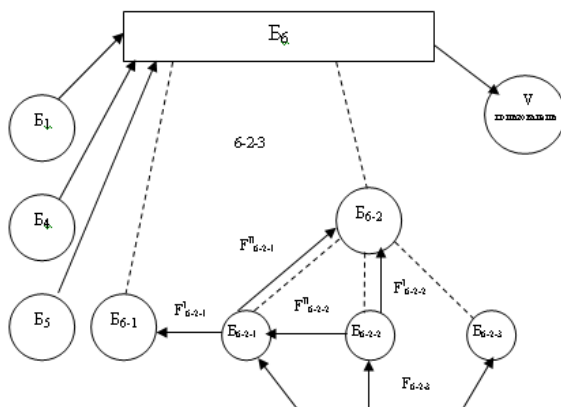


4-расм. B₄ моделлар банкининг функционал схемаси



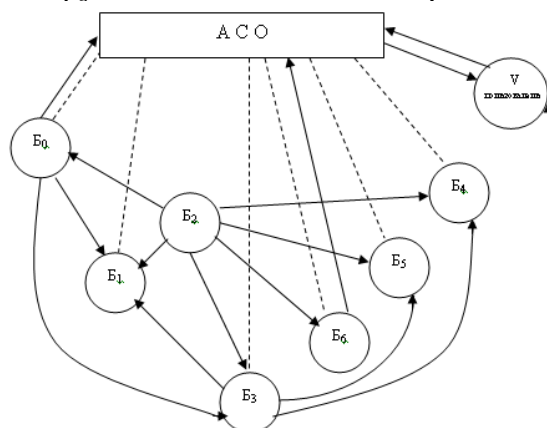
5-расм. B₅ алгоритмлар банкининг функционал схемаси

Ҳисоблаш банки B₆ алгоритмлар банкининг турли алгоритмларига мос келувчи қидириш моделларининг барчасини сақлаш, алгоритмлар банкдан ахборот олингандан сўнг мос модулни танлаш, маълумотлар банкдан олингандан сўнг кетма-кет ҳисоблашли масалаларни ечишнинг ишчи дастурларини шакллантиришга мўлжалланган. B₆ ҳисоблаш банкининг функционал схемаси 6-расмда келтирилган.



6-расм. B₆ ҳисоблаш банкининг функционал схемаси

Б₇ – тезкор банк (монитор) ОАТ деб аталади ва автоматик режимда ишлаб, қуйидагиларни назарда тутади: оптималлаштириш масалаларини унификациялаш; маълум масалалар қўйилишининг тўғрилигини назорат қилиш; компьютер хотирасини тақсимлаш; моделларни тадқиқ қилиш ва идентификациялаш; қўйилган масалаларни ечишга рухсат берилганлик ва уларнинг оптималлиги шартларидан алгоритмларни танлаш; масалалар синфи учун мувофиқлик тезлигини ошириш мақсадида алгоритмларни параметрик оптималлаштиришни ўтказиш; алгоритмларнинг оптимал кетма-кетлигини тузиш; ишчи дастурларни шакллантириш, ҳисобни юритиш. Б₇ (ОАТ) тезкор банкнинг функционал схемаси 7-расмда келтирилган.



7-расм. Б₇ (ОАТ) тезкор банкнинг функционал схемаси

Б₇ бошқа банкларнинг ташқи алоқалар функцияларини аниқлаб, уларнинг фаолият кўрсатиш тартибини белгилаб беради, зарур ҳолларда эса фойдаланувчининг хоҳишига кўра ўзгартириши мумкин. Ҳар бир банк ўзининг ахборот базаси ва функциялари кенг бўлмаган ички мониторида эга бўлган алоҳида АДПлар сифатида ўзини намоён этади. Шундай қилиб, Б₇ бошқа мониторларнинг ишларини ҳамда биринчи навбатда, ўзининг банки ишини бошқаради. Бошқаришнинг бундай иерархиялиги ихчам ва ишда эгилувчан мониторларни ишлаб чиқишга имкон беради.

Диссертациянинг **бешинчи боб** (Турли мақсадларга мўлжалланган муҳандис конструкцияларини оптималлаштириш ҳисоби натижалари)ида таклиф этилган алгоритмик тизимлар асосида қатор юпқа деворли конструкцияларни оптималлаштириш учун ўтказилган ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари келтирилган. Чегара шартлари ва ташқи кучлар тизими турлича бўлганда қалинлиги ўзгарувчан пластиналарни оптималлаштириш масаласи ечилган. Мувозанат тенгламаси энергия минимумининг вариацион тамойилидан келтириб чиқарилган. Умумий мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{\kappa=1}^3 \int_V \sum_{i=1}^3 L_{ki}(U_i) \delta U_k dv + \sum_{\kappa=1}^3 \iint_r \sum_{i=1}^3 F_{ki}^1(U_i) \bigg|_0^{\alpha_0} \delta U_k dr d\beta + \\
 & + \sum_{K=1}^3 \iint_r \sum_{i=1}^3 F_{ki}^2(U_i) \bigg|_0^{\beta_0} \delta U_k dr d\alpha + \iint_r \sum_{i=1}^3 \Gamma_{ui}^2(U_i) \bigg|_0^{\alpha_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \alpha} dr d\beta + \\
 & + \iint_r \sum_{i=1}^3 \Gamma_{4i}^2(U_i) \bigg|_0^{\beta_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \beta} dr d\alpha = \sum_{i=1}^3 \int_\alpha \int_\beta X_i \delta U_i d\alpha d\beta,
 \end{aligned} \tag{1}$$

бу ерда L_{ki} , Γ_{ki}^j – чизикли дифференциал операторлар.

Бу тенгламаларни мос чегара шартларига кўра ечиш юқорида тавсифланган алгоритмлар ёрдамида амалга оширилади. Бироқ баъзи хусусий ҳолларда, баъзи параметрларнинг маълум қийматларида қобикларни ҳисоблаш масалаларини қурилиш механикаси усулларини қўллаш билан декомпозициялаш мақсадга мувофиқ бўлиб, бу ечувчи алгоритмларни анча соддалаштиради.

Метрополитен туридаги муҳандислик объектларини оптималлаштириш бўйича ҳисоблаш тажрибалари натижалари, шунингдек оптималлаштиришнинг алгоритмик тизимлари асосида қобикли турдаги метрополитен конструкцияларини оптимал лойиҳалашнинг муаммоли-йўналтирилган АДПларини қуриш учун ОАТ нинг ривожланиш масалалари келтирилган. Оптималлаштиришнинг алгоритмик тизимидаги концепция ва тамойиллар асосида турли вазифадаги муҳандислик объектларини оптимал лойиҳалаш учун АДП ларини ишлаб чиқиш йўллари кўрсатилган бўлиб, алгоритмик турдагилар билан солиштирилганда, бу пакетда моделларни шакллантириш блоки юзага келади ва иншоотларнинг маълум синфига мўлжалланган дастурий пакетни ишлаб чиқиш имконияти ва заруриятини белгилаб беради. Метрополитеннинг бир гумбазли бекатларини аралаш темирбетонли қопламаларини, антисейсмик бўғинли доиравий темирбетон туннелли қобикларни ҳисоблаш ва оптималлаштириш масалалари ечилган. Материалларнинг аҳамиятли даражада тежалишига эришилган.

1-масала. Қалинлик ўзгариши $h(\beta)$ ни белгилаб берувчи h_0 ва h_1 коэффициентлар аниқлансин. Бунда:

$$\left. \begin{aligned} F = |\sigma - \sigma_{\max}| &\rightarrow \min; \\ 0,1m \leq h_0 \leq 0,2m; \quad h_1 &= 0,2 - h_0; \\ [\sigma] &= 2500 \text{ м} / \text{м}^2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Бу масалани ечим: $h_0 = 0,1221143m$ да $F^* = 0,00063m / \text{м}^2$.

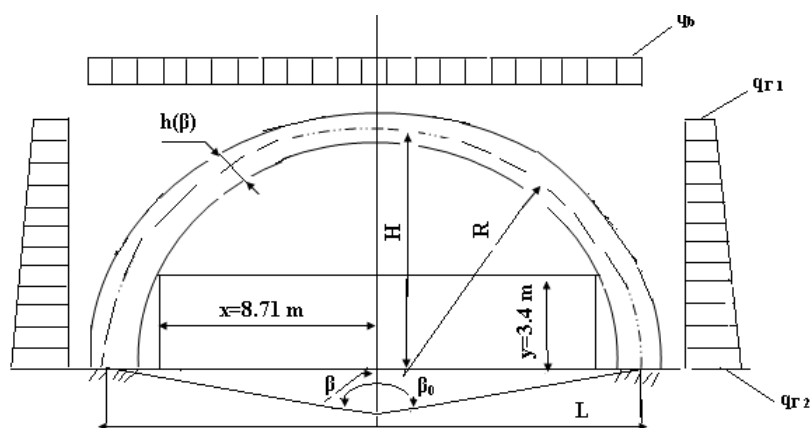
Метрополитеннинг бир гумбазли бекатини оптималлаштириш масаласига ўзгармас қалинлик ва доимий R радиусли чексиз узун цилиндрик қобикларни лойиҳалаш сифатида қаралади (8-расм).

Масала худди математик дастурлаш масаласи каби қўйилади: бетон сарфи минимумлигини таъминловчи ва мустаҳкамлик шартини қаноатлантирувчи қобик қалинлигининг ўзгариш қонуни $h=h(\beta)$ ва ёйилиш бурчагининг оптимал қиймати β_0 ни аниқлаш талаб этилади.

Бурчакли координата β га кўра гумбаз қалинлигининг ўзгариш қонунини қуйидаги кўринишда берамиз:

$$h = h_0 + h_1 \sin \frac{\pi\beta}{\beta_0}. \quad (3)$$

Оптималланувчи параметрлар: β_0 – қобик ёйилмаси бурчаги; h_0, h_1 – гумбаз қалинлигини белгиловчи параметрлар.



8-расм. Метрополитеннинг бир гумбазли бекатини ҳисоблаш схемаси

Поездлар ҳаракатини таъминлаш учун гумбазнинг эгрилик радиуси шундай бўлиши керак-ки, қайсики бунда $X = 8710 \text{ мм}$ ва $Y = 3400 \text{ мм}$ координатали нукта бекат ҳажмининг ичида жойлашсин. Шунга кўра ўрта юзадаги радиус R қуйидаги формула билан аниқланади:

$$R = \frac{7 \cdot \sin \beta_1 + \sqrt{49 \sin^2 \beta_1 + 363 \cos^2 \beta_1}}{2 \cos^2 \beta_1}, \quad (4)$$

бу ерда $\beta_1 = \frac{\pi - \beta_0}{2}$.

Гумбаз баландлиги H ва энининг кенглиги L қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$L = 2 \cdot R \cdot \cos \beta_1, \quad (5)$$

$$H = R(1 - \sin \beta_1). \quad (6)$$

Минималланувчи мақсад функцияси – гумбаз узунлигининг 1 метридаги материал ҳажми:

$$F_1(x) = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R h(\beta) d\beta = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R \left(h_0 + h_1 \sin \frac{\pi \beta}{\beta_0} \right) d\beta = R \beta_0 \left(h_0 + \frac{2h_1}{\pi} \right). \quad (7)$$

Қўйиладиган чегараланишлар:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\pi}{10} &\leq \beta_0 \leq \pi; \\ 0,5 \text{ м} &\leq h_0 \leq 1,5 \text{ м}; \\ -0,5 \text{ м} &\leq h_1 \leq 0,5 \text{ м}; \\ \sigma_{\max} &\leq [\sigma]. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

2-масала. Масалани ечиш учун қуйидаги бошланғич маълумотларни қабул қиламиз: Гумбаз материали – М300 бетони. $E = 3,5 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$; $\mu = 0,15$; $[\sigma] = 1990 \text{ т/м}^2$.

Кучланиш $h = h(\beta)$ боғлиқликни эътиборга олган ҳолда, энергия минимумининг вариацион тамойилидан келтириб чиқарилган, қалинлиги ўзгарувчан цилиндрик қобиқнинг кўриб чиқиладиган кўндаланг кесим юзаси мувозанатининг дифференциал тенгламаларини дастлабки тизимини ечишдан кейин аниқланади. Чегаравий шартлар: четлари бўйича қаттиқ бириктириш $\beta_0 = 0$; $\beta = \beta_0$.

Дифференциал тенгламалар чекли айирмалар усули ёрдамида сонли ечилади. Бунда иккинчи даражали аниқликнинг марказий фарқидан фойдаланилади. Бунда ҳосил бўладиган чизикли тенгламалар тизимини ечишда катта ўлчамдаги алгебраик тенгламалар тизимини ечиш учун компьютернинг минимум тезкор хотирасини талаб этувчи ва юқори тезкорликка эга бўлган Гаусснинг такомиллаштирилган чиқариб ташлаш усули қўлланилади. Масалани $[0, \beta_0]$ кесмада ечишда тўрнинг 100 бўлаги олинади ва мувозанат тенгламасини етарли аниқлик билан ечиш таъминланади.

Барча ҳисоблашлар компьютерда амалга оширилиб, оптималлаштириш масалаларини ечиш учун экстремумни тасодифий қидириш усулидан фойдаланувчи глобал қидириш алгоритми ГҚ-3 бўйича тузилган дастурий воситалар мажмуаси қўлланилган.

Иккита бир-бирига боғлиқ бўлмаган юкламалар тизимига эга гумбазни оптималлаштириш қуйидагича амалга оширилади. Оптималланувчи параметрлар фазосининг энг мақбул нуктаси ҳар бир куч тизимлари таъсири остида конструкцияларни тўлиқ ҳисоблаш амалга оширилади. Иккала юкламалар тизими учун барча чегараланишлар қаноатлантирилгандагина ишчи қадам тугалланади, акс ҳолда янги нуктани қидириш амалга оширилади. Оптималлаштириш $\varepsilon=1\%$ аниқлик билан амалга оширилади. Қуйидаги натижалар олинди:

$$F_1^* = 9,088 \text{ м}^3; \beta_0^* = 3,092; h_0^* = 0,50 \text{ м}; h_1^* = -0,309 \text{ м}; R^* = 9,9 \text{ м}; L^* = 19,8 \text{ м}; H^* = 9,8 \text{ м}.$$

Гумбаз конструкциясининг мавжуд варианты қуйидаги тавсифларга эга: $F_1 = 14,76 \text{ м}^3; R_1 = 12,36 \text{ м}; R_3 = 5,74 \text{ м}; L = 19,7 \text{ м}; H = 8,15 \text{ м}.$

Гумбазнинг оптимал конструкциясига юкламаларнинг иккинчи тизими таъсир қилганда олинган эгилиш $W(\beta)$, бурувчи момент $M(\beta)$, нормал кучланиш $\sigma(\beta)$ ларнинг эгри чизиклари 9-расмда келтирилган, чунки айнан иккинчи тизим таъсиридагина мустаҳкамлик чегарасига эришилган. Барча олинган натижалар четлари қаттиқ сиқилган қобикларга тааллуқли.

Бироқ, бекатларнинг гумбазли конструкцияларида қаттиқ сиқилишга эришилмайди, чунки гумбаз грунтга ётқизилган темирбетонли лотокка, яъни эгилувчан асосга таянади ва гумбазнинг четлари маълум бурчакка бурилиши мумкин (8-расм). Гумбаз учун чегара шартларини “юмшатиш” нималарга олиб келишини билиш учун четлари шарнирли-бириктирилган қобикни оптималлаштиришни амалга оширамиз. Бу ҳолда чегаравий шартлар қуйидаги кўринишга эга:

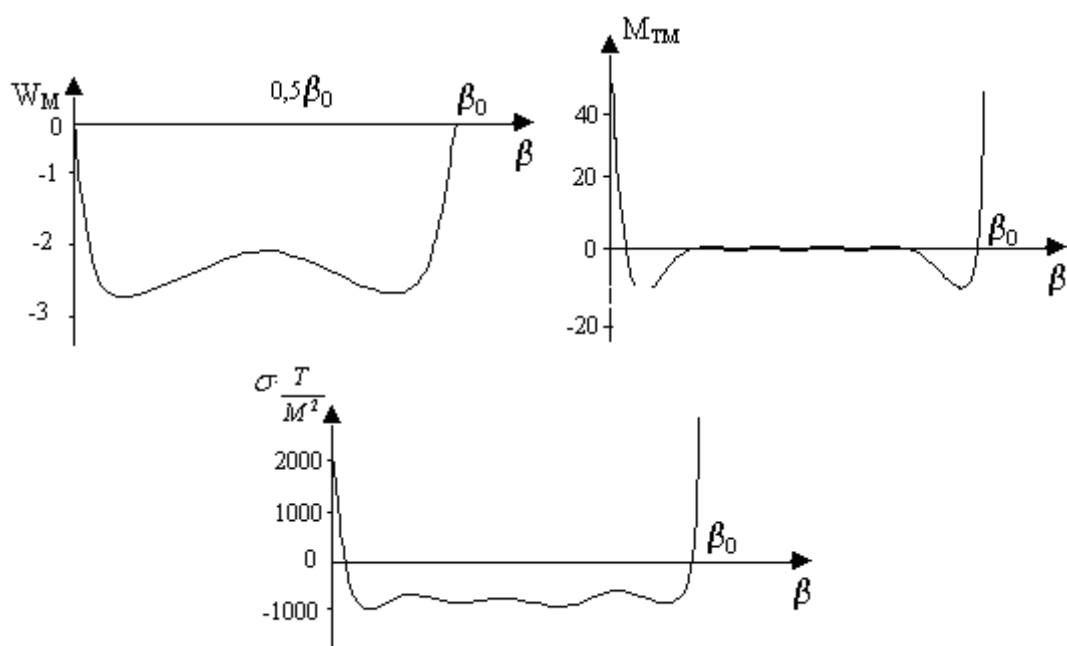
$$\beta = 0, W = 0; M = 0; \beta = \beta_0, W = 0, M = 0.$$

Оптималлаштириш худди олдинги масаладагидек амалга оширилади.

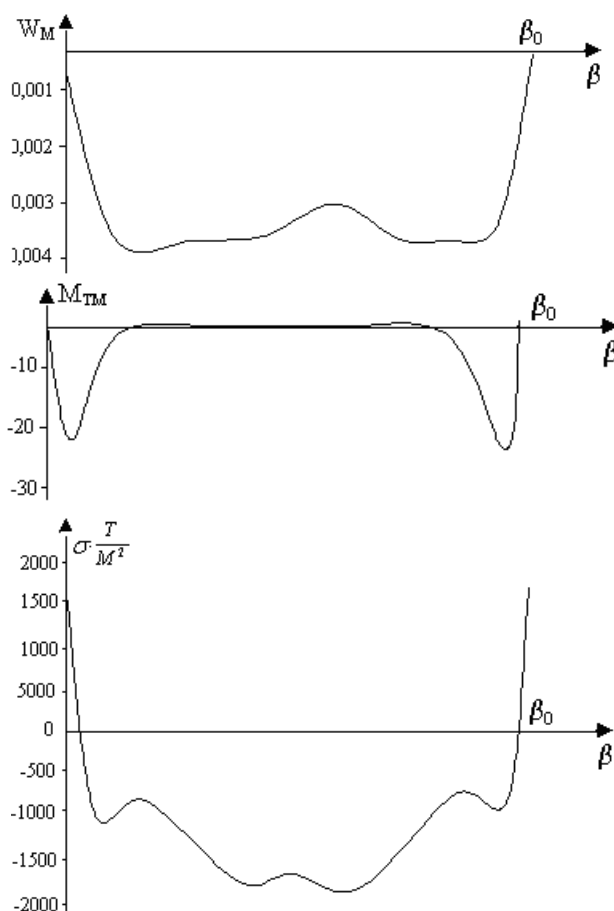
Қуйидаги натижалар олинган:

$$F_1^* = 7,185 \text{ м}^3; R = 10,3 \text{ м}; L = 20,25 \text{ м}; H = 8,5 \text{ м}; \beta_0 = 2,795; h = 0,5; h_1 = -0,397 \text{ м};$$

10-расмдан кўриниб турибдики, оптимал гумбазнинг марказий қисми конструкциянинг моментсиз ҳолатига, яъни материалнинг энг яхши ишлашига тўғри келади. Бу натижа бошқа қатор муаллифларнинг ҳисоблаш ва лойиҳа натижаларига мос келади. Айтиш жоиз-ки, мавжуд гумбазларда анчагина эгувчи моментлар сақланиб қолади.



9-расм. Четлари қаттиқ сиқилган қобикларни оптималлаштиришда олинган эгилиш $W(\beta)$, бурувчи момент $M(\beta)$, нормал кучланиш $\sigma(\beta)$ ларнинг эгри чизиклари



10-расм. Метрополитеннинг бир гумбазли бекатини ҳисоблашда олинган $W(\beta)$, $M(\beta)$, $\sigma(\beta)$ эгри чизиклар

Бир гумбазли бекатларнинг мажуд конструкциялари материаллар сарфи жиҳатидан рационал ҳисобланмайди. Ҳисоблаш натижалари мавжуд бекатлардаги гумбазларга қараганда, ўзгармас эгриликли гумбазларни лойиҳалаш материалдан рационал фойдаланиш билан тавсифланади. Гумбазлар конструкцияларини лойиҳалашда математик дастурлаштириш усуллари қўлланишининг мақсадга мувофиқлиги асосланган.

Юпқа пластиналар динамикаси масаласи. Четлари эркин ёки бикр маҳкамланган пластиналар динамикаси масалалари ўзида пластиналарнинг эркин ва мажбурий тебранишлари масалаларини ечишни ҳам бириктиради ва пластиналарнинг эркин тебранишлари тенгламаларини фарқли силликлантириш учун хусусий қийматлар ва векторларни аниқлашга олиб келиши мумкин. Бизнинг ҳолда бу масала хусусий қийматларнинг қисман муаммоларини ечишга келтирилган. Ишлаб чиқилган алгоритмларни тажрибавий тадқиқ қилиш мақсадида резонансга яқин частоталарда пластинанинг мажбурий тебранишлари амплитудасини топиш учун нейрон тармоқларининг иши моделлаштирилди, тажриба натижалари алгоритмларни юқори самарадорлигини кўрсатди.

Хулоса

Ишлаб чиқариш самарадорлигини янада ошириш, материалларни тежаш, лойиҳаланаётган объектлар сифатини яхшилаш, муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш муддатларини қисқартириш учун мавжуд автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимларини такомиллаштириш ҳамда асосан оптималлаштириш, тизимли таҳлил ва математик моделлаштириш усулларида фойдаланишга асосланиб ишлайдиган алгоритмлар мажмуини яратиш лозим.

Объектли структуравий-атрибути моделлар ишлаб чиқилган бўлиб, ахборотли акс эттиришнинг эскизли сатҳида ўзида муҳандислик конструкцияларининг конструкторлик ва технологик жиҳатларни мужассамлаштиради, бу эса эскизли координатлар сатҳида технологик лойиҳалар масалалари тавсифини шакллантириш ва ижро координаталарига ўтишда амалларнинг бажарилишини автоматлаштиришнинг юқори даражасини таъминлаш имконини беради. Турли хил лойиҳа ахборотларининг ўзаро боғланган тўпламини моделлаштирувчи технологик боғлиқликка асосланган концепция автоматлаштирилган лойиҳалаш ва лойиҳа ишларини бошқариш тизимлари интеграциясини амалга ошириш имконини беради.

Муҳандислик конструкцияларини оптимал лойиҳалашнинг муҳим ва долзарб муаммоларидан бирини ечишга бағишланган диссертация ишининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Муҳандислик конструкцияларини оптимал лойиҳалаш хусусиятларини эътиборга олган ҳолда тизимли ёндашув асосида ахборот алмашинувининг умумий унификациялашган тамойилларига кўра

муҳандислик конструкциялари АЛТ да конструкторлик ва технологик ечимларни таҳлил қилиш ва синтез усуллари, алгоритмларини амалга оширишнинг илмий муаммоларига бўлган асосий концептуал ёндашувлар ва қоидалар таърифланган.

2. Оптималлаштириш масалалари синфини самарали ечиш учун ўзида қидирув алгоритмлари тўпламини мужассамлаштирган оптималлаштириш тизимидан фойдаланиш мақсадга мувофиқлиги асосланган.

3. Муҳандислик конструкцияларини оптималлаштиришнинг назарий асослари математик моделларни тадқиқот объекти вазн кўринишидаги самарадорлик мезонларининг кўрсаткичлари бўйича оптималлаштиришга асосланади. Бундай моделларни қуриш ҳам назарий ҳам ҳисоблаш тажрибаларини ўтказишни талаб этди. Лойиҳа ишларида кенг қўлланиладиган моделлар ва уларнинг алгоритмлари бўйича катта ҳажмдаги далилий материал, ҳисоблаш амалиётида биринчи марта муҳандислик конструкцияларини оптималлаштириш алгоритмларининг янада ишончлироқ (монанд) тизимини ишлаб чиқиш имконини берди.

4. Кўп экстремал масалаларни ечиш ва ҳисоблаш жараёни вақтини қисқартиришни таъминлаш имконини берадиган локал ва глобал қидириш алгоритмлари (ГҚ-3) таклиф этилган. ГҚ-3 алгоритми асосида бутун сонли ўзгарувчилар бўлган шароитда масалани ечишга қодир бўлган унинг модификацияси яратилган.

5. Мувофиқликнинг максимал тезлигига эга бўлган алгоритмларни қўллашнинг оптимал кетма-кетлигини аниқлаш услубияти таклиф этилган. Моделларни параметрик идентификациялаш усули ишлаб чиқилган, хусусан идентификациялаш масаласи экстремал масалага келтирилган, сўнгра ГҚ-3 алгоритмининг қўллашга олиб келинган.

6. Ҳар бири қатъий аниқланган функцияга эга бўлган алгоритмик банклар (Б) ишига асосланган оптималлаштириш масалаларининг кенг синфини ечишнинг алгоритмик тизими таклиф этилган. Алгоритмик тизим автоматик режимда ишлайди ва қуйидагиларни назарда тутди: оптималлаштириш масалалари қўйилишларини унификациялаш; аниқ масалаларнинг қўйилиши тўғрилигини назорат қилиш; моделларни тадқиқ қилиш ва идентификациялаш; қўйилган масалалар ечими ва уларнинг оптималлиги шартларидан алгоритмларни танлаш; ушбу предмет соҳасидаги масалалар синфи учун мувофиқликнинг талаб этилган тезлигига эришиш мақсадида параметрик идентификацияни ўтказиш; ишлаб чиқилган алгоритмларни қўллашнинг оптимал кетма-кетлиги усули таклиф этилган.

7. Метрополитен туридаги иншоотларни оптималлаштириш бўйича ҳисоблаш натижалари келтирилган. Бир гумбазли бекатлар гумбазининг мавжуд конструкциялари материал сарфи жиҳатидан рационал ҳисобланмайди. Мавжуд бекатлардагига кўра материалдан рационал фойдаланиб, ўзгармас эгриликли гумбазларни лойиҳалаш имкониятлари кўрсатилган. Гумбазларнинг конструкцияларини лойиҳалашда берилган мезонга кўра гумбазнинг оптимал конструкциясини топа оладиган математик

дастурлаш ва компьютерли усуллардан фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлиги асосланган.

8. Оптимал муҳандислик конструкцияларини вазни оптималлаштириш ва уларни алгоритмлаштириш бўйича лойиҳалаш учун таклиф этилган тавсиялар бўйича муаллифлик гувоҳномаси билан ҳимояланган ва ҳисоблаш амалиётига жорий этилган алгоритмик тизим яратилган.

9. Четлари эркин ёки қаттиқ таянчга қўйилган пластиналар динамикаси тенгламалари тизимини нейрон тармоқларда силликлантириш усули ва моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган ҳамда ҳисоблаш тажрибаларининг сонли натижалари орқали ўзгармас қалинликдаги бир жинсли пластиналар тебранишининг бигармоник тенгламалар тизимини, реал конструкциялар титрашининг бошланғич тенгламалар тизимини трансформацияли ечишга солиштирганда, Гаусснинг ярим трансформация тамойилидан фойдаланиб, белгили аниқланган матрицалар орқали ечишнинг итерацион жараёни мувофиқлиги энг яхши эканлиги тасдиқланган.

10. Тадқиқот натижалари муҳандислик конструкцияларини лойиҳалаш ва қурилишида турли оптималлаштириш масалаларини ечиш билан шуғулланувчи илмий-тадқиқот институтлари, тажриба синов-конструкторлик бюrolари ва лойиҳалаш ташкилотларида муваффақиятли қўлланилиши мумкин.

Тадқиқот натижаларини жорий қилишдан олинadиган иқтисодий самарадорлик қуйидагилардан ташкил топган:

ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари мустаҳкамлик захираси бир хил конструкциялар вазни бўйича 20 марта фарқ қилишини, яъни қалинлиги ўзгармас конструкциялар ўрнига қалинлиги ўзгарувчан қобикли конструкцияларни қўллашда вазн 14 фоизга (цилиндрсимон қобиклар учун) ва 27 фоизга (конуссимон қобиклар учун) камайиши аниқланган.

конструкция вазнини оптималлаштириш натижасида мустаҳкамлик захираси бир хил конструкциялар вазни бўйича 20 марта фарқ қилиши, яъни қалинлиги ўзгармас конструкциялар ўрнига қалинлиги ўзгарувчан қобикли конструкцияларни қўллашда вазннинг 14 фоизга (цилиндрсимон қобиклар учун) ва 27 фоизга (конуссимон қобиклар учун) камайиши билан материаллар ва меҳнат ресурсларининг тежалишига эришилган.

Шундай қилиб, ишда келтирилган янги илмий ҳолатларни назарий умумлаштириш ва амалиётга жорий қилиш асосида муҳандислик конструкциялари ва қурилмаларини лойиҳалаштиришнинг автоматлаштирилган тизимида конструкторлик ва технологик ечимларини синтез ва таҳлил қилиш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилди ҳамда муҳандислик конструкциялари ва қурилмаларини вазн бўйича оптималлаштиришда қўллаш натижасида материалларни тежаш, маҳсулот сифатини ошириш, объектларни лойиҳалаш ва ишга тушириш муддатларини қисқартириш каби халқ хўжалиги аҳамиятига молик бўлган йирик муаммо ечилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013.Т.02.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
ИНСТИТУТЕ ЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИКИ**

КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЯКУБОВ САБИР ХАЛМУРАДОВИЧ

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА И АНАЛИЗА
КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В
СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент – 2015

Тема докторской диссертации зарегистрирована за 30.09.2014/В2014.5.Т310 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Каршинском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу www.tdtu.uz и Информационно-образовательном портале "ZIYONET" по адресу www.ziyonet.uz.

Научный консультант:

Назирова Шодмонкул Абдурашидович

доктор физико-математических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Бекмуратов Тулкин Файзинович

академик АН РУз, доктор технических наук, профессор

Юлдашев Таджимат

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

Назаров Улугбек Султанович

доктор технических наук

Ведущая организация:

Ташкентский университет информационных технологий

Защита диссертации состоится « 8 » _____ июля 2015 г. в 9⁰⁰ часов на заседании научного совета 16.07.2013.Т.02.01 при Ташкентском государственном техническом университете и Институте энергетики и автоматики по адресу: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 6). Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан « 6 » _____ июня 2015 года.

(протокол рассылки № 2 от « 6 » _____ июня 2015 г.).

Н.Р.Юсупбеков

Председатель научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор,
академик АН РУз

О.О. Зарипов

Ученый секретарь научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, д.т.н., доцент

Ш.М.Гулямов

Председатель научного семинара при Научном совете
по присуждению учёной степени доктора наук,
д.т.н., профессор

Введение (Аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации.

Проектирование инженерных конструкций высокого качества и надежности при одновременной экономии материалов и других финансовых и трудовых ресурсов, а также сокращение сроков проектирования невозможны без привлечения современных методов оптимизации и автоматизации проектирования на базе применения современной компьютерной техники. Разработка новых математических моделей, эффективных алгоритмов, пакетов прикладных программ и систем, предназначенных для решения тех или иных классов задач, является одним из центральных направлений развития современной науки.

Рыночная стратегия развития общества в условиях конкуренции налагает жесткие ограничения, предъявляемые к срокам проектирования. В таких условиях использование систем автоматизированного проектирования (САПР) становится насущной необходимостью. Развитие народного хозяйства страны и возрастающая роль науки в этом секторе все острее ставят перед научно-техническими работниками проблемы повышения эффективности производства, экономии материалов, повышения качества конечной продукции, сокращения сроков проектирования и ввода объектов в строй. Перед наукой стоит задача обеспечения теоретической, методологической и прикладной базами усилий, направленных на успешное решение специалистами этих проблем. Сложность проблем требует применения обоснованных и практически подтвержденных математических моделей и методов, позволяющих обеспечить решение прикладных задач управления процессом строительного проектирования в рыночных условиях, в том числе с помощью использования технологий САПР и автоматизированных систем управления (АСУ). Практическая значимость проблемы заключается в использовании основных положений и рекомендаций исследования на практике, в производстве проектно-технологической документации для решения задач, направленных на эффективность управления процессом проектирования, в том числе с использованием САПР и АСУ различного назначения.

Комплексные меры, предпринимаемые Правительством Республики Узбекистан по развитию САПР, на основе Постановления Президента Республики Узбекистан за ПП-1730 от 21 марта 2012 года «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий», направлены на широкое распространение и внедрение программных продуктов, разработанных на основе современных информационных технологий. В этой связи создание комплекса программных средств для исследования и оптимизации инженерных конструкций представляет особую актуальность и, вместе с тем, является злободневной теоретической и прикладной проблемой, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

САПР в настоящее время являются одним из наиболее эффективных средств повышения производительности инженерного труда и научной деятельности, сокращения сроков и улучшения качества технических

разработок. Современный подход к автоматизации проектирования не ограничивается использованием компьютера при проведении трудоемких расчетов, информационном поиске или изготовлении технической документации. Сегодня речь идет о создании так называемых интеллектуальных человеко-машинных систем, в рамках которых возможно выполнение всего цикла проектных работ, начиная от научных исследований и кончая изготовлением конструкторской и технологической документации, а в ряде случаев – макетов или опытных образцов.

Востребованность диссертации характеризуется тем, что выполнение всего цикла проектных работ, начиная от научных исследований и кончая изготовлением конструкторской и технологической документации, и необходимость широкого внедрения методов и алгоритмов автоматизированного проектирования в производство, обуславливают необходимость и целесообразность автоматизации управления процессом проектирования оптимальных инженерных конструкций.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данная диссертация выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии: ГНТП-17 - «Разработка современных информационных систем, интеллектуальных средств управления и обучения, научно-технических баз данных и программных продуктов, обеспечивающих широкое развитие и внедрение информационных и телекоммуникационных технологий».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Теоретические и практические исследования по созданию новых математических моделей и эффективных алгоритмов, предназначенных для анализа и синтеза конструкторских и технологических решений в системе автоматизированного проектирования инженерных конструкций и сооружений, велись крупными фирмами, компаниями, научными центрами, университетами и научно-исследовательскими институтами зарубежных стран, такими как Autodesk, Inc. (США), Siemens PLM Software (Германия), Toto(Япония), Acme Infotech Company (Индия), "ПОЛИТЕХ-УИМП-XXI ВЕК" ООО "ПОЛИТЕХ-УИМП-XXI ВЕК" (Россия) и др.

Результаты научно-исследовательских работ данных научно-исследовательских центров состоит из следующих: разработаны систем автоматизированного проектирования для решения классов оптимизационных задач инженерных конструкций (Autodesk, Inc.); разработаны пакеты прикладных программ (ППП) оптимального проектирования классов конструкций (Siemens PLM Software); разработаны математические модели и вычислительные алгоритмы решения оптимизационных задач автоматизации процесса проектирования инженерных конструкций (Toto); расчет и математические моделирования инженерных конструкций (Acme Infotech Company); программного обеспечения и технологий проектирования и расчетов по строительному проектированию с использованием передовых технологий проектирования и лицензионном программном обеспечении широкого спектра: SCAD, AutoCAD, Tower, LIRA, Arhcad, Ansys, 3D MAX, SolidWorks и др. (ООО "ПОЛИТЕХ-УИМП-XXI ВЕК").

На сегодняшний день осуществляются приоритетные научно-исследовательские работы по разработке в сфере создания и совершенствования технологических процессов автоматизированного проектирования, их математического, технического и методологического обеспечений.

Степень изученности проблемы. Проблемы обоснования методологии исследований, направленных на совершенствование методов решения оптимизационных задач и автоматизированного проектирования инженерных конструкций, проведены Л.В. Канторовичем, Н.Н. Моисеевым, В.С. Михалевичем, Б.Н. Пшеничным, Ю.М. Данилиным, Л.А. Растригиным, Л.И. Половинкиным, Р.Г. Стронгиным, Ю.Г. Стояном, А.Н. Кудиновым, В.А. Колдуновым, В.П. Малковым, А.Г. Угодчиковым, В.Л. Рвачевым, Л.В. Курпа, В.К. Кабуловым, Т.Ф. Бекмуратовым, Т. Буриевым, Р. Садуллаевым, О.М. Набиевым, Ш.А. Назировым и др.

Проблемы проектирования оптимальных инженерных конструкций, задачи проектирования конструкций с минимальным весом, которые находят широкое применение в таких отраслях народного хозяйства, как строительство, ракето-, самолето- и кораблестроение и др., исследовались в работах И.М. Рабиновича, А.И. Виноградова, Х.М. Муштари, В.В. Васильева, Ю.Н. Немировского, А.А. Чираса, В.Н. Паймушина, И.Н. Гинзбурга, С.Н. Кана, А.Н. Кудинова, В.А. Колдунова, Н.В. Баничука, К.И. Мажиды, Ю.М. Почтмана, Г.В. Филатова, В.Д. Гаджиева, М.Т. Уразбаева, В.К. Кабулова, Т.Р. Рашидова, Я.Н. Муборакова, К.Ш. Бабамуратова, Т.Б. Буриева, Ф.Б. Абуталиева, К.С. Абдирашидова, Ф. Бадалова, Б. Курманбаева, Т. Юлдашева, Ш.А. Назирова и др., результаты их исследования по автоматизации расчёта конструкций технических систем и их свойств, а также имели важное теоретическое и прикладное значение для успешной оптимизации инженерных конструкций.

Из результатов аналитического обзора и критического анализа научно-технической литературы, можно заключить, что, несмотря на вполне определенные достигнутые успехи, научно-технические проблемы разработки математических моделей, вычислительных алгоритмов и программных комплексов для решения оптимизационных задач нельзя считать завершенными. Недостаточное внимание уделяется вопросам, связанным с повышением эффективности вычислительных алгоритмов, комплексу программных средств для автоматизации процессов автоматизированного проектирования оптимальных инженерных конструкций. В неполной мере изучены и решены вопросы алгоритмизации конструкторских и технологических решений в САПР инженерных конструкций. Наряду с этим, выделяются актуальность и востребованность работ, направленных на совершенствование методов и средств автоматизации решения широкого класса оптимизационных задач при проектировании оптимальных инженерных конструкций. Существенной особенностью оптимизации инженерных конструкций является алгоритмизация конструкторских и технологических решений в САПР, которая позволяет автоматизировать расчет конструкций создаваемых технических систем, наиболее полно исследовать особенности последних и

обеспечивать надежные предпосылки для успешной оптимизации инженерных конструкций.

Результаты данной исследований по новому направлению решения проблемы оптимизации и проектирования оптимальных инженерных конструкций предполагают формализацию и алгоритмизацию конструкторских и технологических решений в САПР.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения и научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация, отражена в следующем проекте: Ф4-016 – «Разработка методов и средств решения задач многомерной оптимизации в линейной и нелинейной постановке на базе конструктивного метода R- функций» (2012-2016 гг.).

Цель исследования состоит в разработке научно-методологических основ, математических моделей, алгоритмов, методов и практических подходов для реализации систем автоматизированного проектирования инженерных конструкций, интегрирующих этапы конструкторского и технологического проектирования на основе унифицированных принципов информационного обмена.

Для достижения намеченной цели сформулированы следующие **задачи исследования:**

- разработка концепции и принципов построения САПР оптимальных инженерных конструкций;

- анализ научных и прикладных разработок в области вариантного и оптимального проектирования инженерных конструкций;

- разработка математических моделей, создание эффективных алгоритмов и комплекса программных средств для решения задач оптимизации тонкостенных конструкций;

- исследование сходимости алгоритмов проектирования инженерных конструкций и их параметрическая оптимизация;

- разработка алгоритмической системы оптимизации имитационного моделирования анализа, синтеза и оптимизации конструкторско-технологических решений в САПР инженерных конструкций;

- проведение вычислительных экспериментов по исследованию моделей и алгоритмов оптимизации инженерных конструкций;

- реализация нейросетевого подхода к решению задачи динамики пластин;

- внедрение разработок и конкретных рекомендаций диссертационной работы в практику автоматизированного вариантного проектирования инженерных конструкций.

Объектом исследования являются процессы вариантного проектирования инженерных конструкций на основе арок, пластин и оболочек.

Предмет исследования – математические модели, вычислительные алгоритмы и программное обеспечение решения оптимизационных задач автоматизированного проектирования инженерных конструкций.

Методы исследований. В диссертационной работе использована общая методология системного анализа, методы теории автоматизированного

проектирования, методы математического моделирования, численные методы, методы оптимизации, математическое программирование, методы математической физики, механики деформируемого твердого тела и строительной механики, алгоритмические методы, технологии программирования и вычислительный эксперимент.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработаны математические модели и вычислительные алгоритмы решения оптимизационных задач автоматизации процесса проектирования оптимальных инженерных конструкций;

разработаны теоретические предпосылки и сформулированы принципы построения систем автоматизированного проектирования для решения классов оптимизационных задач элементов инженерных конструкций;

разработан класс эффективных алгоритмов случайного поиска как локального, так и глобального экстремума;

разработаны принципы и методология построения проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ (ППП) оптимального проектирования классов конструкций;

решен ряд важных задач расчета и оптимизации инженерных конструкций и сооружений;

при решении задачи динамики плоских пластин синтезирована нейронная сеть.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан комплекс программных средств, позволяющий автоматизировать процесс проектирования оптимальных инженерных конструкций;

продемонстрирована эффективность комплекса программных средств при исследовании и оптимизации сложных конструкций из пластин и оболочек с переменной толщиной и показано, что применение предлагаемого подхода для реализации конструкций из оболочек переменной толщины позволяет в ряде случаев снизить вес конструкции по сравнению с сооружениями из оболочек постоянной толщины;

результаты вычислительных экспериментов свидетельствуют о целесообразности выполнения оболочек переменной толщины, а также эффективности постановки и решения задач оптимизации при проектировании класса оболочек минимального веса;

результаты реализации нейросетевого подхода к решению задачи моделирования вынужденных колебаний плоской пластины, свободно опертой или жестко защемленной по краям;

обсуждаются результаты вычислительных экспериментов по оптимизации тонкостенных конструкций;

результаты вычислительных экспериментов свидетельствуют, как во всех найденных минимумах рассматриваемые конструкции находились на границе прочности или устойчивости, значения их весов значительно отличались. Иначе говоря, обе конструкции, обладая одинаковым запасом прочности, отличаются по весу почти в 20 раз, для реализации конструкций из оболочек переменной толщины позволяет в ряде случаев снизить вес

конструкции на 14% (для цилиндрических оболочек) и на 27% (для конических оболочек) по сравнению с сооружениями из оболочек постоянной толщины.

применение результатов проведенных исследований и разработок позволило решить ряд практически важных задач расчета и оптимизации инженерных конструкций с достижением значительного народно-хозяйственного эффекта.

Достоверность полученных результатов подтверждается полученными результатами теоретических и вычислительных экспериментальных исследований и их взаимной согласованностью, практикой их внедрения и обсуждением результатов исследований на различных научных конференциях, а также публикациями результатов исследований в рецензируемых научных журналах Высшей аттестационной комиссии при Кабинета Министров Республики Узбекистан.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Теоретическая значимость полученных результатов исследования заключается в том, что методика расчета оптимизации тонкостенных конструкций, вычислительные алгоритмы и комплексы программных средств в совокупности своей образуют единую концепцию формализации и алгоритмизации конструкторских и технологических решений в САПР инженерных конструкций.

Практическая значимость работы заключается в эффективном применении разработанных методов и алгоритмов анализа и синтеза конструкторских и технологических решений в САПР инженерных конструкций.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов диссертационной работы: алгоритмическая система оптимизации разработанного на основе оптимизации имитационного моделирования, анализа и синтеза конструкторско-технологических решений в системе автоматизированного проектирования инженерных конструкций внедрены в предприятиях Государственного комитета по архитектуре и строительству Республики Узбекистан, в частности, внедрены в ООО «Таъмир-лойиха» (справка Государственного комитета по архитектуре и строительству Республики Узбекистан за №1813/18 от 15 апреля 2015 года). Результаты исследований с применения программных продуктов на основе математических моделей и вычислительных алгоритмов, за счет увеличения производительности труда, сокращения срока проектирования и ввода инженерных объектов в строй, а также в результате оптимизации конструкций по весу, т.е. конструкции обладая одинаковым запасом прочности, отличаются по весу почти в 20 раз, для реализации конструкций из оболочек переменной толщины позволяет в ряде случаев снизить вес конструкции на 14 % (для цилиндрических оболочек) и на 27% (для конических оболочек) по сравнению с сооружениями из оболочек постоянной толщины, и в результате с достижением экономии материалов и др. трудовых ресурсов экономический эффект составил 100 млн. 55,4 тыс. сумм.

Апробация работы. Результаты исследования апробированы на 28 научно-практических конференциях, в том числе на 18 международных

конференциях, школах и семинарах: Международной конференции «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент» (Ташкент, 1994); Всемирной конференции «Интеллектуальные системы для индустриальной автоматизации» (WCIS – 2008, 2010, 2012, 2014) (Ташкент, 2008, 2010, 2012, 2014); Международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики» (Ташкент, 2009); Седьмой Международной Азиатской школе-семинаре «Оптимизация сложных систем» (Ташкент, 2011); Eleventh International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, (ICAFS – 2014) (Paris, France, September 2-3, 2014); Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании» (Белово-Россия, Велико Тырново, Болгария, 2013, 2014); Международной научно-практической конференции «Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении и строительстве» (Курск, 2013); Международной научно-технической конференции «Перспективное развитие науки, техники и технологий» (Курск, 2013); Международной научно-практической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, 2014); Международной научно-практической конференции «Современные инновации в науке и технике» (Курск, 2014); Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития» (Курск, 2014) и 10 республиканских научных конференциях: «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент» Ташкент, 2002; Карши, 2003; Карши, 2005; Карши, 2007; Бухара, 2009; Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов (Ташкент, 2010); а также на научных семинарах лаборатории «Алгоритмизация» Института математики и информационных технологий АН РУз (2000-2011); ежегодных научно-теоретических и практических конференциях профессорско-преподавательского состава Каршинского государственного университета (Карши, 1991-2014).

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на объединенном научном семинаре кафедр «Прикладной математики и информатики», «Высшей математики», «Физики», «Трудового обучения и черчения» и «Энергетики» Каршинского государственного университета (Карши, 2014), на научном семинаре по специальности 05.01.08 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки) при научном совете 16.07.2013.Т.02.01 при Ташкентском государственном техническом университете и Институте энергетики и автоматики (Ташкент, 2015).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 57 научных работ, в том числе – 3 монография, одна из них изданы в зарубежом, 19 журнальных статей, 3 в иностранных журналах и 19 статьи в сборниках материалов международных научных конференций, и получено 3 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, 4 приложений и содержит 200 страниц текста, включает 36 рисунков и 31 таблицу.

Основное содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрений, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе (Теория и методы оптимизации инженерных конструкций и сооружений) осуществлен аналитический обзор современного состояния научной проблемы автоматизации проектирования инженерных конструкций и их оптимизации, а также проанализирована научно-техническая проблема создания алгоритмической системы для решения классов оптимизационных задач, трактуются общие принципы автоматизированного решения задач оптимизации инженерных конструкций от постановки до получения численных результатов. Обосновываются методологические основы применения методов системного анализа и синтеза к решению оптимизационных задач. Современные темпы проектирования и реализации инженерных конструкций накладывают свои жесткие требования к качеству проектных решений. В настоящее время требуется не только запроектировать конструкцию, отвечающую требованиям прочности, устойчивости и жесткости, но и получить технологически и экономически более эффективное решение. Это возможно только в процессе вариантного проектирования, когда выполняется анализ множества альтернативных вариантов конструкции по комплексу технико-экономических показателей. Ручная реализация рассматриваемого процесса весьма трудоемка и требует значительных затрат времени, что в итоге позволяет разработать более или менее детально один-три варианта. В результате в процесс вариантного проектирования инженерных конструкций приходится привлекать средства вычислительной техники.

В работе показано, что одной из особенностей инженерных конструкций являются прямое включение в качестве источника первичной информации потребителей и заказчиков на начальном этапе жизненного цикла создания инженерных конструкций и сооружений в условиях постоянно возрастающих требований к их качественным, эксплуатационным и экономическим показателям. Это приводит к существенному увеличению объема информации, подлежащей осмыслению, переработке и управлению, а, следовательно, и к необходимости глубокой информационной интеграции математических моделей концептуального, конструкторского и технологического проектирования. Все формируемые модели должны автоматически анализироваться на технологическую допустимость, что фактически означает необходимость перехода к высокоуровневому моделированию и расширению используемых моделей аспектами, отражающими специфику объектов проектирования.

В связи с этим особую злободневность приобретает сложная научно-техническая проблема формирования и теоретического обоснования новых подходов к автоматизации вариантного конструкторско-технологического проектирования инженерных конструкций. Анализ существующих САПР данной предметной области свидетельствует об ограниченности их возможностей для эффективного решения поставленной задачи, что объясняется рядом свойственных им существенных ограничений. Прежде всего - это базирование на геометрической парадигме проектирования, отсутствие учета специфики изготовления инженерных конструкций, низкий уровень интеграции этапов жизненного цикла создаваемых изделий, отсутствие алгоритмического контроля корректности вариантов конструкторско-технологических проектных решений, выполнение большинства конструкторско-технологических операций на низком уровне абстракции в пространстве исполнительных координат.

Показано, что для реализации стратегии построения единого информационного пространства, в котором конструкторские и технологические САПР являются базовыми функциональными системами, целесообразно осуществить переход от геометрических моделей инженерных конструкций и сооружений к объектным структурно-атрибутивным моделям высокого уровня абстракции, которые на эскизном уровне информационного представления включают в себя конструкторские и технологические аспекты.

В главе приводится общая постановка задачи оптимизации тонкостенных элементов инженерных конструкций, осуществлен выбор расчетных моделей деформируемых систем. При проектировании и создании новых систем, конструкций, устройств, изделий, как правило, исходят из необходимости учитывать различные требования. Таковыми применительно к деформируемым механическим системам (конструкциям) являются: прочность, жесткость, устойчивость всех элементов и узлов системы и т.д. Критерий оптимальности формируется на основе одного или нескольких критериев эффективности. В результате решения задач оптимального проектирования определяются формы, внутренние свойства и условия работы конструкций, доставляющих экстремум выбранной характеристики конструкций с учетом дополнительных ограничений. Постановка задачи оптимизации конструкции состоит в следующем: формулировка основных определяющих уравнений (математические модели); выбор оптимизируемого функционала; ограничения на функции состояния и искомые управляющие переменные.

Конечной целью проектирования является создание рациональных изделий, объектов, конструкций, систем и т.п., исходя из имеющихся ресурсов и возможностей.

Успехи в области теории экстремальных задач, в развитии численных методов решения краевых задач математической физики обусловили интенсивное развитие теории и методов решения задач оптимизации в механике деформируемых систем.

Во второй главе (Разработка алгоритмов случайного поиска для алгоритмической системы оптимизации) рассматриваются вопросы

разработки и исследования алгоритмов глобального и случайного поиска, формулируются основные требования к ним. Приводятся разработанные автором алгоритмы для поиска локального и глобального экстремумов многомерных функций, способные решать задачи оптимизации как безусловные, так и при наличии различных ограничений. Дальнейшим развитием алгоритмов локального поиска является алгоритм ГП-3 – глобального поиска, предназначенный для решения многоэкстремальных задач. Примененные в нем эвристические приемы, такие как, например, построение «запретных зон», увеличивающих по мере накопления информации о модели в процессе поиска и предотвращающих непроизводительные затраты времени на отыскание ранее найденных минимумов, и др., привели к высокой эффективности алгоритма. Разработан специальный алгоритм с ускоренной сходимостью, предназначенный для оптимизации конструкций, удовлетворяющих условиям прочности, устойчивости, жесткости. В его разработке с целью ускорения сходимости был использован тот факт, что оптимум конструкций всегда находится на одной из границ или на их пересечении. При этом длина рабочего шага алгоритма определяется в зависимости от удаленности поисковой системы от границ и изменяется в процессе поиска, значительно сокращая время на поиск. Этот алгоритм может быть также с успехом применен и для решения других оптимизационных задач, если априорно известно, что оптимум находится на границе. Все разработанные алгоритмы включены в алгоритмическую систему оптимизации (АСО).

При проектировании и создании новых систем, конструкций, устройств, изделий, как правило, исходят из необходимости учитывать различные требования. Таковыми применительно к деформируемым механическим системам (конструкциям) являются: прочность, жесткость, устойчивость всех элементов и узлов системы и т.д. Критерий оптимальности формируется на основе одного или нескольких критериев эффективности. При поиске оптимальной конструкции по принятому критерию оптимальности и ограничениям можно получить не оптимальную, но рациональную конструкцию. Например, если требование технологичности не нашло количественной оценки и не вошло в число ограничений, то можно получить проект минимального веса (оптимальный по весу), но нерациональный проект в силу его нетехнологичности. Более тяжелая конструкция, но удобная с технологической точки зрения, может оказаться более рациональной. Оптимизационные задачи (и их различные постановки) представляют собой отдельные подзадачи в процессе разработки в целом рационального проекта.

Сформулированы основные требования к алгоритмам АСО и др. пакетам прикладных программ (ППП), предназначенным для решения оптимизационных задач, как универсальность, простота, минимальная требуемая оперативная память, эффективность, способность решать задачу условной оптимизации, включение в алгоритмы элементов эвристики, способность решать задачи дискретной оптимизации и многоэкстремальные задачи. Для успешного функционирования ППП оптимизации общего

назначения необходимо выполнение перечисленных требований, в совокупности заложенных в пакет алгоритмов. Приводятся результаты численных исследований этих алгоритмов на ряде тестовых задач, показывающие их высокую эффективность.

В настоящее время программное обеспечение автоматизированного вариантного проектирования и расчета инженерных конструкций в основном представлено такими программными комплексами инженерного анализа, как SCADA, LIRA, ANSYS, NASTRAN и др., позволяющими строить математические модели и рассчитывать конструкции различной сложности по методу конечных элементов (МКЭ). Однако большинство из них не содержит, либо содержит весьма ограниченные по своей функциональности модули оптимизационных расчетов. Данные модули реализованы на основе подхода к поиску решения задачи, предполагающего проведение итерационной процедуры последовательного применения процессов конечно-элементного анализа с целью определения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции и преобразования переменных проектирования на основе используемого метода оптимизации по полученным значениям.

Такой подход жестко связывает время, отводимое на вычисления, с выбранным методом поиска: скорость вычислений при этом напрямую зависит от количества итераций, необходимых для поиска решения, задаваемого применяемым методом оптимизации и объемом пространства поиска. Как следствие этого преимущество при построении систем вариантного проектирования отдается более быстрым и эффективным алгоритмам оптимизации.

При этом зачастую вопрос об универсальности и массовости алгоритмов (т.е. ширина области их применения к задачам разного рода) отходит на второй план. В результате пользователь системы, обладающий весьма неглубокими познаниями в области численных методов, ставится перед сложным выбором конкретного алгоритма, который гарантировал бы точность и достоверность решения поставленной задачи.

В данной ситуации представляется более эффективной не разработка совершенных и быстродействующих алгоритмов оптимизации и применение их в САПР инженерных конструкций, а построение систем, использующих механизмы адаптации и гибкой подстройки существующих алгоритмов поиска для решения задач нахождения экстремумов широкого класса функций.

Практическая необходимость решения различных типов оптимизационных задач при проектировании различных объектов (в том числе, и инженерных конструкций) привела к созданию библиотек программ оптимизации, пакетов прикладных программ различных уровней и назначения. Собранные в одном пакете различные алгоритмы увеличивают и расширяют класс решаемых оптимизационных задач.

В третьей главе (Параметрическая оптимизация и исследование сходимости алгоритмов) описываются вопросы параметрической оптимизации и исследования сходимости регулярных и статистических

алгоритмов. Производится содержательная постановка задачи оптимизации алгоритмов как задачи математического программирования, где в качестве оптимизируемых параметров рассматриваются различные параметры алгоритмов, влияющие на скорость их сходимости; за целевую функцию принимается количество вычислений, необходимое для решения поставленной задачи с заданной точностью. Описываются другие возможные постановки задач. Рассматриваются особенности этих задач и предлагаются методы их решения.

Параметрической оптимизацией алгоритмов будем называть определение оптимальных значений варьируемых параметров алгоритма, сообщаящих ему максимальную скорость сходимости при решении определенного класса задач.

Под внешними параметрами алгоритма будем понимать параметры, начальные значения которых задаются при постановке задачи вместе с исходными данными.

Это – определенные константы, участвующие в работе алгоритма и точные значения которых неизвестны ни из теории, ни из практики решения задач. Если мы определим значения внешних параметров, позволяющие решать задачу определенного класса какому-либо алгоритму с максимальной для него скоростью, то тем самым мы решим задачу настройки алгоритма на этот класс задач. По-существу всем алгоритмам присуща адаптация – изменение параметров в процессе решения задачи с целью улучшения сходимости, а алгоритмам случайного поиска и самообучения – изменение вероятных свойств поиска в процессе решения задачи с той же целью улучшения сходимости.

Под внутренними параметрами алгоритма будем считать параметры, влияющие на ход адаптации и самообучения при решении конкретной задачи (класса задач). Определение оптимальных значений внутренних параметров также ведет к улучшению поиска.

Проблема настройки алгоритмов на конкретные классы задач чрезвычайно сложна, так как нет выявленных зависимостей влияния значений параметров на скорость сходимости алгоритма при решении той или иной задачи, а значит, нет рекомендаций, методов выбора оптимальных значений параметров алгоритма. Успех в правильной настройке алгоритмов, в основном, зависит от квалификации, опыта и интуиции исследователя.

Однако решение задачи настройки алгоритмов можно формализовать, представив ее как оптимизационную и решать численно при помощи поисковых алгоритмов.

Для проведения параметрической оптимизации алгоритмов следует, прежде всего, произвести их параметризацию, т.е. выявить внешние и внутренние параметры и область их возможных значений. Для этого рассмотрим каждый алгоритм в отдельности.

Все алгоритмы случайного поиска обладают способностью настраиваться для более успешного решения различных задач. Эта настройка выражается в определенном подборе различных параметров алгоритма, влияющих на прохождение поиска. В алгоритмах П-1 – ГП-3 также

существуют некоторые параметры, изменяя которые, можно добиться изменения вероятности нахождения локальных и глобальных минимумов, а также количества машинного времени, требуемого для решения задачи.

Ввиду того, что задача оптимизации алгоритмов случайного поиска является многокритериальной (необходимо получить заданную точность, максимум вероятности нахождения локальных и глобальных минимумов при минимуме вычислений), то для получения достоверных результатов о значениях оптимизируемых параметров в процессе оптимизации учитывались лишь те значения параметров, которые приводят к отысканию минимума тестовых функций со значением $F > \varepsilon$.

Результаты параметрической оптимизации алгоритма ГП-3 особенно хорошо прослеживаются на примере решения многоэкстремальных задач. Выявленные особенности предопределили невозможность применения регулярных алгоритмов математического программирования для решения поставленной задачи и необходимость использования алгоритмов глобального поиска (в частности, алгоритма ГП-3).

Параметрическая оптимизация в некоторых случаях приводит к структурной оптимизации. Так, при решении ряда задач полученные оптимальные значения параметров алгоритма ГП-3 привели к тому, что он работал как алгоритм случайного спуска, с линейной тактикой и т.д. В таких случаях, в разработке совершенного и оперативного алгоритма оптимизации и их применения для решения задач нахождения экстремума целевой функции в системах автоматизированного проектирования инженерных конструкций является более эффективное построение систем, использующих гибкий механизм существующих поисковых алгоритмов.

Приводятся результаты построения таких последовательностей, обеспечивающих более высокую скорость сходимости, чем любой алгоритм из образующих эти последовательности.

Поскольку для выбора оптимальных алгоритмов и их последовательности необходимы исследование и идентификация математических моделей, в этой же главе приводится метод автоматизированного исследования и идентификации моделей, основанный на стохастической аппроксимации с применением алгоритмов случайного поиска. Предложена методика, разработан алгоритм и составлена программа автоматического построения последовательностей алгоритмов. Последовательность алгоритмов, полученная для одной из задач, эффективна для других задач из рассматриваемого и ряда других классов задач. Показаны различные постановки задач и численные результаты их решения.

В четвертой главе (Структура и организация функционирования алгоритмической системы оптимизации) описываются структура и организация функционирования алгоритмических и программных компонент автоматизированного проектирования оптимальных инженерных конструкций. Предлагается алгоритмическая система оптимизации, инвариантная по отношению к классам оптимизируемых объектов. Она состоит из вспомогательных и алгоритмических банков: B_0 - банк постановки задач, B_1 - банк данных, B_3 - банк признаков, B_4 - банк моделей, B_5 - банк

алгоритмов, B_6 – вычислительного банка. B_7 – оперативного банка (монитора). Дается описание их структуры, функций банков и основных модулей, из которых они состоят, приведены информационно-логические схемы банков.

В алгоритмической системе оптимизации (АСО) применена декомпозиция функций монитора. Для обеспечения всех этапов работы системы, включающих формализованную постановку задачи, контроль постановки, распределение памяти, ввод исходных данных, исследование и идентификацию модели, выбор допустимых алгоритмов, настройку их на задачу, построение последовательности алгоритмов, формирование рабочей программы и проведение счета, потребовался бы очень сложный и громоздкий монитор, что усложнило бы систему. При постановке задач возможно возникновение ошибок различного рода, связанных с действиями пользователя и программиста, обслуживающего систему. С целью экономии ресурса времени, после ввода исходной информации в компьютер до начала работы всей системы необходимо провести контроль над правильностью постановки задачи с синтаксической стороны. Для этого в B_0 должны быть предусмотрены соответствующие сервисные программы. Функциональная схема B_0 представлена на рис. 1.

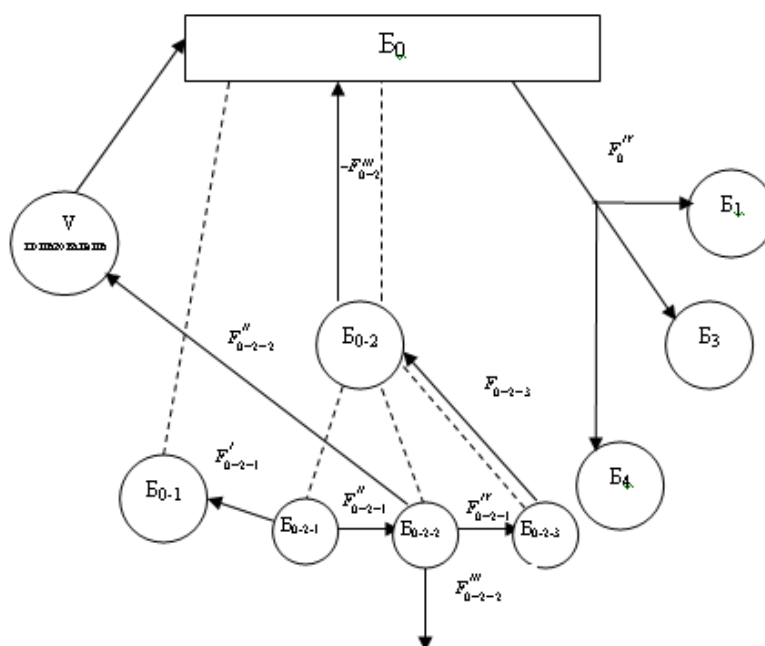


Рис. 1. Функциональная схема банка постановок B_0

B_1 – банк данных служит для хранения всех численных данных, необходимых для решения задачи, а также для выдачи нужных данных по запросу. Для этого исходные данные надо соответствующим образом распределить, организовать их поиск и выдачу. На рис. 2 представлены функциональная схема банка данных B_1 .

B_3 – банк признаков служит для хранения и переработки логической информации, предназначенной для идентификации каждой конкретной задачи. B_4 – банк моделей и B_5 – банк алгоритмов используют в своей работе признаки задачи, выявленные банком признаков. Функциональная схема банка признаков B_3 представлена на рис. 3.

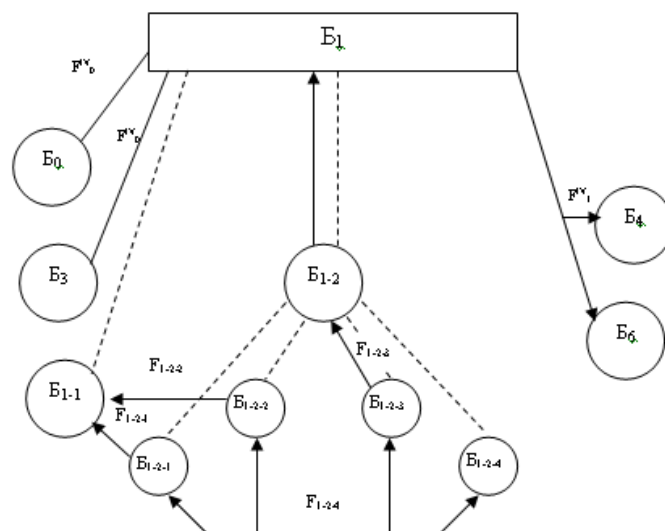


Рис. 2. Функциональная схема банка данных B_1

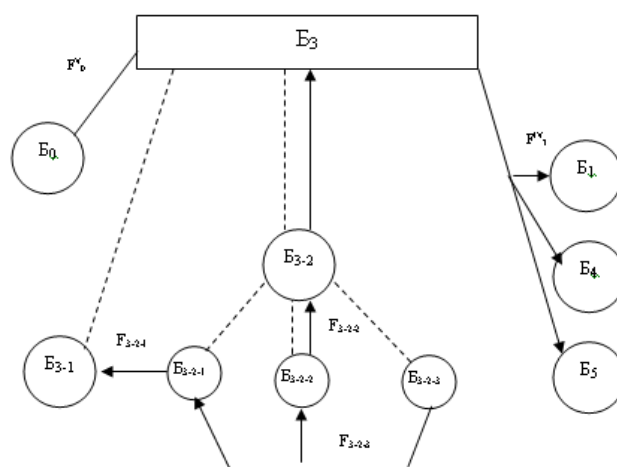


Рис. 3. Функциональная схема банка признаков B_3

B_4 – банк моделей служит для исследования и идентификации математических моделей задач по признакам, сформированным в базе B_3 ; передача данных об оптимизации моделей в базе B_5 ; функциональная схема банка моделей B_4 представлена на рис. 4.

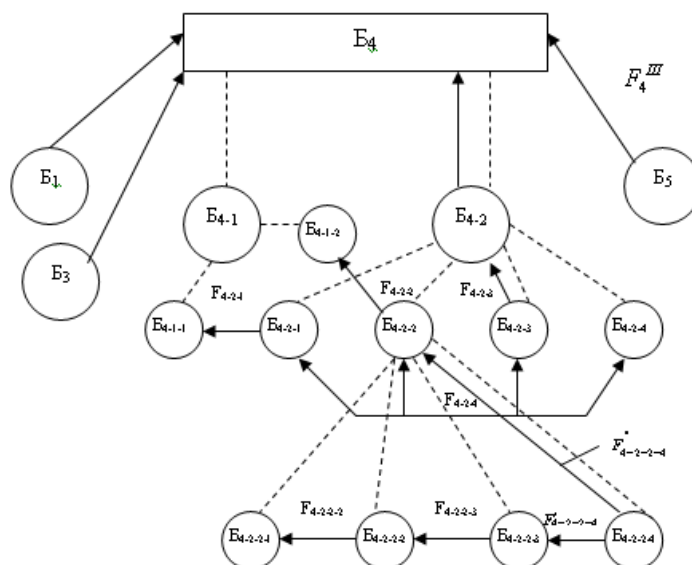


Рис. 4. Функциональная схема банка моделей B_4

B_5 - банк алгоритмов служит для хранения всех необходимых сведений об имеющихся алгоритмах для решения экстремальных задач, а также для выбора оптимального алгоритма для каждой конкретной модели. Наиболее общие методы и соответствующие им характеристики алгоритмов решения задач математического программирования, заложенных в B_5 , функциональная схема банка алгоритмов B_5 представлены на рис. 5.

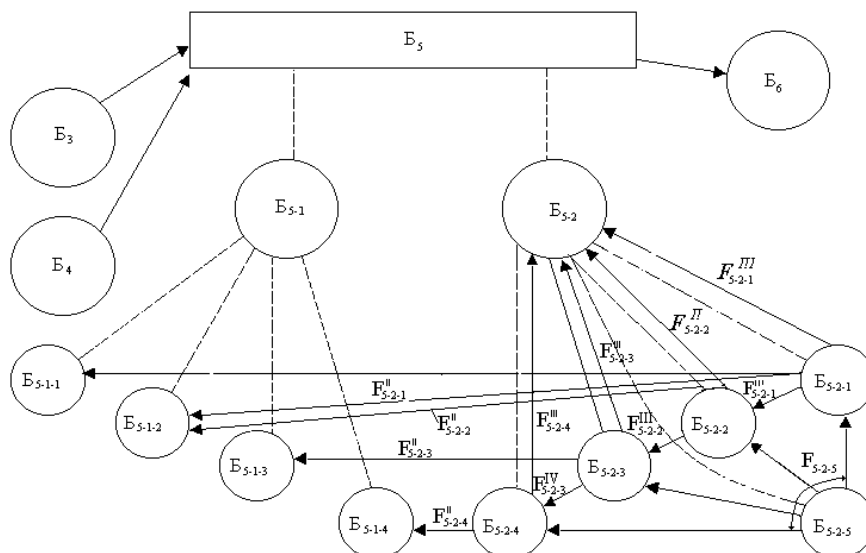


Рис. 5. Функциональная схема банка алгоритмов B_5

Вычислительный банк B_6 предназначен для хранения всех поисковых моделей, соответствующих различным алгоритмам банка алгоритмов, выбора соответствующего модуля после получения информации из банка алгоритмов, формирования рабочей программы решения задачи с последующим счетом после получения из банка данных. Функциональная схема вычислительного банка B_6 представлена на рис. 6.

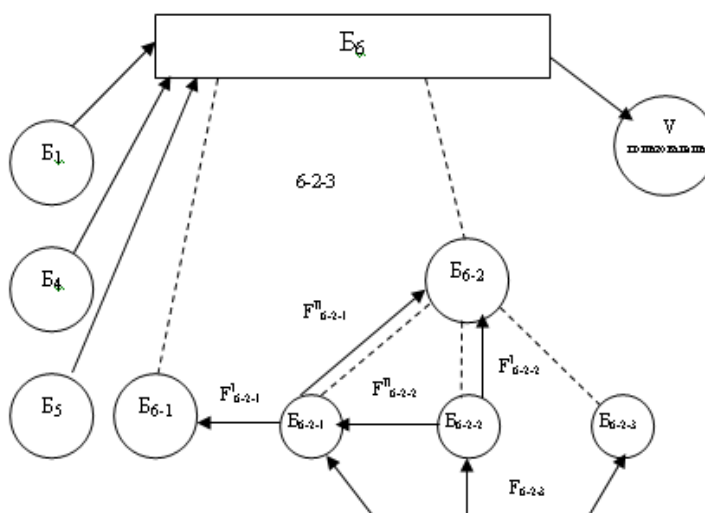


Рис. 6. Функциональная схема вычислительного банка B_6

B_7 - оперативный банк (монитор); так называемая АСО работает в автоматическом режиме и предусматривает: унификацию постановок оптимизационных задач; контроль за правильностью постановки конкретной задачи; распределение памяти компьютера; исследование и идентификацию

моделей; выбор алгоритмов из условий допустимости решения поставленной задачи и их оптимальности; проведение параметрической оптимизации алгоритмов с целью повышения скорости сходимости для класса задач; построение оптимальной последовательности алгоритмов; формирование рабочей программы, проведение счета. Функциональная схема оперативного банка Б₇ (АСО) показана на рис 7.

Декомпозиция функций Б₇ проведена следующем образом. Б₇ ведает функциями внешних связей банков и определяет порядок их функционирования, который может изменяться по желанию пользователя. Каждый банк представляет собой отдельный ППП со своей информационной базой и внутренним монитором, функции которого не слишком обширны.

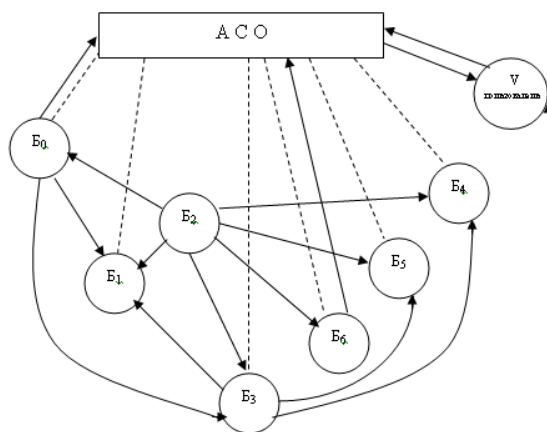


Рис. 7. Функциональная схема оперативного банка Б₇ (АСО)

Таким образом, Б₇ управляет работой других мониторов, которые, в свою очередь, управляют работой своего банка. Подобная иерархичность управления позволяет разработать компактные, гибкие в работе мониторы.

В пятой главе (Результаты расчета по оптимизации инженерных конструкций различного назначения) приводятся результаты проведенных вычислительных экспериментов для оптимизации ряда тонкостенных конструкций на базе предлагаемой алгоритмической системы. Решены задачи оптимизации пластин переменной толщины при различных краевых условиях и системах внешних сил. Уравнение равновесия выводится из вариационного принципа минимума энергии. В общем виде уравнение равновесия имеет вид:

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^3 \int_V \sum_{i=1}^3 L_{ki}(U_i) \delta U_k dV + \sum_{k=1}^3 \iint_{r\beta} \sum_{i=1}^3 F_{ki}^1(U_i) \bigg|_0^{\alpha_0} \delta U_k dr d\beta + \\ & + \sum_{K=1}^3 \iint_{r\alpha} \sum_{i=1}^3 F_{ki}^2(U_i) \bigg|_0^{\beta_0} \delta U_k dr d\alpha + \iint_{r\beta} \sum_{i=1}^3 \Gamma_{yi}^2(U_i) \bigg|_0^{\alpha_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \alpha} dr d\beta + \\ & + \iint_{r\alpha} \sum_{i=1}^3 \Gamma_{4i}^2(U_i) \bigg|_0^{\beta_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \beta} dr d\alpha = \sum_{i=1}^3 \int_{\alpha} \int_{\beta} X_i \delta U_i d\alpha d\beta, \end{aligned} \quad (1)$$

где L_{ki} , Γ_{ki}^j – линейные дифференциальные операторы.

Решение этих уравнений с соответствующими граничными условиями производится при помощи алгоритмов, описанных выше. Однако в

некоторых частных случаях при определенных значениях некоторых параметров целесообразна декомпозиция задачи расчета оболочки с последующим применением методов строительной механики, что существенно упрощает разрешающие алгоритмы.

Приведены результаты вычислительных экспериментов по расчету и оптимизации инженерных объектов типа метрополитена, а также вопросы развития алгоритмической системы оптимизации для построения на ее основе проблемно-ориентированного ППП оптимального проектирования конструкций метрополитена оболочечного типа. На основе концепций и принципов, заложенных в алгоритмическую систему оптимизации, показаны пути разработки ППП для оптимального проектирования инженерных объектов различного назначения, причем, по сравнению с алгоритмическим, в данном пакете появляется блок формирования моделей, что дало возможность и обусловило необходимость разработки программного пакета, ориентированного на определенный класс сооружений. Решены задачи расчета и оптимизации круговых железобетонных тоннельных обделок с антисейсмическими узлами, комбинированных железобетонных обделок односводчатых станций метрополитена. Получена значительная экономия материалов.

Задача 1. Определить коэффициенты h_0 и h_1 , определяющие изменение толщины $h(\beta)$, сообщающие

$$\left. \begin{aligned} F &= |[\sigma] - \sigma_{\max}| \rightarrow \min; \\ 0,1m &\leq h_0 \leq 0,2m; \quad h_1 = 0,2 - h_0; \\ [\sigma] &= 2500 \text{ м / м}^2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Решение этой задачи:

$$F^* = 0,00063 \text{ м / м}^2, \text{ при } h_0 = 0,1221143 \text{ м.}$$

Задача оптимизации односводчатых станций метрополитена рассматривается как проектирование бесконечно длинной цилиндрической оболочки постоянного радиуса R и переменной толщины (рис. 8).

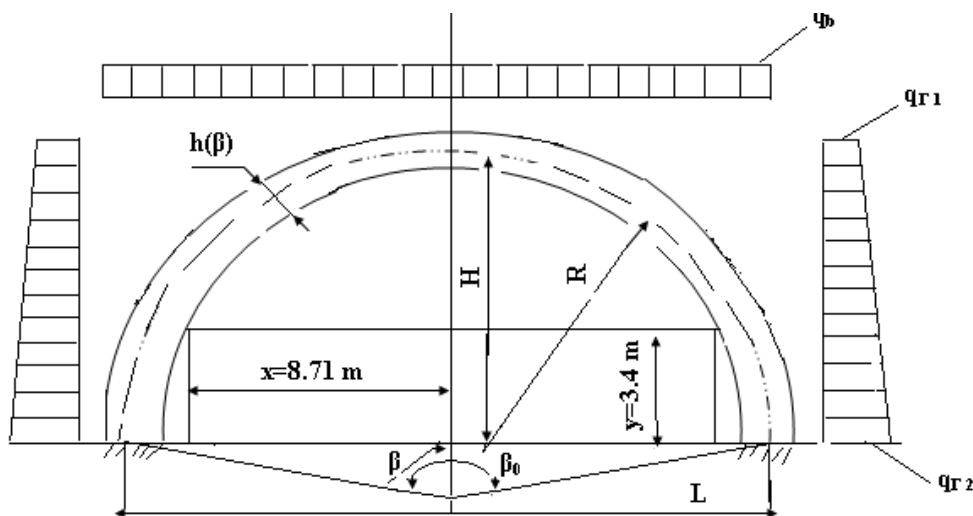


Рис. 8. Расчетная схема односводчатых станций метрополитена

Задача ставится как задача математического программирования: требуется определить оптимальное значение угла раствора β_0 и закон изменения толщины оболочек $h=h(\beta)$, удовлетворяющих условиям прочности и обеспечивающих минимум расхода бетона. Закон изменения толщины свода в зависимости от угловой координаты β задаем в виде

$$h = h_0 + h_1 \sin \frac{\pi\beta}{\beta_0}. \quad (3)$$

Оптимизируемые параметры: β_0 – угол раствора оболочки; h_0, h_1 – параметры, определяющие толщину свода.

Для обеспечения движения поездов радиус кривизны свода должен быть таким, чтобы точки с координатами $X = 8710 \text{ мм}$ и $Y = 3400 \text{ мм}$ находились внутри объема станции. В связи с этим радиус R срединной поверхности определяется по формуле

$$R = \frac{7 \cdot \sin \beta_1 + \sqrt{49 \sin^2 \beta_1 + 363 \cos^2 \beta_1}}{2 \cos^2 \beta_1}, \quad (4)$$

где $\beta_1 = \frac{\pi - \beta_0}{2}$.

Длина пролета L и высота свода H определяются по формулам:

$$L = 2 \cdot R \cdot \cos \beta_1, \quad (5)$$

$$H = R(1 - \sin \beta_1). \quad (6)$$

Минимизируемая функция цели – объем материала 1 погонного метра свода:

$$F_1(x) = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R h(\beta) d\beta = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R \left(h_0 + h_1 \sin \frac{\pi\beta}{\beta_0} \right) d\beta = R \beta_0 \left(h_0 + \frac{2h_1}{\pi} \right). \quad (7)$$

Накладываемые ограничения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\pi}{10} &\leq \beta_0 \leq \pi; \\ 0,5 \text{ м} &\leq h_0 \leq 1,5 \text{ м}; \\ -0,5 \text{ м} &\leq h_1 \leq 0,5 \text{ м}; \\ \sigma_{\max} &\leq [\sigma]. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Задача 2. Для решения задачи принимаем следующие исходные данные: материал свода – бетон М300. $E = 3,5 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$; $\mu = 0,15$; $[\sigma] = 1990 \text{ т/м}^2$.

Напряжения определяются после решения исходной системы дифференциальных уравнений равновесия рассматриваемого поперечного сечения цилиндрической оболочки переменной толщины, выведенных из вариационного принципа минимума энергии с учетом зависимости $h=h(\beta)$. Граничные условия: жесткое защемление по краям $\beta_0 = 0$; $\beta = \beta_0$.

Дифференциальные уравнения решаются численно при помощи метода конечных разностей. При этом используются центральные разности второго порядка точности. Для решения получившейся при этом системы линейных алгебраических уравнений применяется модифицированный метод исключения Гаусса, обладающий высоким быстродействием и требующий минимума оперативной памяти компьютера для решения систем

алгебраических уравнений большой размерности. При решении задачи на отрезке $[0, \beta_0]$ берутся 100 узлов сетки, что обеспечивает достаточную точность решения уравнений равновесия.

Все расчеты производятся на компьютере, для решения задачи оптимизации применен комплекс программных средств, составленный по алгоритму глобального поиска ГП-3, использующего методы случайного поиска экстремума.

Оптимизация свода с двумя независимыми системами нагрузок производится следующим образом. В точке пространства оптимизируемых параметров, характеризующей наилучшую пробу, делается полный расчет конструкции при действии каждой системы сил. Рабочий шаг совершается лишь при удовлетворении всех ограничений для обеих систем нагрузок, иначе – производится поиск новой точки.

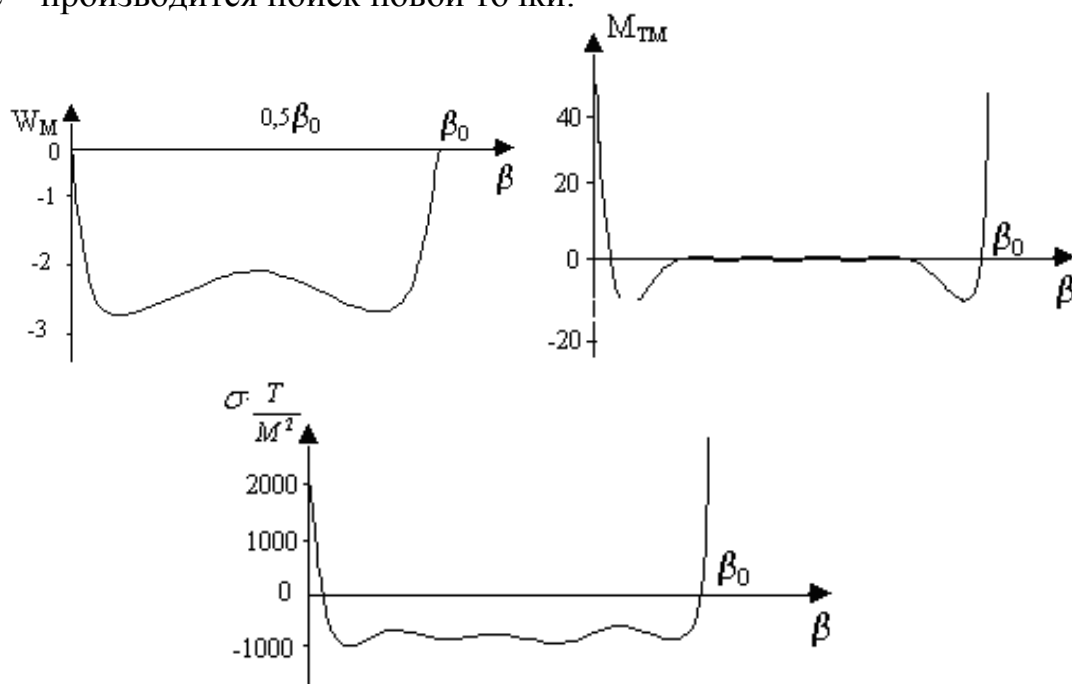


Рис. 9. Кривые прогибов $W(\beta)$, изгибающих моментов $M(\beta)$, нормальных напряжений $\sigma(\beta)$, получающихся при оптимизации оболочки с жестким защемлением краев

Оптимизация производится с точностью $\varepsilon=1\%$. Получены следующие результаты:

$$F_1^* = 9,088 \text{ м}^3; \beta_0^* = 3,092; h_0^* = 0,50 \text{ м}; h_1^* = -0,309 \text{ м}; R^* = 9,9 \text{ м}; L^* = 19,8 \text{ м}; H^* = 9,8 \text{ м}.$$

Существующий вариант конструкции свода имеет следующие характеристики: $F_1 = 14,76 \text{ м}^3$; $R_1 = 12,36 \text{ м}$; $R_3 = 5,74 \text{ м}$; $L = 19,7 \text{ м}$; $H = 8,15 \text{ м}$.

На рис. 9 представлены кривые прогибов $W(\beta)$, изгибающих моментов $M(\beta)$, нормальных напряжений $\sigma(\beta)$, получающихся при воздействии на оптимальную конструкцию свода второй системы нагрузок, поскольку граница прочности достигнута именно при ее воздействии. Все полученные результаты относятся к оболочке с жестким защемлением краев.

Однако, в конструкции сводчатой станции жесткое защемление не достигается, поскольку свод опирается на железобетонный лоток, который

лежит на грунте, т.е. на упругом основании, и края свода могут поворачиваться на некоторый угол (рис. 1). Как видим, в случае шарнирного опирания краев оболочки получена еще большая экономия материала. В основном по оболочке имеем безмоментное напряженное состояние, и лишь на границах сказывается краевой эффект. Согласно рис. 10, в центральной части оптимального свода получено безмоментное состояние конструкции, что соответствует наилучшей работе материала.

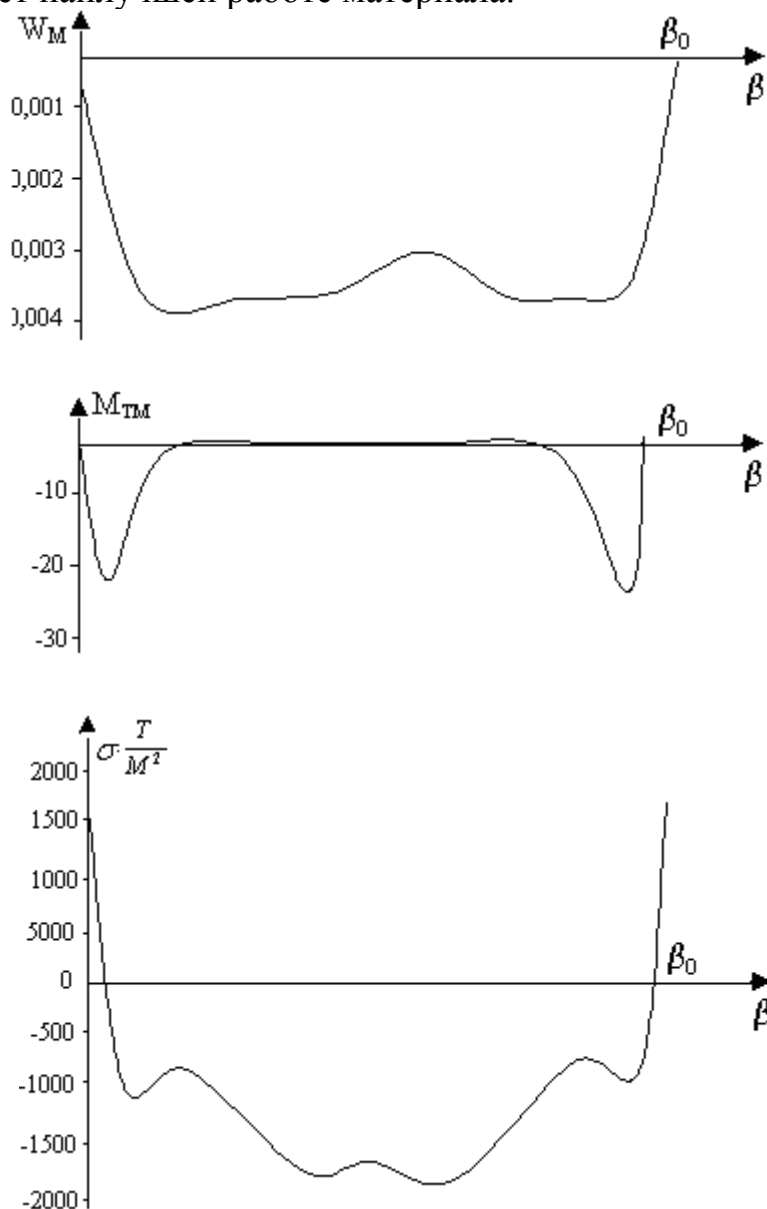


Рис. 10. Кривые $W(\beta)$, $M(\beta)$, $\sigma(\beta)$, полученные при расчете односводчатых станций метрополитена

Этот результат соответствует итогам расчетов и проектирования других авторов. Следует отметить, что в замке существующего свода сохраняются значительные изгибающие моменты. Существующие конструкции односводчатых станций не являются рациональными в смысле расхода материалов. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что проектирование сводов постоянной кривизны характеризуется более рациональным использованием материала, чем у существующих станций. При

проектировании конструкций сводов в работе обоснована целесообразность применения методов математического программирования.

Задача динамики плоских пластин. Решение задач динамики пластин свободно опертой или жестко заземленной по краям, включает решение задач свободных и вынужденных колебаний пластин и может быть сведено к определению собственных значений и векторов для разностной аппроксимации уравнений свободных колебаний пластин. В нашем случае задача сведена к решению частичной проблемы собственных значений. С целью экспериментального исследования разработанных алгоритмов моделировалась работа нейронной сети для нахождения амплитуд вынужденных колебаний пластин на частотах ниже первой резонансной и выше. В последнем случае применялась как классическая трансформация исходной системы, так и "полутрансформация Гаусса".

Результаты экспериментов говорят о высокой эффективности разработанных алгоритмов. При частотах внешних воздействий, существенно отличающихся от резонансных, скорость сходимости слабо зависит от частоты воздействия. На частотах воздействий, близких к резонансным, скорость сходимости резко уменьшается, при этом амплитуда колебаний растет. Результаты экспериментов подтвердили лучшую сходимость итерационного процесса.

Заключение

Для дальнейшего повышения эффективности производства, экономии материалов, улучшения качества проектируемых объектов, сокращения сроков проектирования инженерных конструкций необходимо совершенствование существующих систем автоматизированного проектирования и создания комплекса алгоритмов, функционирование которых, в основном, базируется на использовании методов оптимизации, системного анализа и математического моделирования.

Разработаны объектные структурно-атрибутивные модели, которые на эскизном уровне информационного представления включают в себя конструкторские и технологические аспекты инженерных конструкций, что позволяет формализовать описание задач технологического проектирования на уровне эскизных координат, и обеспечивает высокую степень автоматизации выполнения операций при переходе к исполнительным координатам. Обоснована концепция технологического сопутствия, моделирующая взаимосвязанное множество разнородной проектной информации, что позволяет реализовать интеграцию систем автоматизированного проектирования и систем управления проектными работами.

Основные результаты диссертационной работы, посвященной решению одной из важных и актуальных проблем оптимального проектирования инженерных конструкций, состоят в следующем:

1. На основе системного подхода с учетом специфики оптимального проектирования инженерных конструкций сформулированы основные

концептуальные подходы и положения к решению научных проблем реализации методов и алгоритмов анализа и синтеза конструкторских и технологических решений в САПР инженерных конструкций на основе единых унифицированных принципов информационного обмена.

2. Обосновано, что для эффективного решения широкого класса оптимизационных задач целесообразно использование оптимизирующих систем, включающих в себя совокупность поисковых алгоритмов.

3. Теоретические основы оптимизации инженерных конструкций базируются на оптимизации математических моделей по показателю-критерия эффективности в виде веса объекта исследования. Построение таких моделей потребовало проведения как теоретических, так и вычислительных экспериментов. Большой фактический материал по моделям и их алгоритмам, широко применяемым в проектном деле, позволил впервые в расчетной практике разработать наиболее надежные (адекватные) системы алгоритмов оптимизации инженерных конструкций.

4. Предложены алгоритмы локального и глобального поиска (ГП-3), которые позволяют решать многоэкстремальные задачи, и обеспечивают сокращение времени вычислительного процесса. На базе алгоритма ГП-3 создана его модификация, способная решать задачи при наличии целочисленных переменных.

5. Предложена методика определения оптимальных последовательностей применения алгоритмов оптимизации, обладающих максимальной скоростью сходимости. Разработан метод параметрической идентификации моделей, а собственно задача идентификации сведена к экстремальной с последующим применением алгоритма ГП-3.

6. Предложена алгоритмическая система решения классов оптимизационных задач, основанная на работе алгоритмических банков (Б), каждый из которых имеет строго определенные функции. Алгоритмическая система работает в автоматическом режиме и предусматривает: унификацию постановок оптимизационных задач; контроль за правильностью постановки конкретной задачи; исследование и идентификацию моделей; выбор алгоритмов из условий допустимости решения поставленной задачи и их оптимальности; проведение параметрической идентификации с целью достижения требуемой скорости сходимости для класса задач данной предметной области: предложен метод оптимальной последовательности применения разработанных алгоритмов.

7. Представлены результаты расчета по оптимизации сооружений типа метрополитена. Существующие конструкции сводов односводчатых станций не являются рациональными в смысле расхода материалов. Указана возможность проектирования сводов постоянной кривизны с более рациональным использованием материала, чем у существующих станций. Обоснованы целесообразность применения при проектировании конструкций сводов методов математического программирования и компьютера, способных найти оптимальную, по выбранному критерию, конструкцию свода.

8. По предложенным рекомендациям к проектированию оптимальных инженерных конструкций по весовой оптимизации и их алгоритмизации создана алгоритмическая система, защищенная авторским свидетельством и внедренная в расчетную практику.

9. Разработан метод аппроксимации и алгоритм моделирования на нейронных сетях систем уравнений динамики пластин, свободно опертых или жестко закрепленных по краям, и результатами численных вычислительных экспериментов подтверждена лучшая сходимость итерационного процесса решения систем бигармонических уравнений колебания однородных пластин постоянной толщины со знаконеопределенной матрицей при использовании принципа полутрансформации Гаусса по сравнению с трансформацией исходной системы уравнений вибрации реальных конструкций.

10. Результаты исследований могут успешно применяться научно-исследовательскими институтами, опытно-конструкторскими бюро и проектными организациями, связанными с решением различных оптимизационных задач при проектировании и строительстве инженерных конструкций.

Экономический эффект от внедрения результатов исследований складывается из следующих составляющих:

из результатов вычислительного эксперимента определены, конструкции, обладая одинаковым запасом прочности, отличаются по весу почти в 20 раз, конструкций из оболочек переменной толщины позволяет в ряде случаев снизить вес конструкции на 14 % (для цилиндрических оболочек) и на 27 % (для конических оболочек) по сравнению с сооружениями из оболочек постоянной толщины.

в результате оптимизации конструкций по весу, рассматриваемые конструкции одинаковым запасом прочности, значения их весов значительно отличались почти в 20 раз, для реализации конструкций из оболочек переменной толщины снизить вес конструкции на 14 % (для цилиндрических оболочек) и на 27 % (для конических оболочек) по сравнению с сооружениями из оболочек постоянной толщины, таким путем достигнуты в экономии материалов и трудовых ресурсов.

Таким образом, на основе теоретического обобщения и практической реализации, изложенных в работе новых научных положений решена крупная проблема разработки методов и алгоритмов анализа и синтеза конструкторских и технологических решений в САПР инженерных конструкций и сооружений, а также в результате применения оптимизации инженерных конструкций и сооружений по весу, экономии материалов, повышения качества конечной продукции, сокращения сроков проектирования и ввода объектов в строй имеющей важное народно-хозяйственное значение.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD SCIENTIFIC
DEGREE OF DOCTOR OF SCIENCES 16.07.2013.T.02.01
AT TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY AND
INSTITUTE OF ENERGY AND AUTOMATION**

KARSHI STATE UNIVERSITY

YAKUBOV SABIR

**METHODS AND ALGORITHMS OF SYNTHESIS AND ANALYSIS
OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN COMPUTER-
AIDED DESIGN OF ENGINEERING STRUCTURES AND BUILDINGS**

**05.01.08 - Automation and control of technological
processes and manufactures
(technical sciences)**

ABSTRACT OF THE DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent – 2015

The subject of doctoral dissertation has been registered by Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan by number 30.09.2014/B2014.5.T310.

Doctoral dissertation is carried out at Karshi State University.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on the web-page to address www.tdtu.uz and Information-educational portal "ZIYONET" to the address www.ziyonet.uz.

Scientific consultant: **Nazirov Shodmonkul Abdurozиковich**
Doctor of physical and mathematical sciences, Professor

Official opponents: **Bekmuratov Tulkin Fayzievich**
Academician of the AS RUz,
doctor of technical sciences, professor
Yuldashev Tadjimat
doctor of technical sciences, leading researcher
Nazarov Ulugbek Sultanovich
doctor of technical sciences

Leading organization: **Tashkent University of Information Technologies**

Defense of dissertation will take place on " 8 " jule 2015 at 9⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council 16.07.2013.T.02.01 at the Tashkent State Technical University and the Institute of Energy and Automation. (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 6). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel. : (99871) 246-03-41.

Abstract of the dissertation sent out on " 6 " june 2015 year.
(mailing report № 2, on " 6 " june 2015 year).

N.R.Yusupbekov
Chairman of scientific council on award of
scientific degree of doctor of sciences,
doctor of technical sciences, professor,
Academician of the AS RUz

O.O.Zaripov
Scientific secretary of scientific council,
doctor of technical sciences, ass. professor

Sh.M.Gulyamov
The chairman of scientific seminar under
scientific council, doctor of technical sciences, professor

Introduction (Abstract of doctoral dissertation)

Topicality and demand of the subject of dissertation. Design engineering of high quality structures and reliability while saving materials and other financial and human resources, as well as shortening the design terms are impossible without the use of modern methods of optimization and design automation based on the use of modern computer technology. Development of new mathematical models of efficient algorithms, software packages and systems for solving various classes of problems, is one of the central areas in modern science.

The market strategy of social development in a competitive environment imposes severe restrictions demanded of the design period. In such circumstances, the use of CAD is becoming a necessity. Development of the national economy and the increasing role of science in this sector more acutely pose scientific and technical personnel problems to improve production efficiency, saving materials, improve the quality of the final product, reducing design time and putting it into operation. The task of providing theoretical, methodological and applied bases efforts to the successful solution of these problems by experts faces in front of the Science. The complexity of the problem requires the use of sound and practically proven mathematical models and methods to provide a solution to control applications process of building design in market conditions, including through the use of CAD technology and automated control systems (ACS). The practical significance of the problem lies in the use of guidelines and recommendations of the study in practice in the production of design and technological documentation for tasks aimed at the efficiency of the design process, including the use of CAD and ACS for different purposes.

Comprehensive measures taken by the Government of the Republic of Uzbekistan for the development of CAD, on the basis of the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan PP-1730 "On measures to further the implementation and development of modern information and communication technologies" on 21 March 2012, aimed at wide dissemination and implementation of software products developed based on modern information technology. In this regard, the creation of complex software tools for analysis and optimization of engineering structures is of particular relevance and, at the same time is a topical theoretical and applied problem of great national economic significance.

CAD are now one of the most effective means of improving the performance of engineering work and scientific activity, reduce the time and improve the quality of technical developments. The modern approach to design automation is not limited to the use of the computer during the time-consuming calculations, information retrieval and production of technical documentation. Today we are talking about the creation of so-called intelligent human-machine systems, in which is possible to perform the entire cycle of design work, ranging from scientific research to manufacturing design and technological documentation, and in some cases - models or prototypes.

Demand is characterized by the thesis that the entire cycle of design work, ranging from scientific research to manufacturing design and technological documentation, and the need for the widespread introduction of methods and algorithms for computer-aided design into production, determine necessary and appropriate for automation of process of designing the optimum engineering designs.

Relevant research priority areas of Science and Technology of the Republic. This dissertation is made in accordance with the priority areas of science and technology: GTIN-17 - "Development of modern information systems, intelligent controls and training of scientific and technical databases and software products that provide wide development and implementation of information and communication technologies."

International review of scientific researches on the theme of dissertation. Theoretical and practical research to develop new mathematical models and efficient algorithms for the analysis and synthesis of design and technological solutions in computer-aided design of engineering structures and buildings, were large firms, companies, research centers, universities and research institutes in foreign countries, such like Autodesk, Inc. (USA), Siemens PLM Software (Germany), Toto (Japan), Acme Infotech Company (India), Ltd. "Polytech-UIMP-XXI Century" (Russia) and others.

As a result of research work carried out in recent years, are the following: developed and implemented computer-aided design for solving classes of optimization problems of engineering structures (Autodesk, Inc.); software packages (PPP) of optimal design classes designs (Siemens PLM Software); mathematical models and computational algorithms for solving optimization problems of automation of process of designing engineering structures (Toto); calculation and simulation of engineering designs matematicheskme (Acme Infotech Company); software and technology design and calculations for structural design using advanced design technologies and licensed software a wide spectrum: SCAD, AutoCAD, Tower, LIRA, Arhcad, Ansys, 3D MAX, SolidWorks and others. (Ltd. "Polytech-UIMP-XXI CENTURY ").

Today, implement priority research projects to develop in the creation and improvement of technological processes, computer-aided design, their mathematical, technical and methodological support.

Degree of study of problem. The problem of justifying the methodology of research aimed at improving the methods for solving optimization problems of computer-aided design and engineering designs, L.V. Kantorovich, N.N. Moiseyev, V.S. Mikhalevich, B.N.Pshenchniy, Y.M. Danilin, L.A. Rastrigin, L.I. Polovinkin, R.G. Strongin, Yu.G.Stoyan, A.N. Kudinov, V.A. Koldunov, V.P. Malkov, A.G.Ugodchikov, V.L. Rvachev, L.V. Kurpa, V.K. Kabulov, T.F. Bekmuratov, T. Buriev, R. Sadullaev, O.M. Nabiyev, Sh.A.Nazirov et al.

Problems of optimal design of engineering structures, structural design tasks with minimum weight, which are widely used in such sectors of the economy such as construction, raketo-, aircraft and shipbuilding, etc., Were investigated in I.M.Rabinovich, A.I.Vinogradov, H.M.Mushtari, V.V.Vasiliev, Y.N.Nemirovsky, A.A.Chiras, V.N.Paimushin, I.N.Ginzburg, S.N.Kahn, A.N.Kudinov, V.A.Koldunov, N.V.Banichuk, K.I.Mazhid, Y.M.Pochtman, G.V.Filatov, V.D.Hajiyev, M.T.Urazbayev, V.K.Kabulov, T.R.Rashidov, Y.N.Muborakov, K.Sh.Babamuratov, T.B.Buriev, F.B.Abutaliev, K.S.Abdirashidov, F.Badalov, B.Kurmanbaev, T.Yuldashev, Sh.A.Nazirov et al., the results of their research on automation of calculation of structures of technical systems and their properties, and also have important theoretical and practical value for the successful optimization of engineering structures.

From the results of the analytical review and critical analysis of scientific literature, we can conclude that, despite definite progress, scientific and technical problems of development of mathematical models, computational algorithms and software systems for solving optimization problems can not be regarded as complete. Insufficient attention is paid to issues related to improving the efficiency of computational algorithms, complex software for automated computer-aided design optimum engineering designs. In imperfectly understood and resolved issues algorithmization design and technological solutions in CAD engineering designs. At the same time, highlighted the urgency and relevance of activities aimed at improving methods and automation tools solve a wide range of optimization problems in the design of optimal engineering designs. The essential feature is the optimization of engineering structures algorithmization design and technological solutions in CAD, which allows you to automate the calculation of structures created technical systems that best explore the features of the past and to ensure reliable prerequisites for successful optimization of engineering structures.

The results of this research in a new direction to solve the problem of optimization and optimal design of engineering structures require formalization and algorithmization design and technological solutions in CAD.

Communication dissertation topic with the plans of scientific research institution of higher education and research institution, which made the thesis, is reflected in the following projects: F4-016 - "Development of methods and means of solving the multidimensional optimization of linear and nonlinear formulation on the basis of a constructive method of R - functions" (2012-2016 gg.).

The purpose of the study is to develop a scientific and methodological foundations, mathematical models, algorithms, methods and practices for the implementation of computer-aided design engineering structures, integrating the stages of design and technological design based on unified principles of information exchange.

In order to achieve the intended objectives formulated the following research objectives:

- development of the concepts and principles of CAD optimum engineering designs;

- analysis of scientific and applied research in the field of the variant and optimal design of engineering structures;

- development of the mathematical models, the creation of efficient algorithms and a set of software tools for solving optimization problems of thin-walled structures;

- research of convergence algorithms design of engineering structures and their parametric optimization;

- development of algorithmic optimization system simulation analysis, synthesis and optimization of design and technological solutions in the CAD engineering designs;

- carrying out of computational experiments to study the models and algorithms for optimization of engineering structures;

- realization of a neural network approach to solve the problems of the dynamics of plates;

- application of the development specific recommendations of the thesis to the practice aided variant design of engineering structures.

Object of research the processes of the variant design of engineering structures based on arches, plates and shells.

Subject of research - mathematical models, numerical algorithms and software for solving optimization problems aided design of engineering structures.

Methods of research. The study has applied the methodological basis of the study is a systematic approach and methods of the theory of computer-aided design, the methods of mathematical modeling, numerical methods, optimization methods, mathematical programming, methods of mathematical physics, solid mechanics and structural mechanics, algorithmic methods, software engineering and computer experiment.

Scientific novelty of dissertational research consists in the following:

- mathematical models and computational algorithms for solving optimization problems automate the process of designing the optimum engineering designs are developed;

- developed a theoretical framework and formulated principles of computer-aided design for solving optimization problems of classes of elements of engineering structures;

- developed efficient algorithms for a class of random search of both local and global extremum;

- developed the principles and methodology of construction of problem-oriented software packages (PPP) of optimal design class structures;

solved a lot of important problems of calculation and optimization of engineering structures and buildings;

in solving the problem of the dynamics of flat plates synthesized neural network.

Practical results of research consist in the following:

developed a set of software tools to automate the process of designing the optimum engineering designs;

demonstrated the effectiveness of complex software tools in the study and optimization of complex structures made of plates and shells with variable thickness and it is shown that the application of the proposed approach for the implementation of the structural shell of variable thickness, in some cases, can reduce the weight of the structure in comparison with the structures of the shells of constant thickness;

results of numerical experiments show the appropriateness of the shells of variable thickness, as well as the effectiveness of formulating and solving optimization problems in the design of shells minimum weight class;

results of the neural network approach to solve the problem of modeling the forced vibrations of a plate, simply supported or clamped firmly around the edges;

discuss the results of computational experiments on optimization of thin-walled structures;

results of numerical experiments show how all found minima considered design is on the border of strength or resistance values of their weights were significantly different. In other words, the two structures having the same margin of safety, differ in weight by almost 20 times, to implement variable designs of shell thickness can, in some cases, reduce the weight by 14% (for cylindrical shells) and 27% (for the conical shells) compared with structures of uniform thickness shells.

use of the results of research and development has allowed to solve a number of important practical problems of calculation and optimization of engineering structures with the achievement of significant people's economic effect.

Reliability of results is confirmed by the results of theoretical and experimental research and computing their mutual consistency, practice their introduction and discussion of the results of research in various scientific conferences and publication of research results in peer-reviewed scientific journal of the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

Theoretical and practical value of the research results. The theoretical significance of the results of the study is that the method of calculating the optimization of thin-walled structures, computational algorithms and software tools in their totality form a single concept and formalization of algorithmic design and technological solutions in the CAD engineering designs.

The practical significance of the work lies in the effective application of the developed methods and algorithms for analysis and synthesis of design and technological solutions in the CAD engineering designs.

Realization of the results. Based on the results of the thesis: Algorithmic optimization system developed based on the optimization of simulation, analysis and synthesis of design and technological solutions in computer-aided design of engineering structures in place in the enterprises of the State Committee for Architecture and Construction Uzbekistan, in particular, implemented in the company "Tamir-Loyiha" (certificate of the State Committee for Architecture and Construction of the Republic of Uzbekistan for №1813 / 18 of 15 April 2015). Research results from the use of software based on mathematical models and numerical algorithms, by increasing productivity, reducing the period of designing and putting into operation of engineering facilities, as well as by optimizing the designs by weight, ie, structures having the same margin of safety, differ in weight by almost 20 times, to realize structures of membranes of varying thickness can, in some cases, reduce the weight by 14% (for cylindrical shells) and 27% (for the conical shells) compared with the structures of shells of constant thickness, resulting in the achievement of savings and other materials manpower economic effect amounted to 100 million. 55.4 thousand. amounts.

Approbation of the work. The study tested 28 scientific conferences, including 18 international conferences, schools and seminars: International conference "Mathematical modeling and computational experiment" (Tashkent, 1994); World Conference "Intelligent Systems for industrial automation» (WCIS - 2008, 2010, 2012, 2014) (Tashkent, 2008, 2010, 2012, 2014); International scientific conference "Modern problems of mechanics" (Tashkent, 2009); Seventh Asian International School-Seminar "Optimization of Complex Systems" (Tashkent, 2011); Eleventh International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, (ICAFS - 2014) (Paris, France, September 2-3, 2014); International scientific-practical conference "Innovations in technology and education" (Belovo, Russia, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2013, 2014); International scientific-practical conference "Security and structural design in engineering and construction" (Kursk, 2013); International scientific-technical conference "Perspective development of science, engineering and technology" (Kursk, 2013); International scientific-practical conference "Modern tools of information technology and innovation" (Kursk, 2014); International scientific-practical conference "Modern innovations in science and technology" (Kursk, 2014); International scientific-practical conference "Technology: the path of innovative development" (Kursk, 2014) and 10 national scientific conferences: "Mathematical modeling and computational experiment" Tashkent, 2002; Karshi, 2003; Karshi, 2005; Karshi, 2007; Bukhara, 2009; Republican fair of innovative ideas, technologies and projects (Tashkent, 2010); as well as scientific seminars laboratory "algorithmic" the Institute of Mathematics and Information

Technologies of Uzbekistan Academy of Sciences (2000-2011); annual scientific-theoretical and practical conferences, teaching staff Karshi State University (Karshi, 1991-2014).

The main results of the thesis were reported and discussed at a joint scientific seminar of "Applied Mathematics and Computer Science", "Higher Mathematics", "Physics", "labor training and plotting" and "Energy" Karshi State University (Karshi, 2014), at a scientific seminar by specialty 05.01.08 - «Automation and management of technological processes and manufactures" (engineering) at the scientific council 16.07.2013.T.02.01 at the Tashkent State Technical University and the Institute of Energy and Automation (Tashkent, 2015).

Publication of the results. On the subject of the dissertation was published 57 scientific papers, including - 3 monographs, one of them published in foreign countries, 19 journal articles, 3 in foreign journals and 19 articles in collections of materials of international scientific conferences, and received 3 certificates of registration of computer programs.

The structure and scope of the thesis. The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, bibliography, 4 applications and contains 200 pages of text, including 36 figures and 31 tables.

Main contents of dissertation

In the introduction the urgency and relevance of the dissertation topic are substantiated, goals and objectives are formulated. The a subject of the study is identified, the appropriate research priority areas of Science and Technology of the Republic of Uzbekistan are determined formulated scientific novelty and practical results of the study proved the reliability of the results obtained are presented, disclosed theoretical and practical importance results, a list of implementations, data from published works and the structure of the thesis are listed.

In the first chapter (Theory and methods of optimization of engineering structures and buildings) an analytical overview of the current state of scientific problems of design automation engineering design and optimization has been done, as well as reviewed the scientific and technical problem of creating a system for algorithmic solutions classes of optimization problems; the general principles of computer-aided solving optimization problems of engineering structures from staging to obtain numerical results are treated. Methodological basis of application of methods of system analysis and synthesis to solve optimization problems is substantiated. The current pace of design and implementation of engineering structures impose their strict requirements for quality design solutions. At the present time not only to project design that meets the requirements of strength, stability and rigidity is required, but also getting a technologically and economically more efficient solution. This is possible on by in the process of designing a variant when performing analysis of multiple design alternatives on a

range of technical and economic parameters. Manual implementation of the process is very laborious and time-consuming, which ultimately allows the development of a more or less detailed one to three options. As a result for, the process variant design of engineering structures it is necessary to involve computer equipment.

It is shown that one of the characteristics of engineering structures is the direct incorporation as a source of primary information consumers and customers at an early stage of the life cycle of creation of engineering structures and buildings in an ever-increasing demand for their quality, performance and economic indicators. This leads to a significant increase in the volume of information to be understanding, processing and management, and, consequently, to the need for deep information integration of mathematical models of conceptual, design and technological design. All models should be automatically analyzed for the technological admissibility, which actually means a shift to high-level modeling and expansion of the models used respects, the specifics of design objects.

In this regard, a special topicality gets complicated scientific and technical problem of formation and theoretical basis for new approaches to automation of variant design and technological design of engineering structures. Analysis of existing CAD on this domain testifies to their limited capacity to effectively solve the problem that due to a number of significant limitations inherent in them. First of all - it's basing on the geometric design paradigm, the lack of consideration of the specific manufacturing engineering structures, low level of integration lifecycle produced products, the lack of control of the correctness of algorithmic choices of design and technological design solutions, the implementation of most of the design and manufacturing operations at a low level of abstraction in the area of executive coordinates.

It is shown that the implementation of the strategy of building a common information space in which the CAD and engineering are the basic functional systems, it is advisable to make the transition from geometric models of engineering structures and buildings to the structural-attributive object model high-level abstractions.

This chapter provides a general problem of optimization of thin-walled elements of engineering structures, making selection of computational models of deformable systems. In the design and development of new systems, structures, devices, products, usually based on the need taking into account different requirements. Those applied to the deformable mechanical systems (structures) are: strength, stiffness, and stability of all elements of the system and nodes, etc. The optimality criterion is based on one or more performance criteria. As a result of solving optimal design there have been defined shapes, the intrinsic properties of structures and working conditions, delivering an extremum selected characteristic structures subject to additional restrictions. Statement of the problem to optimize the design is as follows: the basic formulation of constitutive equations

(mathematical models); selection of optimized functional; restrictions on the functions of the state and the desired control variables.

The ultimate goal of the design is to create a rational products, facilities, structures, systems, etc., based on the available resources and capabilities.

Advances in the theory of extremal problems in the development of numerical methods for solving boundary value problems of mathematical physics led to intensive development of the theory and methods for solving optimization problems in the mechanics of deformable systems.

In the second chapter (Development of algorithms of random search for algorithmic optimization system) deals with the research and development of algorithms and global random search, with the main requirement for them. The algorithms developed by the author, for finding local and global extrema of multivariate functions, able to solve the optimization problem as absolute, and in the presence of various restrictions are considered. Further development of the local search algorithm is the algorithm of GP-3 - a global search for the solution of multi-oriented tasks. Applied it heuristics, such as, for example, the construction of "exclusion zones", which increases, according to the accumulation of information about the model in the search process and prevent unproductive time spent on finding previously found minima, et al., have led to the high efficiency of the algorithm. A special algorithm with rapid convergence, designed to optimize the designs that satisfy the conditions of strength, stability, stiffness. In its development in order to accelerate the convergence was used the fact that the optimum structures is always on one of the boundaries or at their intersection. The length of the working step of the algorithm is determined depending on the distance from the boundaries of search engine, and changes in the search process, significantly reducing the time for search. This algorithm can also be advantageously applied to other solutions of optimization problems if a priori known that the optimum lies on the boundary. All developed algorithms included in the algorithmic system optimization (ASO).

In the design and development of new systems, structures, devices, products, usually based on the need to take into account different requirements. Those applied to the deformable mechanical systems (structures) are: strength, stiffness, and stability of all elements of the system and nodes, etc. The optimality criterion is based on one or more performance criteria. When searching for the optimal design of a received optimality criterion and restrictions can be obtained not optimal, but the rational design. For example, if the claim has not found the technological quantiafy active estimation and is not included in the number of constraints, it is possible to get a project of minimum weight (weight-optimized), but irrational project because of its non-technological. Heavier construction, but comfortable with a technological point of view, may be more rational. Optimization problems (and their various productions) are separate sub-tasks in the development process in general management of the project.

The basic requirements to the algorithms ASO et al. of the application package (PPP), designed for solving optimization problems as universality, simplicity, minimum required RAM, efficiency, ability to solve constrained optimization problems, including elements in algorithms heuristics, the ability to solve problems in discrete optimization and multiextremal problems. For the successful operation of a general-purpose optimization RFP must be fulfilled these requirements, in the aggregate embedded in a package of algorithms. The results of numerical studies of these algorithms on a set of test problems, showing their high efficiency are listed.

At present, software-aided design and analysis of variance engineering structures mainly represented by such software systems engineering analysis as SCADA, LIRA, ANSYS, NASTRAN et al., which allow to build mathematical models and designs of varying complexity rely on the finite element method (FEM). However, most of them does not contain or contains very limited in its functionality modules optimization calculations. These modules are implemented based approach to finding a solution to the problem was to carry out an iterative procedure consistent application of processes of finite element analysis to determine the parameters of the stress-strain state (SSS) construction and transformation of design variables on the basis of the method used to optimize the obtained values.

This approach is strongly binds the time allowed for calculation, the selected search method: computational speed while depends on the number of iterations required to find a solution given by the optimization method used and the amount of the search space. As a consequence of this advantage in building systems design variant is given to faster and more efficient optimization algorithms.

In this case, often the question of universality and mass algorithms (i.e. the width of their application to problems of all sorts) fades into the background. The result is a system that has a very shallow knowledge of numerical methods, is placed before the difficult choice of a particular algorithm that guarantees the accuracy and reliability of the task.

In this situation, it is better not to develop advanced and high-performance optimization algorithms and their application in CAD engineering structures but building systems using flexible mechanisms of adaptation and adjustment of the existing search algorithms for solving problems of finding extreme of a wide class of functions.

The practical need to address the different types of optimization problems in the design of various objects (including engineering and construction) has led to the creation of program libraries optimization software packages at various levels and purposes. Collected in one package different algorithms increase and expand the class of optimization problems solved.

In the third chapter (Parameter optimization algorithms and convergence) describes issues of parametric optimization and convergence of regular and

statistical algorithms. There has been made meaningful statement of the problem of optimization algorithms as mathematical programming problem, where the parameters to be optimized algorithms considered various options that affect the speed of convergence; for the objective function as the amount of computation required to solve the problem with a given accuracy. Other possible tasking. The features of these problems and propose methods to solve them are also considered. Statements of tasks are described.

Parametric optimization algorithms will be called to determine the optimal values of the variable parameters of the algorithm, tells him the maximum speed of convergence in solving certain classes of problems.

Under the external parameters of the algorithm we understand the parameters whose initial values are given in the problem statement, together with the original data.

These - certain constants involved in the work of the algorithm and the exact values are not known no either from theory nor practice of solving problems.

If we define the values of the external parameters that allow to solve the problem of a certain class to any algorithm with a maximum speed for it, by the same aim, we will solve the problem of tuning algorithm for this class of problems.

However, in essence, all algorithms inherent adaptation - changing parameters in the process of solving the problem in order to improve the convergence and random search algorithms and self - change in the probability of search properties in the process of solving the problem with the same goal of improving the convergence.

Under the internal parameters of the algorithm, we consider the parameters that affect the course of adaptation and self in solving a specific problem (class of problems). Determination of optimum values of the internal parameters can also lead to the improved search.

The problem of setting algorithms for specific classes of problems is extremely difficult, as there is no identified dependency influence parameters on the rate of convergence of the algorithm for solving a particular problem, and therefore no recommendations, methods for selecting the optimal values of the parameters of the algorithm. Success in the proper setting algorithms mainly depends on the skills, experience and intuition of the researcher.

However, the solution of the problem can be formalized setting algorithms, presenting it as an optimization and solved numerically using the search engine algorithms.

To conduct parametric optimization algorithms it should be, above all, made their parameterization, ie identify internal and external parameters and their range of possible values. For this, we consider each algorithm separately.

All random search algorithms have the ability to be configured for a successful solution of various problems. This setting is reflected in the selection of various specific algorithm parameters influencing the passage of the search. In

algorithms P-1 - SE-3, there are also some options are which being changed, can be achieved changes in the probability of finding local and global minima and the number of machine time required to solve the problem.

Since the optimization problem of random search algorithms is multicriteria (necessary to obtain a given accuracy, the maximum probability of finding local and global minima with a minimum of computation), to obtain reliable results on the values of parameters in the optimization process have been taken into account only those values that lead to finding the minimum test functions with a value of $F > \varepsilon$.

The results of parametric optimization algorithm GP-3 is especially well traced by the example of the solution of multi-tasks. Revealed features predetermined inability to use regular mathematical programming algorithms to solve the problem and the need for a global search algorithm (in particular, the algorithm GP-3).

Parametric optimization in some cases leads to structural optimization. So, to solve a number of problems resulting optimal parameters of the algorithm GP-3 led to that it worked as an algorithm for random shutter with linear tactics, etc. In such cases, the development of improved and operational optimization algorithm and its application to solve the problems of finding the extremum of the objective function in the computer-aided design of engineering structures are more efficient in building systems using a flexible mechanism existing search algorithms.

The results of the construction of such sequences, providing a higher rate of convergence than any algorithm of forming of these sequences are listed.

As for the choice of optimal algorithms and sequences are necessary for research and identification of mathematical models, in the same chapter an automated method for the study and identification of models based on stochastic approximation algorithms using random search is provided. The technique is offered, developed an provided algorithm and a program of automatic sequencing algorithms is made up. The sequence of algorithms obtained for one of the tasks is effective for other tasks of reporting and several other classes of problems. The different formulations of problems and numerical results of their decisions are shown.

In the fourth chapter (The structure and organization of the functioning of algorithmic optimization system) describes the structure and organization of the functioning of algorithmic and software components of computer-aided design of optimal engineering designs. There is proposed algorithmic optimization system that is invariant with respect to the classes optiziruemyh objects. It consists of the subsidiary banks and algorithmic: B_0 - Bank tasking, B_1 - database, B_3 - Bank signs, B_4 - Bank models, B_5 - Bank algorithms, B_6 - Computing bank, B_7 - operative Bank (monitor). A description of their structure, function, banks and the main modules of which they are composed are given information and logic banks Schemes are adduced.

In algorithmic system optimization (ASO) there is used decomposition monitor functions. To ensure all stages of the system, including a formal statement of the problem, the control setting, memory allocation, input source data, research and identification of the model, the choice of admissible algorithms, setting them on task sequencing algorithms, the formation of a working program and holding accounts would be required a very complex and bulky monitor that would complicate the system. When setting goals various errors associated with the actions of the user and the programmer, system maintenance may occur. In order to conserve time, after entering the initial information into the computer before the whole system is necessary to monitor the correct formulation of the problem with the syntactic side. To do this, B_0 should be appropriate service programs. Functional diagram B_0 is shown in Fig.1.

B_1 – database is used to store all the numerical data required to solve the problem, as well as for the issuance of the necessary data on request. To do this, the original data must be appropriately distributed and organized their search and extradition. Fig. 2 shows a functional block diagram of a data bank B_1 .

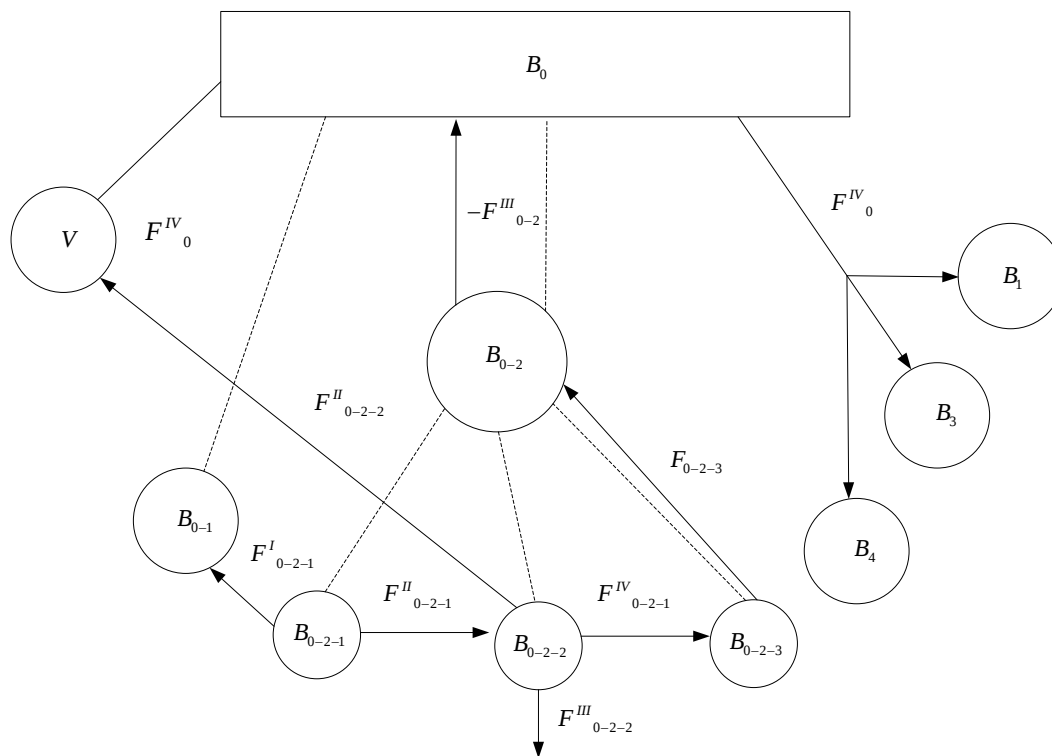


Fig. 1. Functional diagram of the bank statements of B_0

B_3 - Bank signs are used for storing and processing the logical information to identify each specific task. B_4 - Bank models and B_5 - Bank algorithms are utilized by the signs of the problem identified by the bank signs. Functional diagram of the bank signs of B_3 shown in Fig. 3.

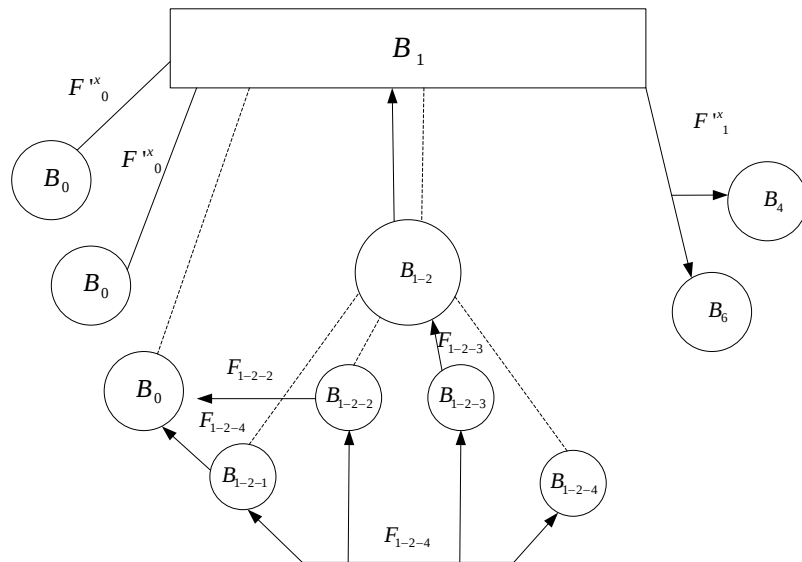


Fig. 2. Functional diagram of a data bank B_1

B_4 - Bank of models used for the study and identification of mathematical models on the basis of tasks, formed in the base of B_3 ; data transmission on the basis of optimization models in B_5 ; functional diagram of the bank B_4 models shown in Fig. 4.

B_5 - Bank of algorithms is used to store all the necessary information about the available algorithms for solving extremal problems, as well as to select an optimal algorithm for each specific model. The most common methods and their respective characteristics of algorithms for solving mathematical programming problems inherent in B_5 , a functional block diagram of the bank B_5 algorithms are shown in Fig. 5.

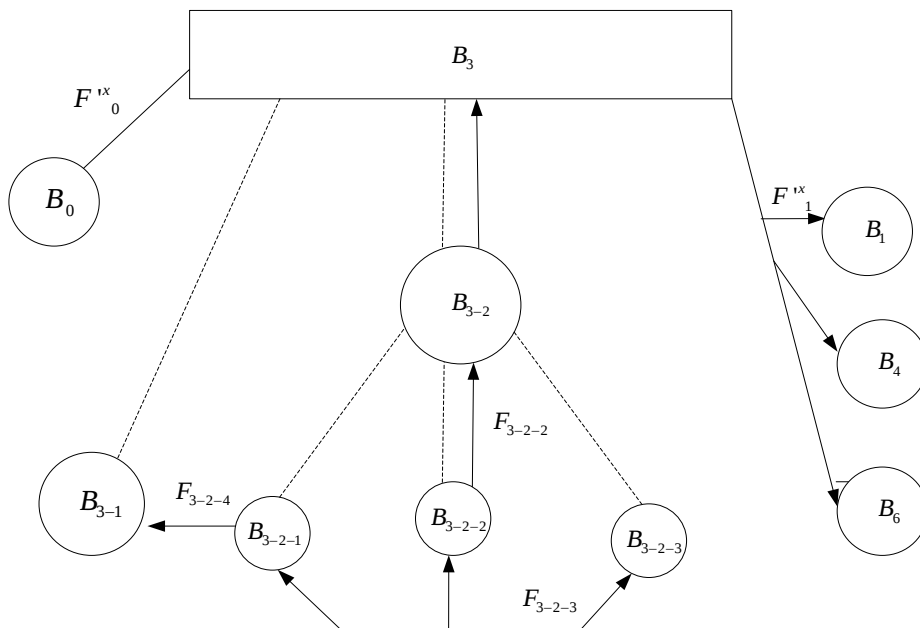
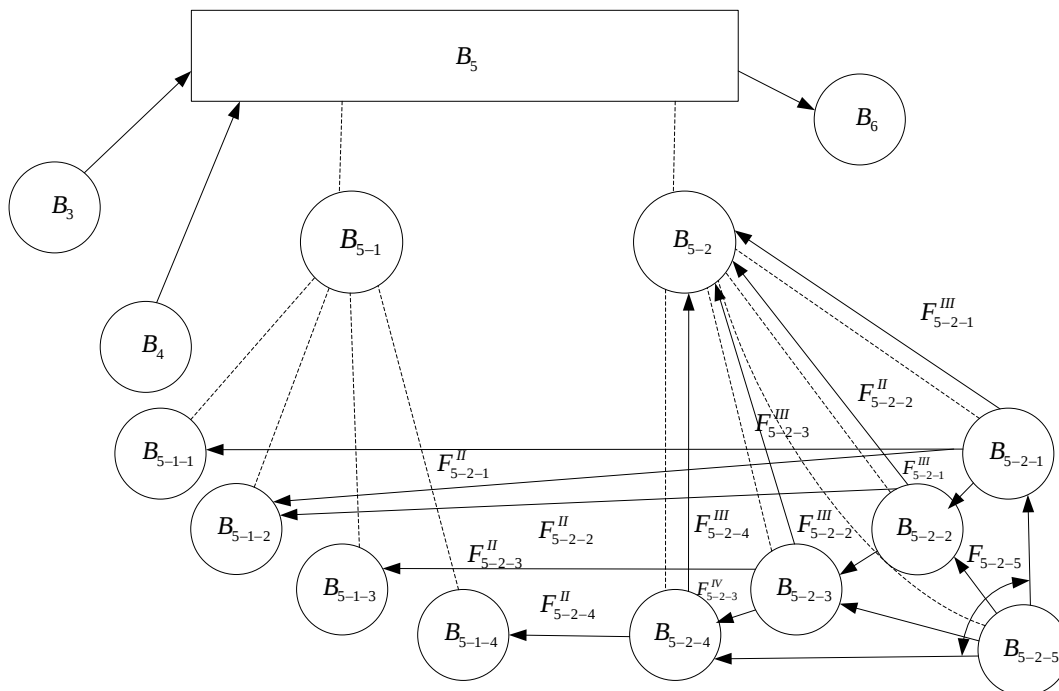
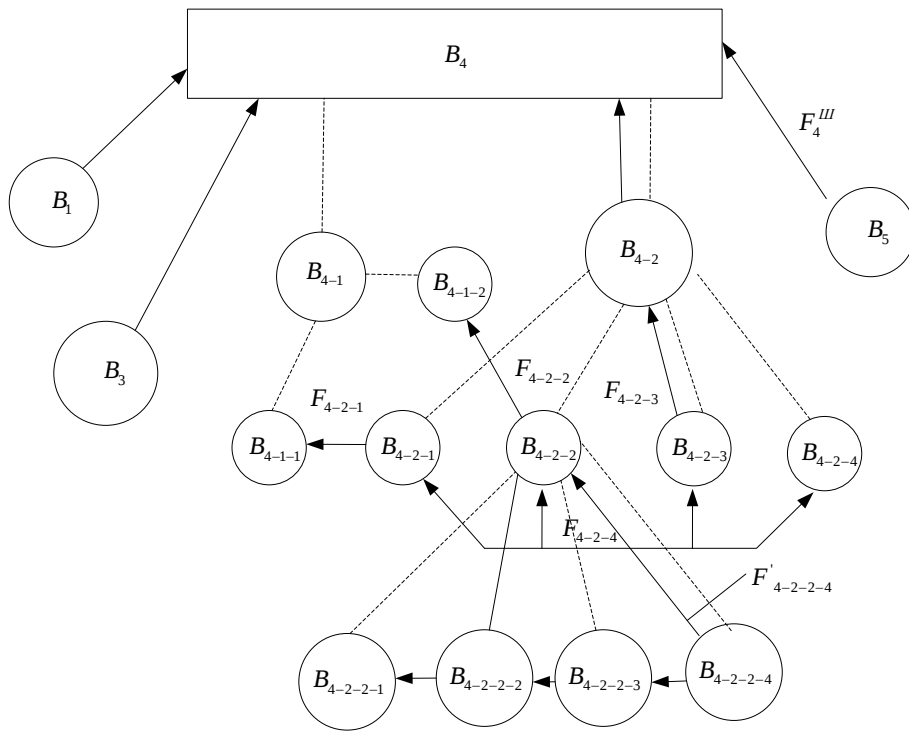


Fig.3. Functional diagram of the bank signs of B_3



Computing Bank B_6 is designed to store all search models corresponding to different algorithms bank algorithms, selecting the appropriate module after receiving information from the bank algorithms, forming a work program for solving the problem, followed by the score after the receipt of the data bank. Functional diagram of the computing Bank B_6 is shown in Fig. 6.

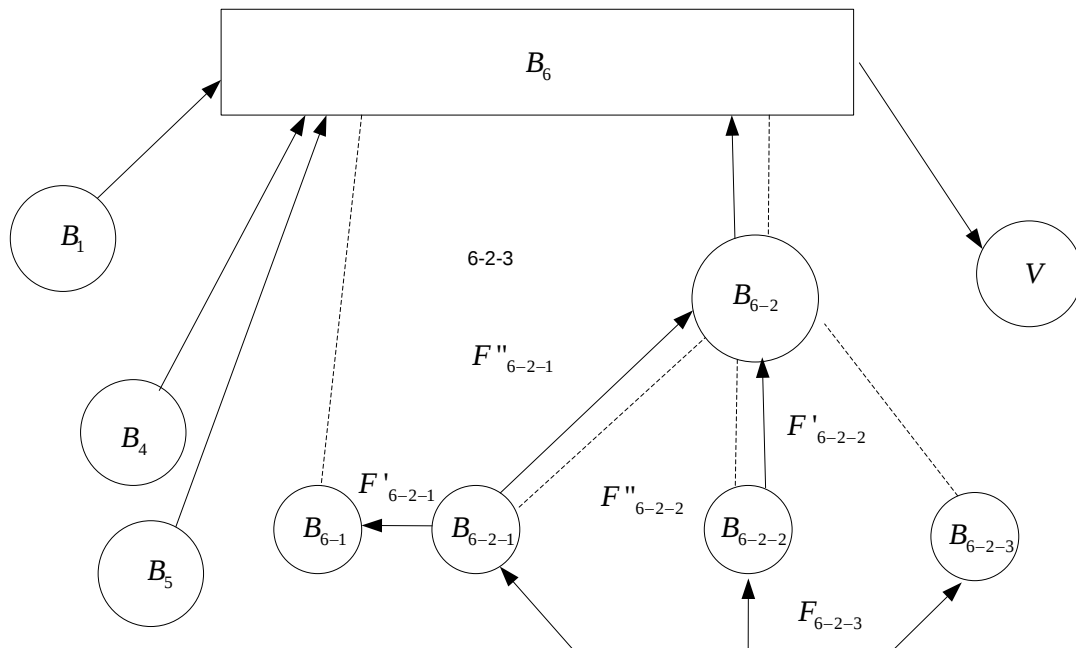


Fig. 6. Functional diagram of the computing Bank B_6

B_7 - operative Bank (monitor); the so-called ASO operates automatically and provides: unification productions optimization problems; control of the correct formulation of a specific task; distribution of computer memory; research and identification of models; selection algorithms of the conditions of admissibility to solve this problem and optimality; conduct parametric optimization algorithms in order to improve the convergence rate for the class of problems; construction of an optimal sequence of algorithms; formation of a working program holding account. Functional diagram of the operative Bank B_7 (ASO) is shown in Fig. 7.

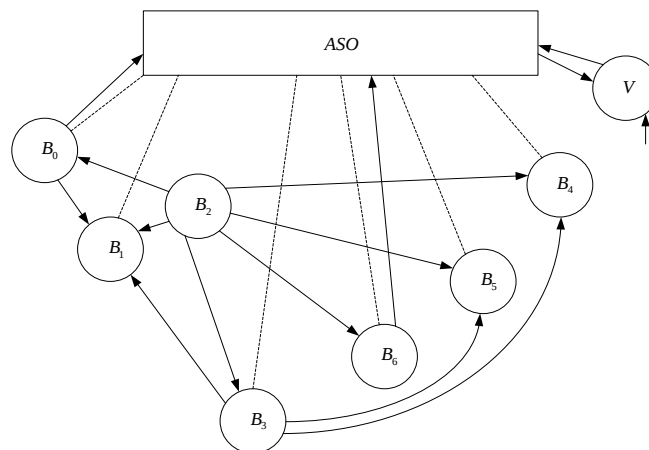


Fig.7. Functional diagram of the operational bank B_7 (ASO)

Decomposition of functions of B_7 is performed as follows. B_7 is responsible for external relations functions of banks and determines the order of their operation, which can be changed by the user. Each bank is a separate RFP for its information base and internal monitor function which is not too extensive. Thus,

B₇ controls the other monitors, which in turn control the operation of the bank. Such a hierarchy of control allows the development of compact, flexible monitors.

In the fifth chapter (The results of the calculation for optimizing engineering designs for various purposes) presents the results of computational experiments for the optimization of a number of thin-walled structures on the basis of the proposed algorithmic system. The problems of optimization of plates of variable thickness at various boundary conditions and the system of external forces are resolved. The equilibrium equation is derived from the variational principle of minimum energy. In general, the equilibrium equation has the form:

$$\begin{aligned} & \sum_{\kappa=1}^3 \int_V \sum_{i=1}^3 L_{ki}(U_i) \delta U_k dV + \sum_{\kappa=1}^3 \iint_{r \beta} \sum_{i=1}^3 F_{ki}^1(U_i) \Big|_0^{\alpha_0} \delta U_k dr d\beta + \\ & + \sum_{K=1}^3 \iint_{r \alpha} \sum_{i=1}^3 F_{ki}^2(U_i) \Big|_0^{\beta_0} \delta U_k dr d\alpha + \iint_{r \beta} \sum_{i=1}^3 \Gamma_{ui}^2(U_i) \Big|_0^{\alpha_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \alpha} dr d\beta + \\ & + \iint_{r \alpha} \sum_{i=1}^3 \Gamma_{4i}^2(U_i) \Big|_0^{\beta_0} \delta \frac{\partial W}{\partial \beta} dr d\alpha = \sum_{i=1}^3 \int_{\alpha} \int_{\beta} X_i \delta U_i d\alpha d\beta, \end{aligned} \quad (1)$$

where L_{ki}, Γ_{ki}^j - linear differential operators.

Solving these equations with the appropriate boundary conditions is performed using the algorithms described above. However, in some special cases for certain values of certain parameters there is suitable decomposition of the problem of calculating the shell followed by the application of methods of structural mechanics, which greatly simplifies the decision algorithm.

The results of computational experiments on the calculation and optimization of engineering objects such as subway, as well as the development of algorithmic optimization system to build on its basis a problem-oriented PPP optimal design of structures underground shell type are listed as well. Based on the concepts and principles of the algorithmic optimization system, the ways of developing the PPP for the optimal design of engineering objects of different purposes are shown, and, in comparison with the algorithmic, in this package appears block formation models, which made it possible, and has necessitated the development of a software package based for a certain class of structures. The problems of calculation and optimization of circular reinforced concrete tunnel lining with anti-seismic nodes, combined reinforced concrete lining vault subway stations are solved. Significant material savings have been received.

Task 1. To determine the factors determining changes in the thickness h_0 and h_1 , informing $h(\beta)$,

$$\left. \begin{aligned} & F = |\llbracket \sigma \rrbracket - \sigma_{\max}| \rightarrow \min; \\ & 0,1m \leq h_0 \leq 0,2m; \quad h_1 = 0,2 - h_0; \\ & \llbracket \sigma \rrbracket = 2500t/m^2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

The solution to this problem: $F^* = 0,00063 t/m^2$, of $h_0 = 0,1221143 m$.

The problem of optimizing vault subway stations is considered as the design of an infinitely long cylindrical shell of constant radius and variable thickness (Fig.8).

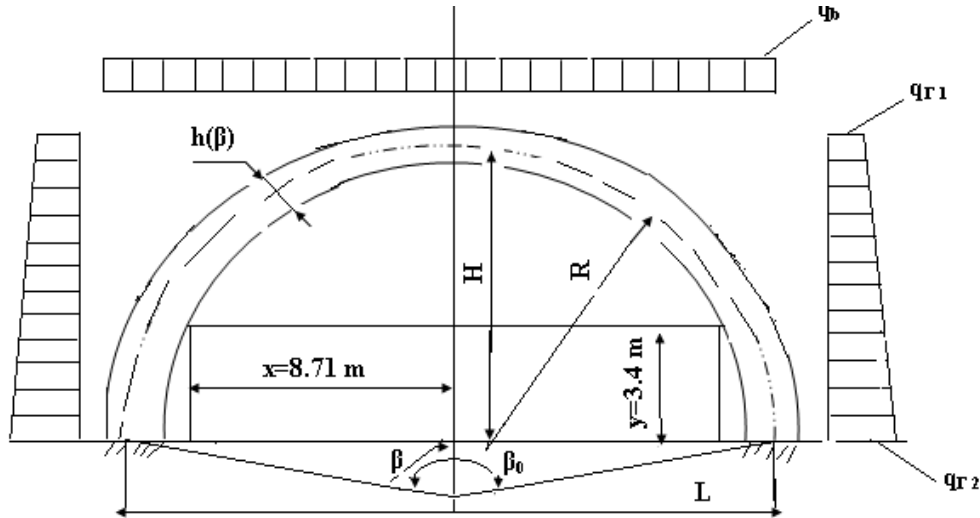


Fig. 8. The settlement scheme vault subway stations

The problem is formulated as a mathematical programming problem: it is required to determine the optimal value of the angle of the solution β_0 and the variation of the thickness $h = h(\beta)$, of the shells satisfying strength and ensure a minimum consumption of concrete. Law changes in the thickness depending on the set of angular coordinates β are given in the form

$$h = h_0 + h_1 \sin \frac{\pi\beta}{\beta_0}. \quad (3)$$

Optimized parameters: β_0 – angle of the shell; h_0, h_1 – parameters determining the thickness of the arch.

To ensure that the radius of curvature of trains should be set such that the points with the coordinates $X = 8710 \text{ mm}$ and $Y = 3400 \text{ mm}$ are within the scope station. In this regard, the median radius of the surface is determined by the formula

$$R = \frac{7 \cdot \sin \beta_1 + \sqrt{49 \sin^2 \beta_1 + 363 \cos^2 \beta_1}}{2 \cos^2 \beta_1}, \quad (4)$$

where $\beta_1 = \frac{\pi - \beta_0}{2}$.

Span length and height of the arch defined by the formulas:

$$L = 2 \cdot R \cdot \cos \beta_1, \quad (5)$$

$$H = R(1 - \sin \beta_1) \quad (6)$$

Minimized objective function - the amount of material 1 meter vault:

$$F_1(x) = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R h(\beta) d\beta = 1 \cdot \int_0^{\beta_0} R \left(h_0 + h_1 \sin \frac{\pi\beta}{\beta_0} \right) d\beta = R \beta_0 \left(h_0 + \frac{2h_1}{\pi} \right). \quad (7)$$

Imposed restrictions:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\pi}{10} &\leq \beta_0 \leq \pi; \\ 0,5m &\leq h_0 \leq 1,5m; \\ -0,5m &\leq h_1 \leq 0,5m; \\ \sigma_{\max} &\leq [\sigma]. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Task 2. To solve the problem accept the following inputs: a set of material - concrete M300, $E = 3,5 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$; $\mu = 0,15$; $[\sigma] = 1990 \text{ t/m}^2$.

Stresses are determined after the solution of the original system of differential equations of equilibrium considered cross-section of a cylindrical shell of variable thickness derived from the variation principle of minimum energy taking into account the dependence of the boundary conditions $h = h(\beta)$. rigid clamping at the edges $\beta_0 = 0$; $\beta = \beta_0$.

Differential equations are solved numerically using the finite difference method. It uses the central differences of second order accuracy. To give the solutions of systems of linear equations, a modified Gaussian elimination with a high speed is applied and requires a minimum of memory the computer for solving systems of algebraic equations of high dimensionality. In solving the problem on the interval $[0, \beta_0]$ taken 100 mesh nodes that provides sufficient accuracy for solving equations of equilibrium.

All calculations are performed on a computer to solve the optimization problem applied software package, compiled by a global search algorithm GP-3, using the method of random search optimization.

Optimization is reduced to two independent systems loads as follows. In point of space optimized parameters characterizing the best sample is a complete structural analysis of the action of each system forces. Work step is performed only in satisfying all the constraints for both systems loads, otherwise - searches for a new point. Optimization has made with accurate results $\varepsilon = 1\%$. Following results are received:

$$F_1^* = 9,088 \text{ m}^3; \beta_0^* = 3,092; h_0^* = 0,50 \text{ m}; h_1^* = -0,309 \text{ m};$$

$$R^* = 9,9 \text{ m}; L^* = 19,8 \text{ m}; H^* = 9,8 \text{ m}.$$

The present embodiment of the set has the following characteristics:

$$F_1 = 14,76 \text{ m}^3; R_1 = 12,36 \text{ m}; R_3 = 5,74 \text{ m}; L = 19,7 \text{ m}; H = 8,15 \text{ m}.$$

Fig. 9 shows the deflection curve $W(\beta)$, bending moments $M(\beta)$, of the normal stresses $\sigma(\beta)$ obtained when exposed to the optimal design of the second set of system loads, since the boundary strength is achieved with its impact.

All results refer to the shell with clamped edges. However, in the construction of vaulted station rigid clamping is not achieved, as a set based on concrete tray, which lies on the ground, i.e., Based on the elastic and the edges are set to rotate at an angle (Fig. 8).

As you can see, in the case of hinged support shell edges can be got more material savings. Basically, we have to shell membrane state of stress, and only at the boundaries affect the edge effect.

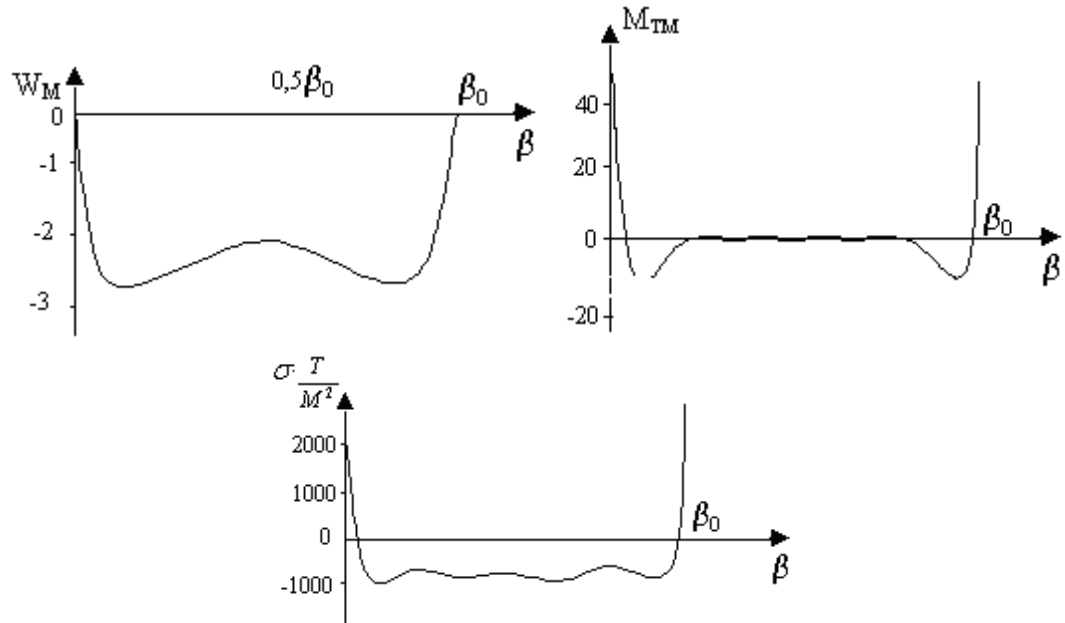


Fig. 9. Deflection curve $W(\beta)$, bending moments $M(\beta)$, of the normal stresses $\sigma(\beta)$, are obtained by optimization of the shell with clamped edges

According to Fig.10, in the central part of the optimal set of obtained membrane state structure, this corresponds to the best performance of the material.

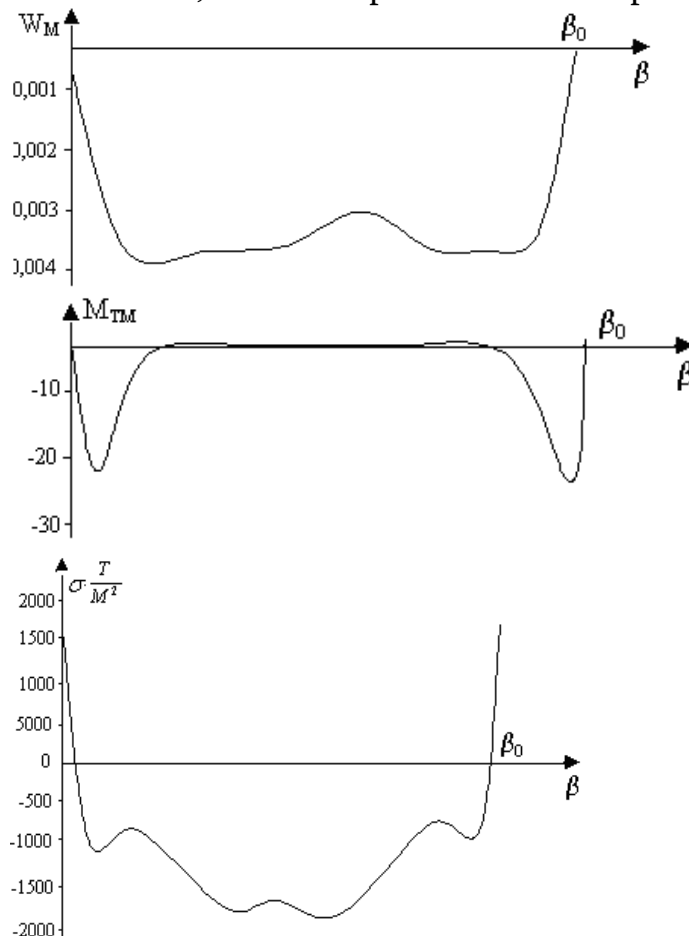


Fig.10. The curves $W(\beta)$, $M(\beta)$, $\sigma(\beta)$, obtained in the calculation of

vaulted underground stations

This result is consistent with the results of calculations and design of other authors. It should be noted that in the case of the existing body significant bending moments have been reminded. Existing designs vaulted stations are not rational in the sense of the flow of materials. The calculation results indicate that the design of constant curvature arches characterized by a more rational use of the material, than existing plants. When designing structures vaults in the expediency of applying the methods of mathematical programming.

Problem of dynamics of flat plates. The solution of problems of the dynamics of plates simply supported or clamped firmly around the edges, includes the tasks of free and forced vibrations of plates and can be reduced to the determination of on values and vectors for the difference approximation of the equations of free vibrations of plates. In our case, the problem is reduced to solving the partial propagator problem.

The experimental results indicate the high efficiency of the developed algorithms. The experimental results confirmed the best convergence of the iterative process.

Conclusion

For the further improving the efficiency of production, material savings, improving the quality of designed objects, shortening design of engineering structures it is necessary to improve the existing computer-aided design and creation of complex algorithms, the operation of which is mainly based on the use of optimization techniques, systems analysis and mathematical modeling.

The object structure-attribute models are developed which at the level of information thumbnail representations include design and technological aspects of engineering design that allows formalizing the description of the tasks at the level of technological design sketch coordinates, and provides a high degree of automation of operations during the transition to executive coordinates. Conception of concomitance has been substantiated modeling of interconnected set of heterogeneous design information that allows for the integration of computer-aided design and control systems design work.

The main results of the thesis dedicated to solving one of the most important and urgent problems of optimal design of engineering structures are as follows:

1. On the basis of a systematic approach, taking into account the specificity of the optimal design of engineering structures has been formulated the basic conceptual approaches and positions to address scientific problems implementing methods and algorithms for analysis and synthesis of design and technological solutions in the CAD engineering structures based on common principles of unified information exchange.

2. It is proved that for effective solution of a broad class of optimization problems it is advisable to use optimizing systems, including a set of search algorithms.

3. Theoretical bases of optimization of engineering structures based on mathematical models for optimization in terms of the efficiency criterion as the weight of the object of the study. The construction of such models required of both theoretical and computational experiments. Great amount of material on models and algorithms widely used in the project business, allowed for the first time in the design practice to develop the most reliable (adequate) systems of optimization algorithms engineering designs.

4. The algorithms of local and global search (GP-3) are proposed, which allow solving multiextremal problems, and providing time reduction of the computational process. On the basis of the algorithm GP-3 there is created its modification, problem-solving abilities in the presence of integer variables.

5. The method of determining the optimal sequence of application of optimization algorithms, that have a top speed of convergence are offered. A method for parametric identification of models and the actual identification problem is reduced to an extreme and then applying the algorithm GP-3.

6. A system for solving algorithmic classes of optimization problems, based on the work of algorithmic banks (B), is proposed and each of which has a well-defined function. Algorithmic system works automatically and statements of: unification productions optimization problems; control of the correct formulation of a specific task; research and identification of models; selection algorithms of the conditions of admissibility to solve this problem and optimality; conduct parametric identification in order to achieve the desired convergence rate for the class of problems in this subject area: A method of optimal sequence of application of the developed algorithms is offered.

7. The results of the calculation to optimize the type of underground facilities. Existing design vaults vault stations are not rational in the sense of the materials flow. The possibility of designing sets of constant curvature with a more rational use of material than existing plants are also shown. The feasibility of the design of arch design methods of mathematical programming and computer capable to find the optimal, the chosen criterion, arch design has been proved.

8. On the proposal of recommendations for the design of optimal engineering designs for weight optimization and algorithmic algorithmization there is created a system protected by the copyright certificate and implemented in the design practice.

9. The method of approximation and the simulation algorithm for neural networks systems of equations of the dynamics of a plate freely supported or rigidly fixed on the edges is developed, and the results of numerical computational experiments confirmed a better convergence of the iterative process for solving

systems of equations of biharmonic vibrations homogeneous plates of constant thickness with an indefinite matrix using the principle polutransformatsii Gaussian transformation compared with the original system of equations actual vibration structures.

10. The results of the research can be successfully applied by research institutes, research and design centers and institutions associated with the solution of various optimization problems in the design and construction of engineering structures.

The economic effect from the implementation of the results of research consists of the following components:

computing from the results of the experiment are defined structure, having a similar safety margin differ in weight by almost 20 times, structures of membranes of varying thickness can, in some cases, reduce the weight by 14% (for cylindrical shells) and 27% (for the conical shells) compared with the structures of the shells of constant thickness.

as a result of structural optimization by weight considered identical design margin of safety, the values were significantly different weights blocked almost 20 times, to realize structures of variable thickness shells reduce weight by 14% (for cylindrical shells) and 27% (for the conical shells) in comparison with the structures of the shells of constant thickness, made in such a way to save material and labor resources.

Thus, on the basis of theoretical generalization and implementation set out in the provisions of the new scientific resolved a major problem of development of methods and algorithms for analysis and synthesis of design and technological solutions in CAD engineering structures and facilities, as well as a result of optimization of engineering structures and constructions by weight , saving materials, improve the quality of the final product, shortening the design and putting into operation has an important national economic significance.

Эълон қилинган ишлар руйхати
Список опубликованных работ
List of pulished works

I бўлим (I часть; I part)

1. Кабулов В.К., Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Алгоритмизация решения оптимизационных задач. – Ташкент: Фан, 2008. – 204 с.
2. Якубов С.Х. Автоматизация процесса проектирования инженерных конструкций и сооружений.- Карши: Каршинский гос. ун-т, 2014.-88 с.
3. Якубов С.Х. Автоматизация процесса проектирования инженерных конструкций. Проектирование оптимальных конструкций. - Deutschland, Palmarium Academic Publishing, Saarbrücken, 2014. - 77 p.
4. Якубов С.Х. Оптимизация замкнутых цилиндрических оболочек, нагруженных осевой сжимающей силой // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2003, № 4. - С. 4-7. (05.00.00; №6).
5. Якубов С.Х. Испытания устойчивости цилиндрической оболочек, взаимодействующих с грунтом при осевом сжатии // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2003, № 4. - С. 46-49. (05.00.00; №6).
6. Якубов С.Х. К вопросу оптимизации цилиндрических оболочек - //Научно - теорет., метод. журнал Каршинского гос. ун-та «Насаф зиёси».- Карши, 2005, № 1. - С.42-46.
7. Кудинов А.Н., Якубов С.Х. Об одной математической модели цилиндрических оболочек подземных сооружений // Вестник КарГУ. – Карши, 2009. – №1. – С.11-14.
8. Якубов С.Х. Разработка математической модели оптимизации формы трехшарнирных арок // Вестник КарГУ. – Карши, 2009. – №2– С.21-23.
9. Якубов С.Х. Оптимизация параметров оболочек отрицательной гауссовой кривизны при свободных колебаниях //Вестник КарГУ. – Карши, 2010. –№1. – С.35-38.
10. Якубов С.Х. Конструктивные решения при проектировании с учетом безразмерных параметров веса тонкостенных конструкций// Вестник КарГУ. – Карши, 2011. – №4– С.26-32.
11. Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Постановка и анализ проблемы создания алгоритмической системы решения классов оптимизационных задач// Совместный выпуск Узбекского журнала «Проблемы информатики и энергетики» (№5) и журнала «Проблемы информатики» СО РАН по материалам Международной научно-технической конференции «Проблемы оптимизации сложных систем».- Ташкент, 2011.- С. 76- 84. (05.00.00; №5).
12. Якубов С.Х. Математическая модель и вычислительный алгоритм оптимизации пластинчатых конструкций со сложной конфигурацией // Совместный выпуск Узбекского журнала «Проблемы информатики и энергетики» (№5) и журнала «Проблемы информатики» СО РАН по

материалам Международной научно-технической конференции «Проблемы оптимизации сложных систем».- Ташкент, 2011.- С. 84- 89. (05.00.00; №5).

13. Якубов С.Х. Обобщение закономерностей весовой оптимизации автоматизированного проектирования инженерных конструкций и сооружений // Журнал «Молодой учёный».- Чита, 2012, №3 (38). – С. 88-91.
14. Назиров Ш.А., Якубов С.Х. К вопросу автоматизации проектирования цилиндрических оболочек, подкреплённых ребрами жесткости // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз, Нукус, 2012, №1.- С. 13-17. (05.00.00; №19).
15. Якубов С.Х. Оптимизация проектирования осесимметричных усеченных конических оболочек // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз, Нукус, 2012, №2. - С. 95-98. (05.00.00; №19).
16. Якубов С.Х. Оптимальное проектирование кольцевых пластин переменной толщины // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз, Нукус, 2012, №3.- С. 8-11. (05.00.00; №19).
17. Якубов С.Х. Модели и методы оптимального проектирования инженерных конструкций типа арки // Архитектура. Строительство. Дизайн.- Ташкент, 2012, №4.- С. 38-40. (05.00.00; №4).
18. Якубов С.Х. Автоматизация решения оптимизационных задач инженерных конструкций и сооружений // Вестник КарШГУ.- Карши, 2013. - №3. - С.34-43.
19. Nazirov Sh.A., Yakubov S.H. Structural complex configuration plate mathematical modeling and optimization // International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.2, Issue.5, Sept.-Okt.2012.- pp.2986-2991. (IF=1.227, African Quality Centre for Journals, www.aqcj.org/ijmer.html).
20. Shodmonkul Nazirov, Sabir Yakubov. Automation Engineering Design of Structures and Facilities // International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) Vol.2, Issue.5, Sept.-Okt.2012. – pp. 2992-2997. (IF=1.227, African Quality Centre for Journals, www.aqcj.org/ijmer.html).
21. Якубов С.Х. Математические модели и алгоритмы оптимизации цилиндрических оболочек // Вестник ТУИТ.- Ташкент, 2014, №1.- С. 117-121. (05.00.00; №10).
22. Якубов С.Х., Соатов Х.С. Автоматизация процесса проектирования конструкции свода подземных сооружений // Вестник ТУИТ.- Ташкент, 2014, №2.- С. 92-96. (05.00.00; №10).

Патентлар (патенты, patents)

23. Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Алгоритмическая система, автоматизирующая процессы оптимизации для проектирования инженерных конструкций и сооружений // Государственное Патентное Ведомство РУз, Свидетельство DGU 01422, 13.11. 2007 г.

24. Якубов С.Х., Соатов Х.С., Рахманов К.С. Алгоритмическая система для решения классов оптимизационных задач // Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности. Регистрационный № 2129. Программа ЭВМ. 14.10.2014 г.
25. Якубов С.Х., Соатов Х.С., Рахманов К.С. Алгоритмы решения нелинейных и многомерных задач оптимизации инженерных конструкций и сооружений // Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности. Регистрационный №2149. Программа ЭВМ. 06.11.2014 г.

II бўлим (II часть; II part)

26. Якубов С.Х. Математическое моделирование грунта взаимодействующих трубопроводов больших диаметров при определении напряженно-деформированного состояния // Тезисы докладов Международной конференции «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент» – Ташкент, 1994. – С. 371.
27. Кудинов А.Н., Колдунов В.А., Якубов С.Х. Расчет прочности и устойчивости оболочечных конструкций, взаимодействующих со средой // Тезисы докладов Международной конференции «Математическое моделирование и вычислительных эксперимент». – Ташкент, 1994. – С. 142.
28. Якубов С.Х. Моделирование статистического и динамического поведения пологих оболочек сложной конфигурации // Тезисы докладов Республиканской научной конференции «Математическое моделирование и вычислительный эксперимент». - Ташкент, 2002. – С.123.
29. Якубов С.Х. Алгоритмы решения задач оптимизации при расчете инженерных конструкций // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Каршинского госуниверситета, Том I. Карши, 2005. - С. 58-60.
30. Якубов С.Х. Задачи оптимального проектирования инженерных сооружений // Материалы Республиканской научно-практической конференции - Карши, 2005. - С.111-112.
31. Якубов С.Х. Оптимизация цилиндрических оболочек с подкрепленными ребрами жесткости // Материалы Республиканской научно-практической конференции - Карши, 2005. - С. 212-215.
32. Якубов С.Х. Алгоритмизация процессов оптимизации инженерных конструкций // Сборник трудов Республиканской научно-теоретической конференции – Карши: Каршинский государственный университет, 2007. – С. 177-178.
33. Якубов С.Х. Оптимизация осесимметричных усеченных конических оболочек переменной толщины // Сборник научных трудов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава

- Каршинского госуниверситета. - Карши: Насаф, 2007. – с. 78-80.
34. Колдунов В.А., Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Алгоритмы решения прямой задачи расчета тонкостенных конструкций // Теория и практика совершенствования профессионального образования: Сборник научных трудов. - Карши: Насаф, 2007.- С.106-108.
 35. Кудинов А.Н., Якубов С.Х.Современные направления оптимального проектирования инженерных конструкций // Теория и практика совершенствования профессионального образования: Сборник научных трудов. - Карши: Насаф, 2007.- С.101-103.
 36. Кудинов А.Н., Колдунов В.А., Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Постановка и анализ проблемы создания алгоритмической системы решения классов оптимизационных задач // Теория и практика совершенствования профессионального образования: Сборник научных трудов. - Карши: Насаф, 2007.- С.115-117.
 37. Якубов С.Х., Кудинов А.Н., Назиров Ш.А. Проблемы создания алгоритмической системы решения классов оптимизационных задач // Материалы научно-практической конференции - Карши: Каршинский государственный университет, 2008. – С. 184 – 189.
 38. Назиров Ш.А., Якубов С.Х. Разработка алгоритмической системы решения классов оптимизационных задач // Стратегия и развитие науки и технологии в XXI веке: Материалы Республиканской научно – практической конференции.- Бухара, 2009. т.2. – С. 91-94.
 39. Якубов С.Х. Математическая модель оптимизации формы трехшарнирных арок при сложном нагружении // Современные проблемы механики: Материалы Международной научно-технической конференции. - Ташкент, 2009. – С. 578-580.
 40. Якубов С.Х. К вопросу разработки интеллектуальных систем по оптимальному проектированию инженерных конструкций сложной конфигурации // Материалы научно-практической конференции Каршинского государственного университета. – Карши: Насаф, 2009. – С. 159-162.
 41. Якубов С.Х. Системный анализ оптимизации проектирования инженерных конструкций и сооружений // Проблемы оптимизации сложных систем: Доклады Седьмой международной Азиатской школы-семинара. – Ташкент, 2011. – с.154-163.
 42. Якубов С.Х. Иерархические решения процесса оптимизации в системе автоматизации проектирования // Инновации в технологиях и образовании: Сборник статей участников VI Международной научно-практической конференции: в 4 частях. – Белово: Изд-во филиала КузГТУ в Белово, Россия; Изд-во университета «Св.Кирилл и Св. Мефодия». - Болгария, Велико Тырново, 2013.- Ч.2.- С.240- 245.
 43. Якубов С.Х. Результаты решения задач оптимизации пластинчатых конструкций со сложной конфигурацией // Инновации в технологиях и образовании: Сборник статей участников VI Международной научно-

- практической конференции (17-18 мая 2013 г.). – Белово: Изд-во филиала КузГТУ в Белово, Россия; Изд-во университета «Св.Кирилл и Св. Мефодия». - Велико Тырново, Болгария, 2013.- Ч.2.- С. 245- 249.
44. Якубов С.Х. Проектирование инженерных конструкций и сооружений с минимальным расходом материалов // Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении и строительстве. Материалы Международной научно-практической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. – С. 537– 542.
45. Якубов С.Х. Принципы организации и функционирования программно-математического обеспечения САПР // Перспективное развитие науки, техники и технологий. Материалы 3-й Международной научно-практической конференции (18 октября 2013 года). В 3 томах. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. – С. 447– 452.
46. Якубов С.Х. Проблемы создания алгоритмической системы для решения классов оптимизационных задач // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции (19-21 марта 2014 года), Том 4. - Курск: Юго-Западный государственный университет, 2014. – С. 373 – 381.
47. Якубов С.Х. Результаты численного расчета подземных инженерных конструкций и сооружений // Современные инновации в науке и технике: Сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции (17 апреля 2014 года), Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2014. – С. 394 – 398.
48. Якубов С.Х. Численный расчет подземных сооружений типа оболочек // Инновации в технологиях и образовании: Сборник статей участников VII Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании», 28-29 марта 2014 года. / Филиал КузГТУ в г. Белово, Россия.- Изд-во филиала КузГТУ в Белово, Белово; Изд-во университета «Св.Кирилл и Св. Мефодия». - Болгария, Велико Тырново, 2014.- Ч.2.- С. 97- 101.
49. Якубов С.Х. Оптимизации инженерных конструкций по весу с позиций системного анализа // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы использования альтернативных источников энергии». – Карши: Каршинский государственный университет, 2014. – С. 340 – 341.
50. Якубов С.Х. Расчет оптимизации оболочек с учетом собственного веса // Сборник материалов международной открытой конференции «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложение в технике и технологиях» (г. Воронеж, 18-19 июня 2014 года). - Воронеж: ВГЛТА, 2014.- С.78-83.
51. Якубов С.Х. К вопросу автоматизации процесса проектирования цилиндрических оболочек // Материалы IV-Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути

инновационного развития» (г.Курск, 30 июня 2014 года). – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2014. – С. 71– 74.

52. Yakubov S.H.. To a question of generalization of laws of weight optimization thin-walled constructions // Proceedings of Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation- «WCIS – 2008», b-Quadrat Verlag. - Tashkent, 2008.- pp.128-132.
53. Yakubov S.H. Algorithms of optimization and computer aided design of engineering constructions and buildings // Proceedings of Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation – «WCIS – 2010», b-Quadrat Verlag. - Tashkent, 2010. - pp.79-82.
54. Nazirov Sh.A., Yakubov S.H. Structural complex configuration plate mathematical modeling and optimization. Proceedings of Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation – «WCIS – 2012», b – Quadrat Verlag. - Tashkent, 2012. - pp. 242-248.
55. Yakubov S.H., Nazirov Sh.A. Automation Engineering Design of Structures and Facilities // Proceedings of Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation – «WCIS – 2012», b – Quadrat Verlag. - Tashkent, 2012. - pp. 232-238.
56. Yakubov S.H. Models and algorithms for decision making in computer-aided design engineering for constructions and buildings // Proceedings of Eleventh International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, «ICAFS – 2014», b – Quadrat Verlag. - Paris, 2014.- pp. 111-118.
57. Yakubov S.H. Construct a mathematical model for the multidimensional and multicriteria optimization problems cylindrical shells on the basis of system approach // Proceedings of Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation – «WCIS – 2014», b – Quadrat Verlag. - Tashkent, 2014. - pp.479-482.

Автореферат “ТошДТУ хабарлари” журнал таҳририятида таҳрирдан ўтказилди (28.05.2015 й.).

