

**БУХОРО МУХАНДИСЛИК – ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/27.02.2021.FM.101.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ БУХОРО ТАБИЙ РЕСУРСЛАРНИ  
БОШҚАРИШ ИНСТИТУТИ**

**ЖЎРАЕВ ТОЙИР ОМОНОВИЧ**

**ЭЛАСТИК ЯРИМ ТЕКИСЛИКДА ЖОЙЛАШГАН ИНШООТЛАРДА  
ТУРГУН БЎЛМАГАН ТЎЛҚИНЛАР ТАЪСИРИ ХУСУСИЯТЛАРИ**

**01.02.04 - Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PHD)  
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации  
доктора философии (PHD) по технических наук**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy  
(PHD) on Technical Sciences**

**Жўраев Тойир Омонович**

Эластик ярим текисликда жойлашган иншоотларда турғун бўлмаган тўлқинлар таъсири хусусиятлари ..... 3

**Жўраев Тойир Омонович**

Свойства воздействия неустановившихся волн на сооружения, находящиеся в упругом полупространстве..... 19

**Juraev Toyir Omonovich**

Features of the impact of non-stationary waves on structures located on an elastic half-plane..... 35

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....45

**БУХОРО МУХАНДИСЛИК – ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/27.02.2021.FM.101.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ” МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ БУХОРО ТАБИЙИЙ РЕСУРСЛАРНИ  
БОШҚАРИШ ИНСТИТУТИ**

**ЖЎРАЕВ ТОЙИР ОМОНОВИЧ**

**ЭЛАСТИК ЯРИМ ТЕКИСЛИКДА ЖОЙЛАШГАН ИНШООТЛАРДА  
ТУРГУН БЎЛМАГАН ТЎЛҚИНЛАР ТАЪСИРИ ХУСУСИЯТЛАРИ**

**01.02.04 - Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.2.PhD/Т2751 рақами билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти миллий тадқиқот университети Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (реюзме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.instmch.uz](http://www.instmch.uz)) ва “Ziynet” ахборот таълим порталида ([www.Ziynet.uz](http://www.Ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Ахмедов Шарифбой Рузиевич**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Исмаилов Кубаймурат**  
техника фанлари доктори, профессор

**Раҳмонов Баҳодир Собирович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Наманган муҳандислик-қурилиш институти**

Диссертация химояси Бухоро муҳандислик-технология институти ҳузуридаги PhD.03/27.02.2021.FM.101.02 рақамли илмий кенгаш асосида тузилган бир марталик илмий кенгашининг 2022 йил “23” ноябр соат 14:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 200100, Бухоро шаҳри. Қ.Муртазаев кучаси, 15 уй. Тнл.: (+99865) 223-78-84; факс: (99865) 223-79-72, e-mail: bmti info @edu.ux)

Диссертация билан Бухоро муҳандислик-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 384 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: (200100, Бухоро шаҳри, Қ.Муртазаев кучаси, 15 уй. Тел.: (99865) 604-44-70)

Диссертация автореферати 2022 йил “08” ноябр куни тарқатилди.  
(2022 йил «8» октябр даги №;1 - рақамли реестр баённомаси).

**М.Х. Тешаев**

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш раиси, физика-математика фанлари доктори (DSc)

**З.И. Болтаев**

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш илмий котиби, физика-математика фанлари доктори (DSc)

**М.З. Шарипов**

Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясига автореферат)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги.** Жаҳонда портлаш тўлқинларининг иншоотларга таъсири, уларнинг таркибий қисми бўлган эластик ва қовушқоқ-эластик қатламларда ҳосил бўладиган динамик кучланишлар ва деформацияларни камайтириш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда ер ости ва ер усти иншоотлари сейсмик ва портлаш тўлқинлари таъсирида ҳосил бўладиган юкланишлар остида ишлаши сабабли, уларнинг мустаҳкамлигини таъминлаш ҳамда кучланиш ва деформацияни камайтириш мақсадида ҳар йили 3 миллиард АҚШ доллари миқдорида маблағ сарфланмоқда. Бу борада материалнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятини ҳисобга олиб, тўлқин дифракцияси муаммосини ўрганиш, улар ҳосил қиладиган салбий ҳолатларни камайтириш ва деформацияланувчан жисм мустаҳкамлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда иншоотларнинг портлашлар таъсирида вужудга келадиган зўриққанлик ҳолатини аниқлаш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, портлаш тўлқинлари таъсиридан конструктив тизим ҳолатини экспериментал тадқиқ этиш, портлаш тўлқинларининг грунтда тарқалиш қонуниятини ўрганиш, иншоотнинг грунт билан бўладиган ўзаро таъсирини экспериментал тадқиқ қилиш ва айниқса, иншоот зўриққанлик ҳолатини белгиловчи параметрларни аниқлаш борасида экспериментал тадқиқотларни ўтказиш методикасини ишлаб чиқиш зарур. Шу билан бирга, юқорида келтирилган динамик кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини экспериментал тадқиқ қилиш, иншоотларнинг ҳавфли зўриққан ҳолати таҳлили борасида мақсадли илмий тадқиқотларни олиб бориш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда иншоотларининг мустаҳкамлигини ошириш ҳамда уларнинг хавфсизлигини таъминлаш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «...йўл-транспорт, муҳандислик коммуникация ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш,...»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан, портлаш тўлқинларининг грунтда тарқалиш қонуниятини ўрганиш, уларнинг таъсиридан вужудга келадиган кинематик ва динамик параметрларни тажрибада аниқлаш, грунтларнинг портлаш тўлқинлари таъсиридан ҳосил бўлган ҳолатини аниқлаш имконини берувчи эмпирик формулаларни топиш, иншоот кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини белгиловчи параметрларни тажрибада аниқлаш методикасини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш муҳим ҳисобланади.

---

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

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60–сон «2022–2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2020 йил 30 июлдаги ПҚ–4794-сонли «Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 26 августдаги 515-сонли «Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва бундай вазиятларда ҳаракат қилиш давлат тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида»ги Қарори, шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ревожланишининг устивор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот иши Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар ревожланишининг IV. «Математика, механика, иншоотлар сейсмодинамикаси ва информатика» ҳамда XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишларига мос келади.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Портлаш таъсирида содир бўладиган кучланганлик–деформацияланганлик ҳолати ва бузилиш назариясининг ревожланишига бир қатор таниқли хорижий олимлар катта ҳисса қўшганлар, жумладан, Н.В. Мельников, Е. И. Шемякин, В.Е. Александров, Е. Г. Баранов, В.А. Боровиков, О.Е. Власов, А. А. Вовак, Г.П. Демидюк, М. Ф. Друкованный, Э.И. Ефремов, Н.Ф. Кусов, Б.Н. Кутузов, Ф.И. Кучеравый, В.И. Камащенко, В.М. Комир, Д.М. Кушнарев, Э.О. Миндели, Г.И. Покровский, Б.Р. Ракишев, В.Н. Редионов, В.К. Рубцов, А. Ф. Суханов, А.Н. Ханукаев ва бошқалар<sup>2</sup>.

Тўлқин жараёнлари, иншоотларнинг мустаҳкамлиги ва хавфсизлигини тадқиқ қилишнинг самарали усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга Ўзбекистонлик таниқли олимларнинг илмий ишлари бағишланган. Булардан: Т.Р.Рашидов, Я.Н.Мубораков, Г.Х.Хожиметов, Б.М. Мардонов, К.С. Султонов, В.Р. Рахимов, Б.Р. Раимжонов, И.И Сафаров, М.Х.Тешаев, Ҳ. Сагдиев., Ш.Р. Ахмедов. Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида иншоотларда пайдо бўладиган кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини таҳлил қилишда салмоқли натижаларга эришилди.

Шу билан бирга, ҳимоя иншоотларининг мустаҳкамлигини ва хавфсизлигини тадқиқ қилишда портлаш натижасида ҳосил бўладиган

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи, <http://www.mathnet.ru>; <http://msp.org/jomms/about/cover/cover.html>; <http://link.springer.com>; <http://www.science-direct.com>; <http://www.dissercat.com/catalog/fiziko-matematicheskie-nauki>; Изв. РАН, МТТ, - 2016, №5, – С.22-35; Изв. РАН, МТТ,-2017, №2,-С.32-45; Подземные ядерные взрывы (пер.с англ) Под редакцией В.И. Кейлис-Борока и Ю.В.Ризниченко. М.: Изд.иностранной литературы. –1962.–С.129-131; Сейсмическое действие взрыва М.: Госгеолтехиздат,-1963.–С.64-65; Количественные данные о движениях грунта при сильных землетрясениях//Бюллетень Совета по сейсмологии–№ 14.-М.: Изд. АН СССР,-1963.–С.14-17. ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

қайтувчи тўлқинларнинг бузилиш жараёнига таъсири етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизатсиялаш муҳандислари институти миллий тадқиқот университети Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ Т–05–2020–204 «Статик ва динамик кучланиш ҳолатидаги биноларни моделлаштириш ва кузатилаётган иншоотларда нотурғун тўлқинларнинг тарқалиши» (2020-2021) лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** портлаш тўлқинлари таъсирида грунтда ва химоя иншоотларда ҳосил бўладиган зўриқиш ҳолатини экспериментал тадқиқ қилиш, ҳамда химоя иншоотларда ҳосил бўладиган зўриқишларни назарий тадқиқ қилиш методикаларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

портлаш юкланишларининг таъсирида тўртбурчак формадаги химоя иншоотлари элементларининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини экспериментал ва назарий тадқиқ қилиш учун ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш;

портлаш юкланишларининг таъсирида цилиндрик формадаги химоя иншоотининг динамик кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини назарий тадқиқ қилиш учун ҳисоблаш методикаси ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

қайтган тўлқинларни ҳисобга олиш натижасида контур кучланишлар йиғилиши туфайли химоя иншоотларида содир бўладиган бузилишларни параметрларга боғлиқлик даражасини аниқлаш;

портлаш тўлқинлари таъсирида эластик ярим фазонинг кучланиш-деформация ҳолатини ифодаловчи эмпирик формулаларни тавсия қилиш.

**Тадқиқот объекти** сифатида деформацияланувчи ярим текислик, унга ўрнатилган тўрт бурчакли иншоот ва цилиндрик қобик олинган.

**Тадқиқот предмети** деформацияланувчи ярим текисликга ўрнатилган тўрт бурчакли иншоотнинг портлаш тўлқинлар таъсири масалаларини муҳитнинг физик–механик хусусиятлари ва иншоотнинг геометрик параметрларини ҳисобга олган ҳолда тадқиқот усулларини ривожлантириш ҳамда сонли ечиш алгоритминини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари:** Кўйилган масалаларни ечиш учун сейсмометрик ўлчашнинг тажриба ўтказиш усуллари ва деформацияланувчан қаттиқ жисмлар механикасининг назарий тадқиқот усуллари қўлланилган. Тадқиқот жараёнида деформацияланувчан ярим текисликга жойлашган тўрт бурчакли ва цилиндрик қобикларга тўлқинларнинг таъсири масалаларини ифодаловчи масалалар чекли элементлар усули (ЧЭУ) ҳамда математик физиканинг усулларидан фойдланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги:**

портлаш тўлқинлари таъсирида химоя иншоотларининг ва ярим фазонинг динамик хусусиятларини характерловчи ва самараларини ифодаловчи 
$$P(t) = P_{\text{под}}(t) + \sum_{K=1}^N P_{\text{отр}}^{(K)}(t)$$
 эмпирик формула тавсия этилган.

Портлаш юкланишларининг таъсирида тўртбурчакли ва цилиндрик шаклдаги химоя иншоотлари элементларининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини экспериментал тадқиқ қилиш учун ҳисоблаш методикаси ва алгоритми ишлаб чиқилган;

химоя иншоотларининг бурчак нуқталарида контур кучланиш ўзининг максимал қийматига эришиши, яъни қайтган тўлқинларнинг кўп мартали суперпозицияси натижасида контур кучланишларнинг йиғилишига ва улар туфайли ёриқлар ҳосил бўлиши аниқланган;

портлаш юкланишлари ва қайтган тўлқинларнинг суперпозициясини ҳисобга олиб ишлаб чиқилган методика ва алгоритм асосидаги натижалар, Н.И. Попов ва Б.С. Расторгуев методикасига нисбатан жараёнларнинг аниқлик даражасининг 15% гача ортиши топилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қўйидагилардан иборат:

қайтган тўлқинларни ҳисобга олувчи эмпирик формулалар бўйича муҳандислик тавсиялар берилган.

деформацияланувчи ярим текисликда жойлашган тўртбурчакли ва цилиндрик химоя иншоотларини лойиҳалашда тўлқин юкланиши натижасида мустаҳкамликни ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган.

портлаш тўлқинлари таъсирида химоя иншоотларида қайтувчи тўлқинларни ҳисобга олувчи ярим фазонинг динамик хусусиятларини характерловчи параметрлар топилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги синовдан ўтган математик усулларга асосланганлиги, олинган натижаларнинг маълум экспериментал натижалари, бошқа муаллифлар томонидан олдин олинган аналитик ва сонли ечимларини таққослашга асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тўртбурчакли ва цилиндрик химоя иншоотларининг портлаш юкланишларининг таъсирида динамик кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш ва ҳисоблашнинг самарали услубларини яратиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти деформацияланувчан ярим текисликда жойлашган тўртбурчакли ва цилиндрик иншоотларга тўлқин юкланиши оқибатида ҳосил бўладиган кучланганлик ва деформацияланганлик ҳолатининг янги қонуниятлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши:**

Тадқиқотдаги портлаш жараёнида содир бўладиган кучланганлик ва деформацияланганлик ҳолатларини ҳисоблаш усуллари ва алгоритм бўйича олинган натижалар асосида:

бино ва иншоотларни лойиҳалашда тарқаладиган сейсмик тўлқинларнинг кинематик параметрларини ҳисоблашда Бухоро ОО



“Ўзжамоалойиҳа” МЧЖ ҳамда «Нефтгазэлитстроймонтаж» МЧЖ корхоналарида фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси қурилиш вазирлиги. Маълумотнома №09–06/11793, 17.10.2022 й.). Натижада бирламчи ва қайтган тўлқинларнинг кўп мартали суперпозицияси туфайли контур кучланишнинг 20% гача ортиши эътиборга олинган;

суюқлик оқувчи эгри чизикли қувурга ностационар юкланишлар таъсир этганда қувур хавфли кесимларидаги кучланганлик-деформацияланганлик жараёнларини ҳисоблашда диссертация ишида ишлаб чиқилган методика ва алгоритмдан Тошкент кимё-технология институти Давлат илмий техника дастури доирасида 2016–2020 йилларда бажариладиган ОТ–F4–01 “Қовушқоқ суюқлик оқувчи кўп қатламли композит қувурлар эгри чизикли бўлақларининг ҳарорат ва динамик юкланишлар таъсирида чизикли бўлмаган динамик кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ўрганиш усулларини ишлаб чиқиш ва назариясини ривожлантириш” мавзудаги фундаментал лойиҳада фойдаланилган (Маълумотнома №89-04/3151, 07.12.2021й.). Натижада суюқлик оқувчи эгри чизикли қовушқоқ–эластик қувурнинг хавфли кесимларини аниқлаш ва резонанс юз беришининг олдини олиш имкониятини берган;

портлаш тўлқинлари таъсирида қовушқоқ–эластик грунтли муҳитда жойлашган цилиндрик конструкцияларнинг турғунлигини баҳолашда Бухоро муҳандислик–технология институтида 2012–2016 йилларда бажарилган Ф4–14 «Суюқлик оқувчи ер ости эгри чизикли қувурнинг ташқи кучлари таъсиридаги кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини тадқиқ қилиш назариясини ривожлантириш ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фундаментал лойиҳада фойдаланилган (Маълумотнома №04/05-86/919, 10.10.2021й.). Натижада кўп қатламли суюқликли композит цилиндрик қобикда нотурғун тўлқинлар тарқалиши жараёнидаги кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатининг ҳар бир нуқтадаги тақсимотини аниқлашга ва баҳолашга имконият яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг натижалари 3 та ҳалқаро ва 7 та республика илмий-техник анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 32 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 2 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақолалар, жумладан 8 та республика ва 4 та чет эл илмий журналларида нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми:** Диссертация иши кириш, уч боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 110 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўрганилаётган муаммонинг долзарблиги, мақсади, амалий аҳамияти, диссертациянинг қисқача мазмуни ва ярим фазода тўлқин

тарқалиш муаммолари ҳамда портлаш тўлқинларининг ҳимоя иншоотларига таъсири ҳақидаги адабиётлар таҳлили келтирилган.

Диссертациянинг “Эластик ярим текисликда жойлашган иншоотларда турғун бўлмаган тўлқинларнинг тарқалиши хусусиятларини ўрганишга бағишланган адабиётларнинг таҳлили” биринчи бобида портловчи моддалар, улардан эластик ярим текисликда жойлашган иншоотларда турғун бўлмаган тўлқинларнинг тарқалиш хусусиятларини ўрганишга бағишланган адабиётларнинг таҳлили келтирилган.

“Тоғ жинсларида портлаш тўлқинларининг тарқалиши ва кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини экспериментал тадқиқ қилиш” деб номланган иккинчи бобда портлаш тўлқинлари ва уларнинг муҳитда тарқалиши, портлашни амалга ошириш технологияси ва уларни қайд қилувчи асбоблар ҳақида маълумотлар келтирилган.

Энг қисқа ва умумий шаклда портлашнинг атроф-муҳитга тўлқинининг тарқалиши билан бирга рўй берадиган, портлаш манбасидан энергиянинг қисқа вақтда ажралиб чиқиши, деб таърифлаш мумкин. Портлаш манбалари кимёвий (портлаш моддалари ва газ аралашмалари), ядровий, электрик (чакмоқ), механикавий (қаттиқ жисмнинг зарбаси) кўринишда олинган бўлиши мумкин. Дессертация ишида муҳитда тўлқин тарқалиши, иншоотлардан қайтиши ва сўниши билан боғлиқ бўлган масалалар экспериментал тадқиқ қилинди. Иншоотларда содир бўладиган кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатлари тушадиган нагрузка, ҳамда берилган геометрик ва физик-механик параметрларга боғлиқ ҳолда аниқланди, ҳамда мавжуд экспериментал тадқиқотларга асосланиб солиштирма таҳлил олиб борилди.

Портлаш тўлқинларининг тарқалиш тезлигини тажрибада аниқлаш методикаси ҳамда дала шароитида ўйиқларнинг ҳосил бўлиши, шунинг билан биргаликда, тажриба натижаларини қайта ишлаш алгоритми ва комплекс дастури келтирилган. Иншоотнинг жойлашиши, кузатув пункти ва портловчи моддаларнинг жойлашиш схемаси 1-расмда келтирилган. Тажриба майдончаси асосан грунтли, лойли, қумли ва тошли жинслардан иборат. Ўрганилган майдонда ер ости суви 1,5÷2 м чуқурликда жойлашган 5 та пункт танланган. Портлаш тўлқинлари таъсирида ҳосил бўлган тебранишлар 5 та пунктда ҳам қайд этилди, яни 4 ва 5-қайд этиш пункти пойдеворнинг остида бўлиб, ер сиртидан 0.1÷0.2 м чуқурликда жойлашган. Портлаш тўлқинларини қайд қилганда асосий эътибор кўчиш энергиясига берилди. Портлаш тўлқинларининг қишлоқ қурилиш иншоотида таъсири ўрганилди (1-расм). Бухоро вилояти Когон туманида асоси мавжуд бўлган иншоотнинг геометрик параметрлари қўйидагича:  $L=2,5$  м;  $L_1=7,5$  м;  $\delta=0,3\div 0,5$  (0,08) м;  $E=2,05\cdot 10^5$  МПа;  $\nu=0,26$ ;  $\gamma=78,0$  кН/м<sup>3</sup>,  $V=15,6$  (2-расм). 1-датчик ҳимоя иншоотининг асосига ўрнатилган; 4,5,6- датчиклар эса ярим фазонинг грунт қисмига ўрнатилган. Портлаш жараёнида грунтда ҳосил бўладиган тўлқин тарқалиш тезлигини ўлчаш мақсадида грунтда кўчиш датчиклари ҳимоя иншоотидан ҳар хил масофаларда (160 ва 200 м) ўрнатилган. Текшириладиган муҳитдан олинган намуна таркибида 21,2 %

қумлик, 56,2 % чанг зарраси, 22,6 % лой борлиги аниқланди. Улар таркибида юкори даражадаги намлик ва туз борлиги ҳам эътироф этилди.

**1–жадвал.** Тупроқда пайдо бўладиган нормал ва уринма кучланишлар

Опыт	Ўлчаш нуқталарига, м			σ, кг/см <sup>2</sup>		τ, кг/см <sup>2</sup>	
				σ <sub>A</sub>	σ <sub>B</sub>	τ <sub>A</sub>	τ <sub>B</sub>
2-B	200	240	-	0,26	0,16	-	-
	150	390	-	0,72	0,51	-	-
	120	350	-	1,37	0,86	-	-
	140	300	-	1,31	0,59	-	-
	-	-	170	-	-	0,79	0,77
	-	-	190	-	-	2,73	3,0

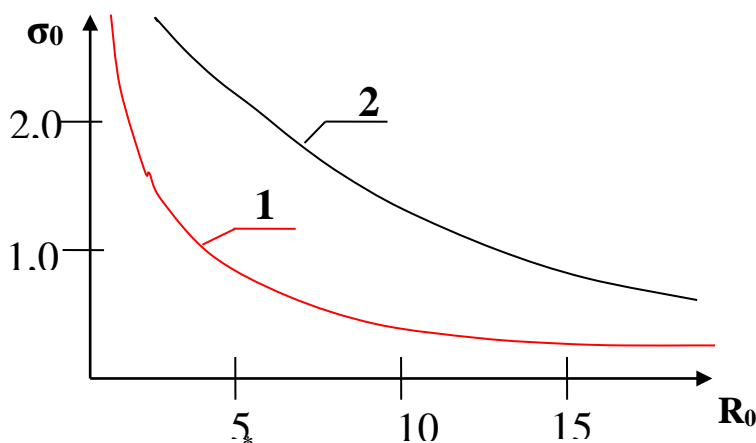
Тўлқинларнинг тупроқда тарқалиш тезлигини билган ҳолда, тупроқда пайдо бўладиган нормал ва уринма кучланишларни куйидаги формулалар бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$\sigma_x = \pm [g / (2\pi)] [k_c (E_T T / C_p)],$$

$$\tau_x = \pm [g / (2\pi)] [k_c (G_T / C_s) T],$$

бу ерда  $k_c$ –сейсмиклик коэффициент;  $E_T$ –тупроқнинг эластиклик модули;  $T$ –тупроқнинг тебранишлар даври (1-жадвал).

Чуқурлиги 2 м. гача олинган намуна таркибидаги моддалар қарийб бир хилда тақсимланиши яъни, зарралар диаметри 0,05–1,0 мм гача бўлганда қум зарралари 17–28 % бўлиши аниқланди. Энг катта намлик 17–25 % орасида ўзгарди, намликнинг 2 м гача чуқурликда 14,2 дан 23 % гача ўзгариши топилди. Чуқурлиги 5 м бўлган грунт кўпроқ намликка эга экан. Ўрганилаётган майдонда сейсмик ва портлаш тўлқинлари натижасида ҳосил бўладиган грунтнинг динамик ҳолатларини қайд этиш ва ўлчаш учун сейсмик датчиклар ўрнатилиб, тўлқин тарқалишини ва булар ёрдамида грунтда портлаш тўлқини тарқалиши кузатилди.

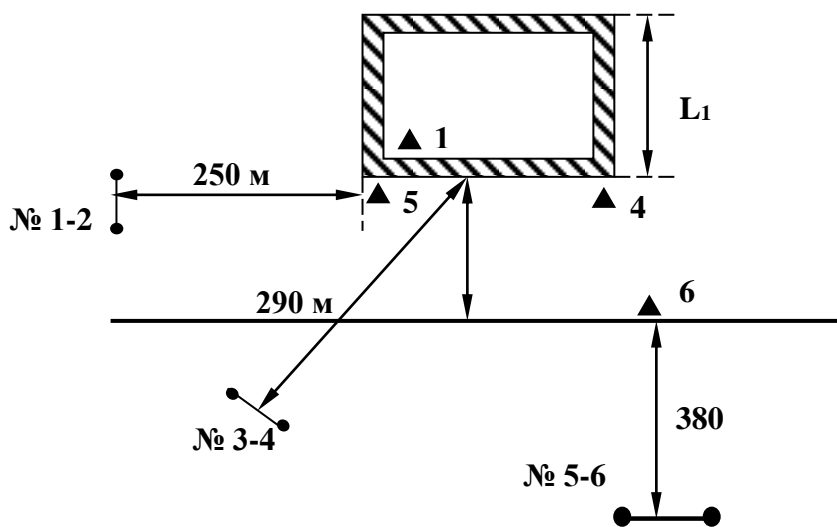


**1-расм.** Тупроқдаги  $\sigma_0$  кучланишнинг чуқурча радиуси  $R_0$  га боғлиқ ўзгариши 1.  $V=10^{-2}$ ; 2.  $V=10$

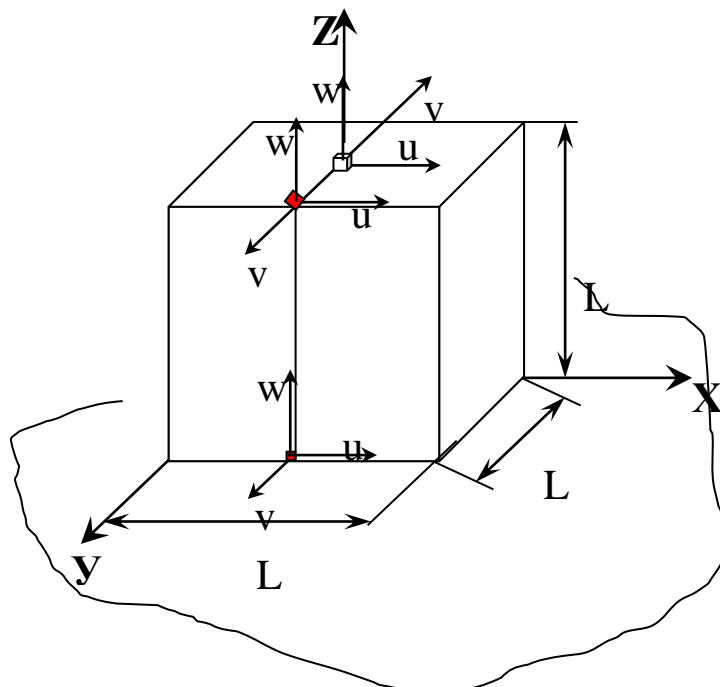
Химоя иншоотига тушаётган портлаш тўлқинини қайд этиш, портлаш интенсивлигини аниқлаш учун махсус босим ўлчаш асбобларидан фойдаланилди. Улар ҳар хил масофаларда тўлқинни аниқлаш учун хизмат қилади. Зарядлардан тарқалган портлаш тўлқинлар таъсири 3 зонага бўлиб ўрганилди. Майдоннинг пластик ҳолатини ўрганишда химоя иншооти ва эластик ярим фазонинг сиқилиш интенсивлиги 10-15 R ўйиқ радиуси, майдоннинг эластик ва пластик деформацияси 110-120 R гача, эластик деформация майдони 100-200 R гача ва ундан кўпроқ эканлиги қайд қилинди. Объектда ҳосил бўладиган эластик деформациянинг портлаш зонасида тарқалишини аниқлаш мақсадида тажриба майдонидан портлаш нуқтасигача бўлган масофа 250 м қилиб олинди (2-расм). Сейсмик портлаш тўлқинларини ҳисобга олувчи (тузилган усуллардан фойдаланган ҳолатда) ўрганилаётган майдонда кучли портлаш ишлари ўтказилди.

Экперимент учун олинаётган маълумотларга кўрилган биринчи тайёргарлик, сейсмометрик каналлар орқали ташкил этилган маълумотларни ёзиб олишга қаратилди. Шундай қилиб, амплитуда ва фазовий частотанинг характеристикаларини ёзиб олиш канали орқали қайд этишга қаратилди. Сейсмик тўлқинларни қабул қилиб олувчи мосламалар тўлқин фронтидаги кўндаланг тўлқинларни қабул қилади. Майдон грунтнинг кўндаланг кўчишини ёзиш учун майдондаги № 1 ва № 2 кузатув пунктларидан фойдаланилди. № 1 майдонда сейсмик портлаш бошланишида ҳосил бўладиган кўндаланг тўлқин билан №2 майдондаги кўндаланг тўлқинлар орасидаги вақтнинг фарқи  $t=0,05$  с га тенг қилиб олинди (3-расм).

№ 1 ва № 2 майдонлар орасидаги масофани билган ҳолда кўндаланг тўлқин тарқалиш тезлигини аниқлаш мумкин. Химоя иншоотининг кинематик ва динамик характерлаш даврида грунтда баъзи ҳолларда бундан ҳам кичик кўрсаткичлар бўлади. Бу ҳолат 200–350 м гача бўлган сейсмик тўлқинга боғлиқ бўлади. Грунтнинг портлаш жараёнида ҳосил бўладиган сейсмик тўлқин билан оддий ҳолатдаги сейсмик тўлқинлар фарқи орасидаги тўлқин частоталари юқорилиги аниқланди.



**2-расм.** Портловчи модда (ПМ) ва датчикларнинг химоя иншооти ҳамда эластик ярим фазода ўрнатилганлик ҳолатлари



**3-расм.** Тўртбурчак шаклидаги ҳимоя иншооти

Грунтда тўлқин тарқалиш тезлигини билган ҳолда грунтда ҳосил бўладиган уринма ва нормал кучланишларни қуйидаги формулалар орқали аниқлаш мумкин:

$$\sigma_x = \pm [g/(2\pi)] [k_c (E_T T / C_p)], \quad \tau_x = \pm [g/(2\pi)] [k_c (G_T / C_s) T].$$

Бу ерда  $k_c$  - сейсмиклик коэффициентлари,  $E_T$  – грунтнинг эластиклик модули;  $T$  – грунтнинг тебраниш даври.

2-жадвалда турли хил массали зарядларнинг эластик ярим фазо (муҳит)нинг турли нуқталаридаги кучланишларининг ўзгариши келтирилган. Грунтда ҳосил бўладиган кучланишлар портлаш жараёнида иншоот пойдеворида грунтга таъсир этаётган кучланишларга нисбатан 4–6 мартаба катта бўлар экан.

Грунтнинг кучланишини аниқлаш учун қуйидаги эмпирик ифодани тавсия қилиш мумкин:  $X=2,5$  ва  $15 \leq R_0 \leq 55$  бўлган қийматлар учун тажрибада олинган натижалар юқоридаги ифодада олинган натижалар билан тўғри келади. Олинган натижалардан кўриниб турибдики, заряд миқдорининг ошиши билан  $Q$ –кучланиш ортиб боради. Чегараланган фазода динамик тўлқинларнинг тарқалишини ифодалаш, очик фазода тўлқинларнинг тарқалишини ифодалашга нисбатан мураккаб бўлар экан. Динамик тўлқин узунлиги билан солиштириш даражасида бўлган унчалик катта бўлмаган иншоотлар учун қўшни деворлардан қайтиш натижасида ҳосил бўлган иккинчи тўлқин биринчи тўлқин билан қўшилиб, ташқи кучнинг ошиб кетишига олиб келиши мумкин. Чегараланган фазодаги динамик тўлқинларни назарий ўрганиш жуда ҳам мураккаб бўлиб, амалий ҳисоблашларда ҳозирча унча етарли бўлмаган тажриба натижаларидан фойдаланишга тўғри келди:

$$\sigma_0(R_0) = BR_0^{-x}, \quad \text{бу ерда} \quad R_0 = (R/0,054\sqrt{Q}).$$

**2 – жадвал. Кучланиш ўзгаришининг заряд массасига боғлиқлиги**

Заряднинг оғирлиги	Масофа	$\Sigma$		Кузатиш Шахобчаси	Ҳажмий Оғирлик	Кўндаланг тулқин тезлиги
Q	M.	$\sigma_A$	$\Sigma_B$		P.кг/м <sup>3</sup>	Cp, м/с
8	50	0,41	0,36	1	2700	4000
8	100	0,25	0,18	2	2700	4000
8	140	0,19	0,15	4	2700	4000
8	150	0,23	0,18	3	2700	4000
50	50	0,51	0,44	1	2700	4000
50	100	0,46	0,41	2	2700	4000
50	148	0,35	0,26	4	2700	4000
50	150	0,39	0,28	3	2700	4000

Тажрибада олинган натижалар таҳлили ва мавжуд бўлган тажриба натижаларига асосан қайтган тўлқинларни ҳисобга олган ҳолда [3] портлаш жараёнида содир буладиган юкламанинг камерага таъсирини қуйидаги ифода орқали аниқлаш тавсия этилади ( $n = 4,5$ ):

$$P(t) = P_0 \left( 1 - \frac{t}{\tau} \right) + \sum_{n=0}^{\infty} C_n i^n \left( 1 - \frac{t}{T} \right)^n \quad (1)$$

Назарий ўрганишларда масала эластиклик назариясининг текис деформация ҳолатига келтирилган бўлиб, чизиқли дифференциал тенгламалар орқали ифодаланган. Ишлаб чиқилган алгоритм асосида аниқ масалалар ЭХМ да ечилди ва сонли натижалар олинди. Ҳисоблаш натижалари 3–жадвалда келтирилган. Бўйлама куч ва моментларнинг энг катта қийматлари  $N_x=4827,812$  кН/м;  $M_x=568,71$  кН.м/м,  $Q_x=579,6$  кН/м га тенг бўлди.

Олинган сонли натижалар Н.И. Попов ва Б.С. Росторгуевлар олган натижалар билан таққосланди. Унда олинган назарий натижаларни таққослаганда 15–20% фарқи билан устма–уст тушди. Назарий ва тажрибада олинган натижалар солиштирилганда 30% гача фарқ билан устма уст тушди.

**3-жадвал. Девордаги ҳисобланган кучланишлар**

X/H	U мм	$M_x$ кНм	$N_x$ кН	$Q_x$ кН
0	0	-1030,86	0	579,6
0,1	0,063	-7,293	318,8	575,68
0,2	0,216	-27,78	1093,101	550,83
0,3	0,418	-27,78	2120,432	494,31
0,4	0,627	240,89	3162,301	397,88
0,5	0,801	442,51	4043,527	265,38
0,6	0,909	554,86	4625,523	106,54
0,7	0,971	568,71	4827,917	-65,97
0,8	0,921	476,87	4650,803	-237,09
0,9	0,82	283,41	4147,812	-399,67
1,0	0,685	0	3456,517	-538,27

Олинган натижаларнинг тахлилидан кўришиб турибдики, иншоотнинг динамик деформацияланганлик – кучланганлик ҳолати портлаш кучи таъсирининг давомийлигига, портлаш кучининг катталигига боғлиқ бўлиб, энг юқори қийматига кечикиш билан бурчак нуқталарида эга бўлар экан.

Диссертациянинг “Ички портлаш юкламаларининг таъсирида цилиндрик ҳимоя иншоотларининг тебранишлари” деб номланган учинчи бўлимида цилиндрик ҳимоя иншооти кўрилган. Цилиндрик ҳимоя иншооти деворларига динамик кучлар таъсир қилганда эгувчи, кўндаланг тўлқинлар содир бўлади. Бунда портлаш кучи цилиндрик ҳимоя иншооти ўқларига симметрик жойлаштирилган. Масаланинг қўйилишидан мақсад цилиндрик ҳимоя иншооти элементларига нисбатан эгувчи ва кундаланг тебранишлар таъсирини ўрганишдир. Шундай қилиб, кўрилаётган масала қобик элементига нисбатан эгувчи кўндаланг тебранишларни ечиш масаласига келтирилди. Бунинг учун бошланғич ва чегаравий шартлардан фойдаланилади. қобик элементининг мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишда олинди

$$m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{1}{a} N_\varphi = p(x,t) , \quad (2)$$

бу ерда  $w$  – кўндаланг кўчиш;  $M_x$ - қобикнинг бир қисмидаги эгувчи момент;  $N_\varphi$  – айланма куч,  $m$ –бир метр узунликка тўғри келадиган оғирлик;  $p(x,t)$ –цилиндрик иншоот ичига жойлаштирилган ички юклама;  $\nu$ –Пуассон коэффиценти.  $N_{x\varphi} = N_{\varphi x}$ ;  $M_{x\varphi} = M_{\varphi x}$  буровчи моментлар бўлиб, буларнинг иккисининг ҳам қийматлари нолга тенг бўлади. Шунинг учун айланма кучланиш  $M_\varphi$  ва  $N_\varphi$  лар қобикнинг барча нуқталарида бир хилда бўлиши лозим

$$N_x = \frac{Eh}{1-\mu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_\varphi) = 0, \quad N_\varphi = \frac{Eh}{1-\mu^2} (\varepsilon_\varphi + \nu \varepsilon_x).$$

Қуйилган масалани ечиш  $w(x, t)$  кўндаланг кўчишни топишга келтирилади. Портлаш жараёнида таъсир этадиган кўп турдаги барча юкламалар қобик деформациясини характерлайди. Айланма мустаҳкамликни таъминлашда бирлик юклама учун (2) тенглама ёрдамида таклиф этилган  $x = L_0$  масофада бу ечим топилади, яъни оний қўйилган юклама натижасида қобик деворларидаги кўчиш қуйидаги кўринишда топилади

$$P(x,t) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x=l_0 \\ 0, & \text{агар } x \neq l_0 \end{cases} . \quad (3)$$

(2) тенгламани ечиш учун (3) ифоданинг ўнг томони қуйидагича қидирилади:

$$w = \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k(t) W_k(\beta_k x),$$

бу ерда  $W(\beta_k, x)$ –чегаровий шартга мос бўлган фундаментал функция бўлиб, у қуйидаги тенгламани қаноатлантиради:

$$W_k^{IV}(\beta_k, x) - \beta_k^4 W_k(\beta_k x) = 0.$$

$\beta_k(t)$ - номаълум коэффицентлар. Бизга маълумки,  $w_k$  функция  $x = 0$  ва  $x = L$  бўлганда  $W_k = W_k^1 = 0$  чегаравий шарт учун қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$W_k = \sin \beta_k x - sh \beta_k x - \frac{\sin \beta_k L - sh \beta_k L}{\cos \beta_k L - Ch \beta_k L} (\cos \beta_k x - Ch \beta_k x),$$

бу ерда  $\beta_k$  -  $Ch \beta_k L \cos \beta_k L = 1$  трансцендент тенгламалар илдизлари.  $t = T_B$  моментда юклама олинган деб ҳисоблаймиз ва  $t_1$  моментда системага қарама-қарши томонга йўналтирилган бирлик юклама қўйилган деб,  $t > T_B$  учун ечимни суперпозиция принципи асосида топамиз. Бу ҳол учун ечим қўйидаги кўринишда қидирилади:

$$W = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k L_0) \sin \frac{q_k t_1}{2} \sin q_k \left( t - \frac{T}{2} \right)}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L W_k^2 dx} U_k(\beta_k x).$$

Сўнги ифодадан  $t_1 \rightarrow 0$ :  $T_B = 1$  бўлган ҳол учун бирлик импульс таъсирида ҳосил бўладиган кўчишни олиш мумкин

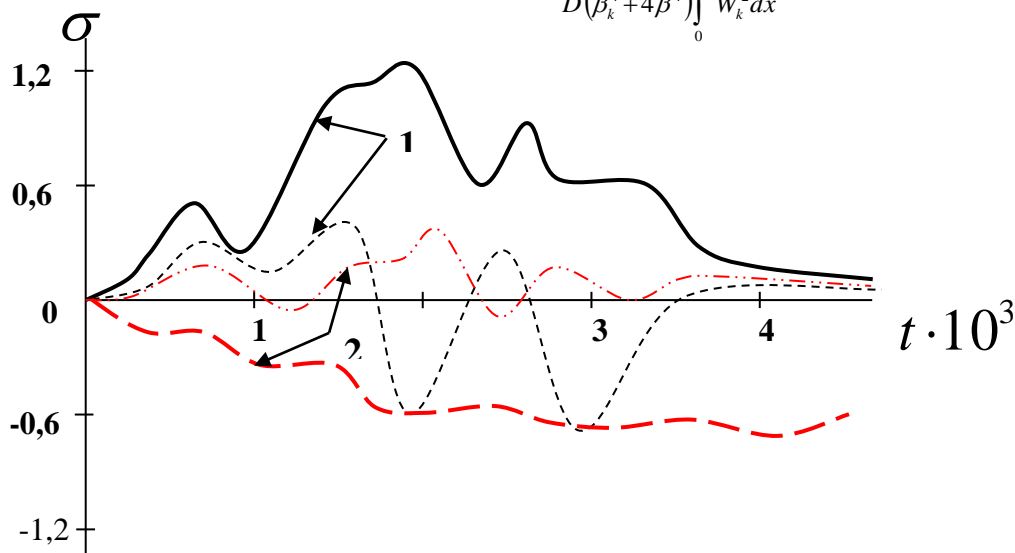
$$W_m(e_0, x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k L_0) q_k \sin q_k \psi_k(\beta_k x)}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L W_k^2 dx}.$$

Энди  $P(t)$  юкломани импульслар кўринишида қараймиз.  $T$  моментда  $dT$  қисқа вақт оралиғи учун  $P(t)$  таъсир этувчи кучларни  $P(T_B) dT$  куч импульси сифатида кўриб чиқиш мумкин. Шу импульс таъсирида  $t (t > T_B)$  вақт momenti учун қобик деворининг кўчиши қўйидагига тенг бўлади:

$$dw = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k L_0) q_k \sin q_k (t-T) p(T) dT W_k(\beta_k x)}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L U_k^2 dx}.$$

$0 \div T$  вақт оралиғидаги барча импульсларга боғлиқ бўлган кўчишлар

$$W = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k a) W_k q_k \int_0^T p(T) \sin q_k (t-T) dt}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L W_k^2 dx}, \quad (4)$$



**5-расм.** Қобикдаги кўндаланг, занжирли ва эгувчи кучланишлар

ўзгарган ҳолда қобик деворидаги кўчишни ҳисобловчи ифода олинди. Портлаш жараёнида қобикда содир бўладиган ҳамма юклама (2), (3) ва (4) тенгликлардан фойдаланиб, параметрларнинг қўйидаги қийматларида



$\nu = 0,25$ ;  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$ ;  $\frac{h}{R} = 0,1$ ;  $R = 1; 2; 3$ .  $N = 10^{-4}; 1, 2, 3, \dots, 5$ , ва қадама  $h = 0,1; 0,01; 0,001$ ;  $N=15$  бўлган ҳол учун ҳисоблаш натижалари, (портлаш тўлқинлари таъсирида) ўзгарувчи  $\sigma$  (айланма куч ва момент) нинг қийматлари 5-расмда келтирилган.

$$\Delta P(t) = \begin{cases} \Delta P_1 \frac{t}{Q} & \text{при } Q < t < Q_1; \\ \Delta P_1 \left(1 - \frac{t - Q_1}{Q_2}\right) & \text{при } Q > t > Q_1, \end{cases}$$

бу ерда  $Q_1 = X (1/C_1 - 1/C_2)$  – босимнинг ўсиши;  $\Delta P_1$  – босимнинг энг катта қиймати;  $C_1 = \sqrt{E_1/\rho}$  – эластик-пластик тўлқин тезлиги;  $C_2 = \sqrt{E/\rho}$  – эластик тўлқин тезлиги;

$$\Delta P_1 = \Delta P \left[ 1 - \frac{0,5X}{a_1 Q} \left( 1 - \frac{C_1^2}{C_2^2} \right) \right].$$

1– $N_\phi$  айланма кучланиш ( $\tau = 0,05$  ва  $\tau = 0,1$ ); 2– $M_\phi$  момент ( $\tau = 0,05$  ва  $\tau = 0,1$ )

Кўришиб турибдики, ўзининг максимал қийматларига кечикиб эришадиган кучланиш ва момент қийматларини аниқлашда қайтган тўлқинни инобатга олиш катта аҳамиятга эга экан. Бирлик юклама таъсирида чексиз узун цилиндрик қобик деворларининг кўчишини  $l \rightarrow \infty$  ўтиш орқали сўнги қобик учун ечимдан топамиз.

Бундай ҳол учун (4) ифода қуйидаги кўринишда бўлади

$$W = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\cos yx_1}{(y^4 + 4\beta^4)^D} \left( 1 - \cos \frac{1}{x} \sqrt{y^4 + 4\beta^4} t \right) dy.$$

Бу ифода А. И. Цейтлиннинг Фурьенинг косинусларни қўллаш ёрдамида олган натижалари билан мос келди.

## ХУЛОСА

1. Дала шароитида ўтказилган сейсмопортлаш тажрибаларида сув билан тўйинган грунтларда портлаш тўлқинларининг тупроқда тарқалиш тезлигини, қайтиши ва сўнишини экспериментал аниқлаш методикаси ишлаб чиқилган. Портлаш тўлқинлари таъсирида ҳимоя иншоотларининг бузилишини ўрганиш методикаси ишлаб чиқилди.
2. Худди шундай, портлаш тўлқинларининг таъсирида, ҳимоя иншоотларининг ва тупроқ муҳитининг кучланганлик–деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш учун статистик маълумотларга асосланиб эмпирик формула тавсия этилди.
3. Ер сиртида мавжуд ўйиқлар траншеяларнинг геометрик ўлчамларига, портлаш тўлқинларининг (титраш зонасида) тарқалиш тезлигига ва зарядни кўмиш технологиясига боғлиқ бўлиши топилди. Заряд миқдори ва грунтли муҳит таркибига боғлиқ равишда тўлқинларнинг сўниши топилди. Тупроқнинг сувга тўйинганлиги ва шўрланганлиги бўйлама ва

кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлигининг камайишига олиб келиши аниқланди.

4. Ўтказилган тажрибалар натижалари асосида қайтган тўлқинларни ҳисобга олувчи формула тавсия этилди. Ҳимоя иншоотларининг бурчак нуқталарида ёриқлар пайдо бўлиши ва мустаҳкамлик критериялари қайтган тўлқинлар таъсири ҳисобидан бажарилмаслиги топилди. Қайтган тўлқинларни ҳисобга олган ҳолда портлаш нагрузкаларини аниқлаш учун формула ишлаб чиқилди.
5. Ҳимоя иншоотларида кучланишлар амплитудаси таъсир этувчи импульснинг таъсир вақтига боғлиқ бўлиши ва асосий хавфли нуқталар бурчак нуқталари бўлиши топилди. Қайтган тўлқинлар самараси кичик миқдордаги зарядлар учун ўринли бўлиши топилди. Цилиндрда энг катта деформация цилиндрнинг ўрта соҳасида бўлиб, энг катта деформация айлана бўйича бўлган деформация бўлишлиги аниқланди.
6. Олинган сонли натижалар Н.И. Попов ва Б.С. Расторгуев ишлари натижалари билан таққосланди. Олинган назарий натижалар 15–20 % гача фарқ қилади. Назарий ва экспериментал натижаларнинг таққосланиши 30% гача фарқ қилади.
7. Тўртбурчакли ва цилиндрик шаклдаги ҳимоя иншоотларига портлаш тўлқинлари таъсири масаласини ечиш учун методика ва алгоритм ишлаб чиқилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ  
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
PhD.03/27.02.2021.FM.101.02 ПРИ БУХАРСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**БУХАРСКИЙ ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ  
РЕСУРСАМИ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА «ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**ЖЎРАЕВ ТОЙИР ОМОНОВИЧ**

**СВОЙСТВА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ ВОЛН НА  
СООРУЖЕНИЯ, НАХОДЯЩИЕСЯ В УПРУГОМ  
ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ**

**01.02.04–Механика деформируемого твёрдого тела**

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

**Бухара–2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована за В2022.2.PhD/Т2751 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан**

Диссертация выполнена в Бухарском институте управления природных ресурсов Национального исследовательского университета Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Ахмедов Шарифбой Рузиевич</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Исмаилов Кубаймурат</b> доктор технических наук, профессор
	<b>Рахмонов Баходир Собирович</b> доктор технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Наманганский инженерно-строительный институт</b>

Защита диссертации состоится « 23 » ноября 2022 г. в «14.00» часов на заседании разового научного совета на основе научного совета PhD.03/27.02.2021.FM.101.02 при Бухарском инженерно-технологическом институте по адресу: Бухарская область, 200100, г.Бухара, ул. К. Муртазаев, 15. Тел.: (+99865) 223-78-84; факс: (+99865) 223-79-72, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института за № 384, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (Адрес: 200100, Бухарская область, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15. Тел.: (+99865) 223-78-84).

Автореферат диссертации разослан «04» ноября 2022 года.  
(протокол рассылки № 1 от « 8 » октября 2022 г.).

**М.Х. Тешаев**  
Председатель разового Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н. (DSc)

**З.И. Болтаев**  
Ученый секретарь разового Научного  
совета по присуждению ученых степеней,  
д. ф.-м.н. (DSc)

**М.З. Шарипов**  
Председатель Научного семинара  
при разовом Научном совете по  
присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н. (DSc)

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире особое внимание уделяется проблемам влияния взрывных волн на сооружения, уменьшению динамических напряжений и деформаций, появляющихся в упругих и вязкоупругих слоях, являющихся составными частями этих сооружений. В настоящее время в развитых странах каждый год затрачиваются средств около 3 млрд. долларов США, в целях обеспечения прочности а также уменьшения напряжений и деформаций в подземных и надземных сооружениях, по причине их работы под действием нагрузок, образованных влиянием сейсмических и взрывных волн. В связи с этим, учитывая вязкоупругие свойства материала, особое внимание уделяется изучению проблемы дифракции волн, уменьшению отрицательных явлений, возникших из-за них, повышению прочности деформируемых тел.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по определению напряженного состояния сооружений под влиянием взрывов. В этом направлении, в частности, экспериментальные исследования состояния конструктивных систем под действием взрывных волн, изучение законов распространения взрывных волн в почве, экспериментальные исследования взаимодействия сооружения с почвой и особенно важно разработать методику проведения экспериментальных исследований по определению параметров, определяющих напряженное состояние сооружения. Вместе с этим, проведение экспериментальных исследований выше приведенного динамического напряженно-деформированного состояния, ведение целевых научных исследований в сфере анализа опасного напряженного состояния сооружений считается актуальным из задач.

В нашей Республике осуществляются широкомасштабные меры по повышению прочности и обеспечению безопасности сооружений. В стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021годы, в частности, определены задачи “...осуществление целевых программ по развитию а также модернизацию дорожно-транспортной, инженерно-коммуникационные и социальных инфраструктур”<sup>1</sup>. При осуществлении данных задач, в частности, изучение закономерностей распространения взрывных волн в почве, определение под их действием кинематических и динамических параметров на практике, нахождение эмпирических формул, позволяющих определить состояние грунтов, возникающих под действием взрывных волн, разработка и развитие методики определения параметров, определяющих напряженно-деформированного состояния сооружений на практике считается важным.

Данная диссертационная работа служит в определенной степени в осуществлении задач, обозначенных в Указе Президента Республики Узбекистан ПФ-60 от 22 января 2022 года “О стратегии развития нового Узбекистана, рассчитанные на 2022–2026 годы”, Постановлении Президента ПК-4794 от 30 июля 2020 года “По коренному усовершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан” и Постановлении Кабинета Министров Республики

Узбекистан от 26 августа 2020 года № 515 “О мерах по коренному повышению эффективности систем предупреждения и дальнейшего усовершенствования действий в таких случаях государственной системы” и в других нормативно–правовых документах, относящихся данной деятельности.

**Соответствие данных исследований устойчивым направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.**

Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. “Математика, механика, сейсמודинамика сооружений и информатика” и XIV. «Сейсмология, сейсмическая безопасность зданий и сооружений и строительство»

**Степень изученности проблемы.** В развитие теории разрушения и напряженно-деформированного состояния защитных сооружений при воздействии взрыва внесли большой вклад ряд зарубежных ученые, в частности, Н.В.Мельников, В.В Ржевский, Е.И.Шемякин, В.Е. Александров, Е.Г. Баранов, В.А. Боровиков, О.Е. Власов, А.А.Вовак, Г.П. Демидюк, М.В. Друкованный, Э.И. Ефремов, Н.Ф. Кусов, Б.Н. Кутузов, Ф.И. Кучеравый, В.И. Камщенко, В.М.Комир, Д.М. Кушнарев, Э.О. Миндели, Г.И. Покровский, Б.Р. Ракишев, В.Н. Редионов, В.К. Рубцов, А.Ф. Суханов, А. Н. Ханукаев и др.

Волновым процессам, разработке и усовершенствованию эффективных способов исследований прочности и безопасности сооружений посвящены научные работы известных ученых Узбекистана. В их числе: Т. Р. Рашидов, Я. Н. Мубораков, Г. Х. Хожиметов, Б. М. Мардонов, К.С. Султонов, И. И. Сафаров, Б. Р. Рахимов, Б. Р. Раимжонов, М. Х. Тешаев, Х.Сагдиев, Ш.Р. Ахмедов. В результате проведенных научных исследований достигнуты весомые результаты анализа напряженно–деформированного состояния, возникающего в сооружениях.

Вместе с этим, при исследовании прочности и безопасности защитных сооружений, возникающих в результате взрыва, влияние отраженных волн на процесс разрушения достаточно не изучены.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного и научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Т–05–2020–204 “Моделирование зданий, находящихся в статическом и динамическом напряженном состоянии и распространение неустойчивых волн в наблюдаемых сооружениях” (2020–2021), выполненного в Бухарском институте управления природными ресурсами Национального исследовательского университета Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.

**Цель исследований состоит из экспериментальных исследований напряженного состояния, возникающего в грунте и защитных сооружениях под действием взрывных волн а также разработки методики для**

теоретического исследования напряжений, возникающих в защитных сооружениях.

**Задачи исследования:**

разработка методики расчета для экспериментального и теоретического исследований напряженно–деформированного состояния элементов защитного сооружения в форме четырехугольника под действием взрывных волн;

разработка расчетной методики и алгоритма для теоретического исследования динамического напряженно–деформированного состояния защитного сооружения цилиндрической формы под действием взрывных нагрузений;

определение степени зависимости разрушений, возникающих в защитных сооружениях, от параметров, в результате накопления контурных напряжений за счет учета отраженных волн;

представление эмпирических формул, выражающих напряженно – деформированное состояние упругого полупространства под действием взрывных волн.

**В качестве объекта исследования** приняты деформируемое полупространство, установленное на нем сооружение в форме четырехугольника и цилиндрическая оболочка.

**Предмет исследований** состоит из разработки алгоритма численного решения и развитие методов исследования проблем влияния взрывных волн на установленное, в полупространстве, сооружения в форме четырехугольника, проблемы влияния взрывной волны и развития способов расчета а также разработки алгоритма числового решения с учетом геометрических параметров сооружения, физико-механических свойств среды.

**Способы исследований.** Применены способы проведения теоретических исследований механики деформируемых твердых тел, способы сейсмометрических измерений проведения опытов. Для процесса исследований использованы метод конечных элементов (МКЭ) и методы математической физики, выражающие влияние волн на четырехугольные и цилиндрические оболочки, расположенных в деформируемом полупространстве.

**Научная новизна исследований:** под действием взрывных волн защитные сооружения и полупространства, характеризующие их динамические свойства, выражающие эффекты  $P(t) = P_{\text{под}}(t) + \sum_{K=1}^N P_{\text{отп}}^{(K)}(t)$ .

представлена эмпирическая формула.

Разработана методика расчета и алгоритм для экспериментальных исследований напряженно–деформированного состояния защитных сооружений в форме четырехугольника и цилиндра под действием взрывных нагрузок;

установлено достижение контурного напряжения своей максимального значения в угловых точках, накопление контурного напряжения, то есть в

результате многократной суперпозиции отраженных волн и образование из-за них трещин;

установлено, что точность результатов процессов, полученных на основе разработанной методики и алгоритма, с учетом взрывной нагрузки и суперпозиции отраженных волн, возрастание на 15% относительно методики Н. И. Попова и Б. С. Расторгуева.

**Практические результаты исследований состоит из следующих:**

-представлены инженерные рекомендации, по эмпирическим формулам, учитывающие отраженных волн;

-разработаны способы расчета прочности под действием волновых нагрузок при проектировании защитных сооружений в форме четырехугольника и цилиндра, расположенных в деформируемом полупространстве;

-найденны параметры, характеризующие динамические свойства полупространства, учитывающие отраженных волн, под действием взрывных волн.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность результатов исследований основана на математических способах, прошедших испытаний, на сравнении полученных результатов с известными экспериментальными результатами, с ранее полученными другими авторами аналитическими и цифровыми решениями.

**Научные и практические значения результатов исследований.**

Научные значения результатов исследований объясняется созданием эффективных методов определения и расчета динамических напряженных и деформированных состояний защитных сооружений цилиндрической и прямоугольной формы под действием взрывных нагрузок.

Практические значения научных исследований заключается в том, что определены новые закономерности, возникающие под действием взрывных нагрузок, напряженно-деформированного состояния защитных сооружений четырехугольной и цилиндрической формы, расположенных в полупространстве.

**Внедрение результатов исследований:**

На основе результатов методов расчета и алгоритма напряженно-деформированного состояния, возникающих в процессе взрыва: при проектировании зданий и сооружений для расчета кинематических параметров, распространяемых сейсмических волн использованы Бухарском ООО “Узжамалолиха”, предприятиях МЧЖ “Нефтьгазэлитстроймонтаж” (Министерство строительства Республики Узбекистан. Справка № 09–06/11793, 17.10.2022 г.). Взято во внимание повышение на 20% контурного напряжения по причине многократной суперпозиции первичной и отраженной волн; разработанные в диссертационной работе методика и алгоритм для расчета напряженно-деформированного состояния в опасных сечениях криволинейной трубы, протекающей жидкостью, при воздействии нестационарных нагружений, использованы фундаментальном проекте в рамках Государственной научно-технической программы, выполненного



2016–2020 годы в Ташкентском химико–технологическом институте по теме ОТ–F4–01 “Разработка методов изучения и развитие теорию нелинейного напряженно–деформированного состояния многослойной криволинейной части трубы из композитного материала, протекающей вязкой жидкостью, под действием температуры и динамических нагрузжений” (Справка № 89–04/3151, 07. 12. 2021 г.). В результате появилась возможность определения опасного сечения криволинейной вязко-упругой трубы, протекающей жидкостью и предупреждения возникновения резонансного состояния.

при оценивании устойчивости цилиндрических конструкций, расположенных вязко–упругой почвенной среде под действием взрывных волн, использован в фундаментальном проекте Ф4–14 «Разработка теорию исследования и методов расчета напряженно–деформированного состояния криволинейной подземной трубы, протекающей жидкостью под действием внешних сил», выполненном Бухарском инженерно–технологическом институте 2012–2016 годах № 04/05–86/919, 10. 10. 2021 г.). В результате создана возможность определения распределения и оценивания на каждой точке в процессе распространения неустойчивых волн напряженно-деформированного состояния в цилиндрической многослойной композитной оболочке с жидкостью.

**Апробация результатов исследований.** Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены в 3 международных и 7 республиканских научно–технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертационной работы опубликовано всего 32 научной работы, из них 2 монографии, в научных изданиях, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан издание основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD) 12 статей, в том числе 8 республиканских и 4 в зарубежных научных журналах.

**Структура диссертации и объем.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 110 страниц текста.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.**

Во введении представлены актуальность, цель, практическая значимость исследуемой проблемы, краткое содержание диссертации и анализ литературы по проблемам распространения волн в полупространстве и воздействия взрывных волн на защитные сооружения.

В первой главе диссертации «Анализ литературы, посвященной изучению характеристик распространения нестационарных волн в конструкциях, расположенных на упругой полуплоскости» представлен анализ литературы, посвященной изучению характеристик распространения нестационарных волн в конструкции, расположенные на упругой полуплоскости, в том числе взрывчатые вещества.

Во второй главе диссертации «Экспериментальное исследование распространения взрывных волн и напряженно-деформированного состояния

в горных породах» содержит сведения о взрывных волнах и их распространении в окружающей среде, технологии взрывных работ и приборах, их регистрирующих.

В самом кратком и общем виде его можно описать как кратковременное выделение энергии из очага взрыва, происходящее одновременно с распространением ударной волны взрыва в окружающую среду. Источники взрыва могут быть химическими (взрывчатые вещества и газовые смеси), ядерными, электрическими (молния), механическими (удар твердого тела). В диссертационной работе экспериментально исследованы вопросы, связанные с распространением волн в окружающей среде, отражением от конструкций и гашением. Определены напряженно-деформационные состояния, возникающие в выстрелах, в зависимости от приложенной нагрузки, а также заданных геометрических и физико-механических параметров и проведен сравнительный анализ на основе имеющихся экспериментальных исследований.

Представлен метод экспериментального определения скорости распространения взрывных волн и образования канавок в полевых условиях, поэтому вместе с алгоритмом и комплексной программой обработки результатов эксперимента. Схема объекта, наблюдательный пункт и расположение ВВ показаны на рис. 1. Полигон в основном состоит из почвы, глины, песка и скальных пород. На исследуемой территории отобрано 5 точек с залеганием подземных вод на глубине  $1,5 \div 2$  м. Вибрации, вызванные взрывными волнами, регистрировались также в 5 точках, то есть точки регистрации 4 и 5 находятся под фундаментом и расположены на глубине  $0,1 \div 0,2$  м от поверхности земли. При регистрации взрывных волн основное внимание уделялось энергии смещения. Исследовано воздействие взрывных волн на конструкцию сельской застройки (рис. 1). По геометрическим параметрам сооружения, имеющего базу в Когонском районе Бухарской области:  $L=2,5$  м;  $L_1=7,5$  м;  $d=0,3 \div 0,5$  (0,08)м;  $E=2,05,105$  МПа;  $\nu=0,26$ ;  $g=78,0$  кН/м<sup>3</sup>,  $V=15,6$  (рис. 2). Датчик 1 устанавливается в основании защитной конструкции;

**Таблица 1.** Нормальные и растягивающие напряжения в грунте

Опыт	До точек измерения, м			$\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>		$\tau$ , кг/см <sup>2</sup>	
				$\sigma_A$	$\sigma_B$	$\tau_A$	$\tau_B$
2-B	200	240	-	0,26	0,16	-	-
	150	390	-	0,72	0,51	-	-
	120	350	-	1,37	0,86	-	-
	140	300	-	1,31	0,59	-	-
	-	-	170	-	-	0,79	0,77
	-	-	190	-	-	2,73	3,0

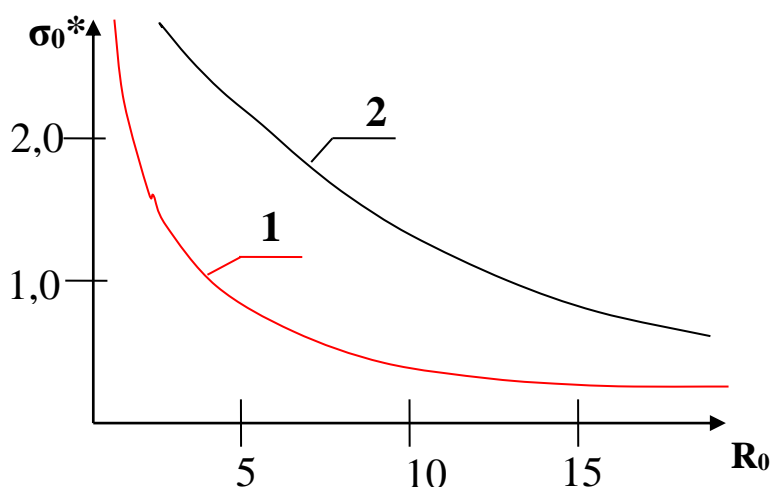
Датчики 4, 5, 6 установлены в наземной части полупространства. Для измерения скорости распространения волны, образовавшейся в грунте при

взрыве, на разном расстоянии (160 и 200 м) от защитного сооружения были установлены датчики смещения грунта. Установлено, что проба, взятая из исследуемой среды, содержит 21,2 % песка, 56,2 % пылевых частиц и 22,6 % глины. Было также признано, что они содержат большое количество влаги и соли. Зная скорость распространения волн в грунте, нормальные и экспериментальные напряжения, возникающие в грунте, можно рассчитать по следующим формулам:

$$\sigma_x = \pm [g / (2\pi)] [k_c (E_G T / C_p)],$$

$$\tau_x = \pm [g / (2\pi)] [k_c (G_G / C_s) T],$$

здесь  $k_c$  – коэффициент сейсмичности;  $E_G$  – модуль упругости грунта;  $T$  – период колебаний грунта (табл. 1).



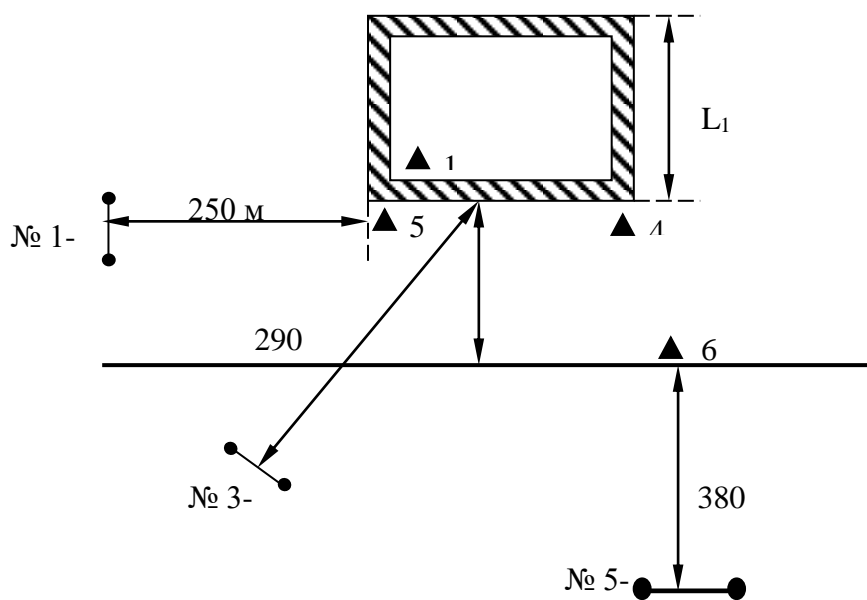
**Рис. 1.** Изменение напряжения в грунте в зависимости от радиуса ямочки  $R_0$ .  
1.  $V=10^{-2}$ ; 2.  $V=10$

Глубина 2 м. Установлено, что вещества в отобранной пробе распределены практически равномерно, то есть при диаметре частиц 0,05-1,0 мм песчаных частиц 17-28%. Максимальная влажность колебалась в пределах 17–25 % с колебаниями влажности от 14,2 до 23 % на глубине 2 м. Почва на глубине 5 м имеет больше влаги. В исследуемом районе были установлены сейсмодатчики для регистрации и измерения динамических условий грунта, вызванных сейсмическими и взрывными волнами, и с их помощью осуществлялся контроль за распространением волны и распространением взрывной волны в грунте.

Для регистрации ударной волны, падающей на защитное сооружение, и определения силы взрыва применялись специальные приборы для измерения давления. Они служат для обнаружения волны на разных расстояниях. Воздействие взрывных волн, распространяющихся от зарядов, изучалось в 3-х зонах. При изучении пластического состояния поля отмечено, что интенсивность сжатия защитной конструкции и упругого полупространства составляет 10-15 R радиуса паза, упруго-пластическая деформация поля - до 110-120 R, площадь упругой деформации до 100-200 R и более. Для определения распределения упругих деформаций в зоне

взрыва расстояние от экспериментальной площадки до точки взрыва составляло 250 м (рис. 2). На исследуемом участке проведены мощные взрывные работы с учетом сейсмо-взрывных волн (в случае применения структурированных методов).

Первая подготовка к сбору данных для эксперимента была сосредоточена на регистрации данных, организованных по сейсмометрическим каналам. Таким образом, внимание было уделено регистрации характеристик амплитуды и пространственной частоты через канал регистрации. Таким образом, внимание было уделено регистрации характеристик амплитуды и пространственной частоты через канал регистрации. Сейсмические приемники принимают поперечные волны на фронте волны. Точки наблюдения № 1 и № 2 в поле использовались для регистрации бокового смещения почвы поля. Разница во времени между поперечной волной, возникшей в начале сейсмического взрыва в районе № 1, и поперечными волнами в районе № 2 составила  $t=0,05$  с (рис. 3).



**Рис. 2.** Взрывчатое вещество (ВВ) и защитная конструкция датчиков и случаи вложенности в упругое полупространство

Зная расстояние между полями №1 и №2, можно определить скорость распространения поперечной волны. При кинематической и динамической характеристике защитного сооружения грунт в ряде случаев имеет еще меньшие показатели. Эта ситуация зависит от сейсмической волны до 200–350 м. Установлено, что разница между сейсмической волной, генерируемой при взрыве грунта, и разницей между сейсмическими волнами в обычном состоянии велика.

Зная скорость распространения волн в грунте, возникающие в грунте напряжения и нормальные напряжения можно определить по следующим формулам:

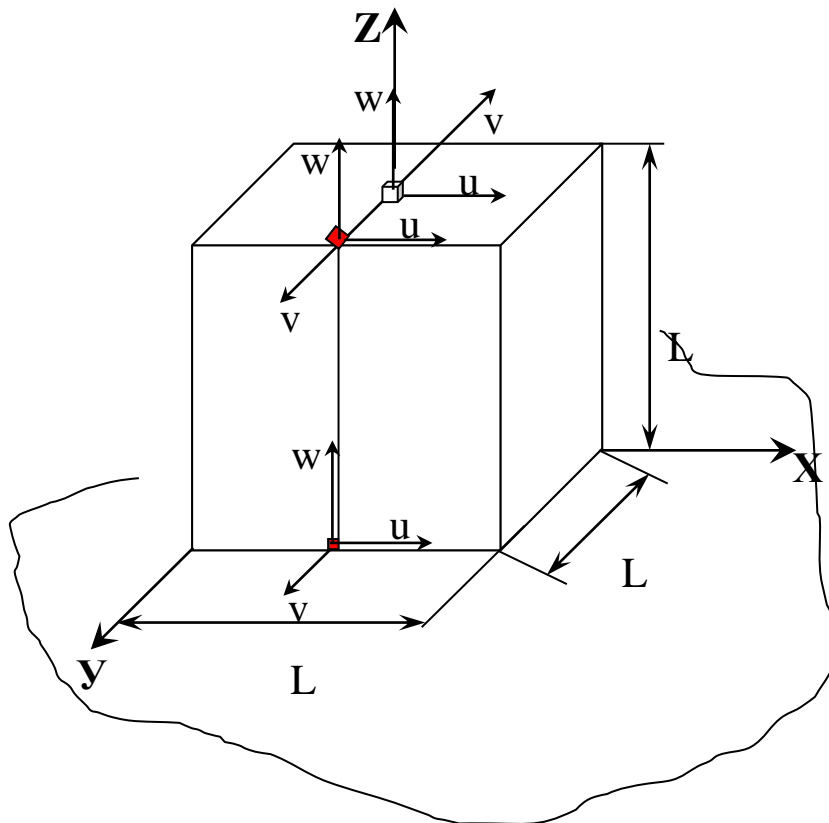


Рис. 3. Прямоугольная защитная конструкция

$$\sigma_x = \pm [g/(2\pi)] [k_c (E_T T / C_p)], \quad \tau_x = \pm [g/(2\pi)] [k_c (G_T / C_s) T].$$

Здесь  $k_c$  – коэффициент сейсмичности,  $E_T$  – модуль упругости грунта;  $T$  – период колебаний грунта.

В табл. 2 приведены изменения напряжений зарядов разной массы в разных точках упругого полупространства (окружающей среды). Напряжения, возникающие в грунте в процессе взрыва, в 4–6 раз превышают напряжения, действующие на грунт в основании сооружения.

Для определения напряжения грунта можно рекомендовать следующее эмпирическое выражение: Для значений  $X=2,5$  и  $15 \leq R_0 \leq 55$  результаты, полученные в эксперименте, совпадают с результатами, полученными в приведенном выше выражении. Как видно из полученных результатов, добротность увеличивается с увеличением количества заряда. Выражение динамического распространения волн в замкнутом пространстве более сложное, чем выражение распространения волн в открытом пространстве. Для небольших конструкций, сравнимых с динамической длиной волны, вторая волна, отраженная от соседних стен, может объединиться с первой волной и вызвать превышение внешней силы. Теоретическое изучение динамических волн в замкнутом пространстве очень сложно, и необходимо было использовать экспериментальные результаты, которых пока недостаточно для практических расчетов:

$$\sigma_0(R_0) = BR_0^{-x}, \quad \text{здесь} \quad R_0 = (R/0,054\sqrt{Q}).$$

На основании анализа результатов, полученных в эксперименте, и результатов имеющихся экспериментов с учетом обратных волн [3]

рекомендуется определять влияние нагрузки на камеру при взрыве следующим выражением ( n = 4,5):

**Таблица 2.** Зависимость изменения напряжения от массы заряда

Вес заряда	Расстояние	$\Sigma$		Следовать за приток	Размер Масса	Скорость поперечной волны
		$\sigma_A$	$\Sigma_B$			
<b>Q</b>	<b>М.</b>				<b>P.кг/м<sup>3</sup></b>	<b>Cp, м/с</b>
8	50	0,41	0,36	1	2700	4000
8	100	0,25	0,18	2	2700	4000
8	140	0,19	0,15	4	2700	4000
8	150	0,23	0,18	3	2700	4000
50	50	0,51	0,44	1	2700	4000
50	100	0,46	0,41	2	2700	4000
50	148	0,35	0,26	4	2700	4000
50	150	0,39	0,28	3	2700	4000

$$P(t) = P_0 \left( 1 - \frac{t}{\tau} \right) + \sum_{n=0}^{\infty} C_n i^n \left( 1 - \frac{t}{T} \right)^n \quad (1)$$

В теоретических исследованиях задача состояния плоской деформации относится к теории упругости и выражается линейными дифференциальными уравнениями. На основе разработанного алгоритма были решены конкретные задачи в ЭХМ и получены численные результаты. Результаты расчетов представлены в табл. 3. Наибольшие значения продольных сил и моментов  $N_x=4827,812$  кН/м; Она была равна  $M_x=568,71$  кН.м/м,  $Q_x=579,6$  кН/м.

Полученные численные результаты Н.И. Попов и Б.С. Результаты сравнивались с результатами, полученными Росторгуевым. При сравнении полученных в ней теоретических результатов они перекрывались с разницей в 15-20 %. При сравнении теоретических и экспериментальных результатов они перекрывались с разницей до 30 %.

Анализ полученных результатов показывает, что состояние динамического деформирования и упрочнения конструкции зависит от продолжительности воздействия взрывной силы, величины взрывной силы и имеет наибольшее значение в угловых точках с запаздыванием. В третьем разделе диссертации «Колебания цилиндрических защитных конструкций под действием внутренних взрывных нагрузок» рассматривается цилиндрическая защитная конструкция. Изгибные, поперечные волны возникают при действии динамических сил на стенки цилиндрической защитной конструкции. При этом сила взрыва размещается симметрично осям цилиндрической защитной конструкции. Цель задачи - исследование влияния изгиба и суточных вибраций на элементы



**Таблица 3.** Расчетные напряжения в стене

X/H	U нм	M <sub>x</sub> кНм	N <sub>x</sub> кН	Q <sub>x</sub> кН
0	0	-1030,86	0	579,6
0,1	0,063	-7,293	318,8	575,68
0,2	0,216	-27,78	1093,101	550,83
0,3	0,418	-27,78	2120,432	494,31
0,4	0,627	240,89	3162,301	397,88
0,5	0,801	442,51	4043,527	265,38
0,6	0,909	554,86	4625,523	106,54
0,7	0,971	568,71	4827,917	-65,97
0,8	0,921	476,87	4650,803	-237,09
0,9	0,82	283,41	4147,812	-399,67
1,0	0,685	0	3456,517	-538,27

цилиндрической защитной конструкции. Таким образом, рассматриваемая задача сводится к задаче решения изгибных поперечных колебаний относительно элемента оболочки. Для этого используются начальные и граничные условия. Уравнение равновесия оболочечного элемента получается в следующем виде

$$m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{1}{a} N_\varphi = p(x, t) , \quad (2)$$

где  $w$  – поперечное перемещение;  $M_x$  – изгибающий момент в части оболочки;  $N_\varphi$  – сила вращения,  $m$  – масса, соответствующая одному метру длины;  $p(x, t)$  – внутренняя нагрузка, размещенная внутри цилиндрической конструкции;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.  $N_{x\varphi} = N_{\varphi x}$ ;  $M_{x\varphi} = M_{\varphi x}$  – крутящие моменты, оба эти значения будут равны нулю. Следовательно, вращательные напряжения  $M_\varphi$  и  $N_\varphi$  должны быть одинаковыми во всех точках оболочки.

$$N_x = \frac{Eh}{1 - \mu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_\varphi) = 0, \quad N_\varphi = \frac{Eh}{1 - \mu^2} (\varepsilon_\varphi + \nu \varepsilon_x).$$

Решение данной задачи сводится к нахождению поперечного перемещения  $w(x, t)$ . Все нагрузки многих видов, действующие в процессе взрыва, характеризуют деформацию оболочки. Это решение находится на расстоянии  $x = l_0$ , предложенном уравнением (2) для единичной нагрузки при вращательной устойчивости, т. е. находится перемещение в стенках оболочки от мгновенно приложенной нагрузки.

$$P(x, t) = \begin{cases} 1, & \text{агаp } x=l_0 \\ 0, & \text{агаp } x \neq l_0 \end{cases} \quad (3)$$

Для решения уравнения (2) правая часть выражения (3) ищется до тех пор, пока:

$$w = \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k(t) W_k(\beta_k x),$$

где  $W(\beta_k, x)$  – фундаментальная функция, соответствующая граничному условию, удовлетворяющему следующему уравнению:

$$W_k^{IV}(\beta_k, x) - \beta_k^4 W_k(\beta_k, x) = 0$$

$\beta_k(t)$  - неизвестные коэффициенты. Мы знаем, что функция имеет следующий вид для граничного условия  $W_k = W_k^1 = 0$ , когда  $x = 0$  и  $x = L$ :

$$W_k = \sin \beta_k x - sh \beta_k x - \frac{\sin \beta_k L - sh \beta_k L}{\cos \beta_k L - Ch \beta_k L} (\cos \beta_k x - Ch \beta_k x),$$

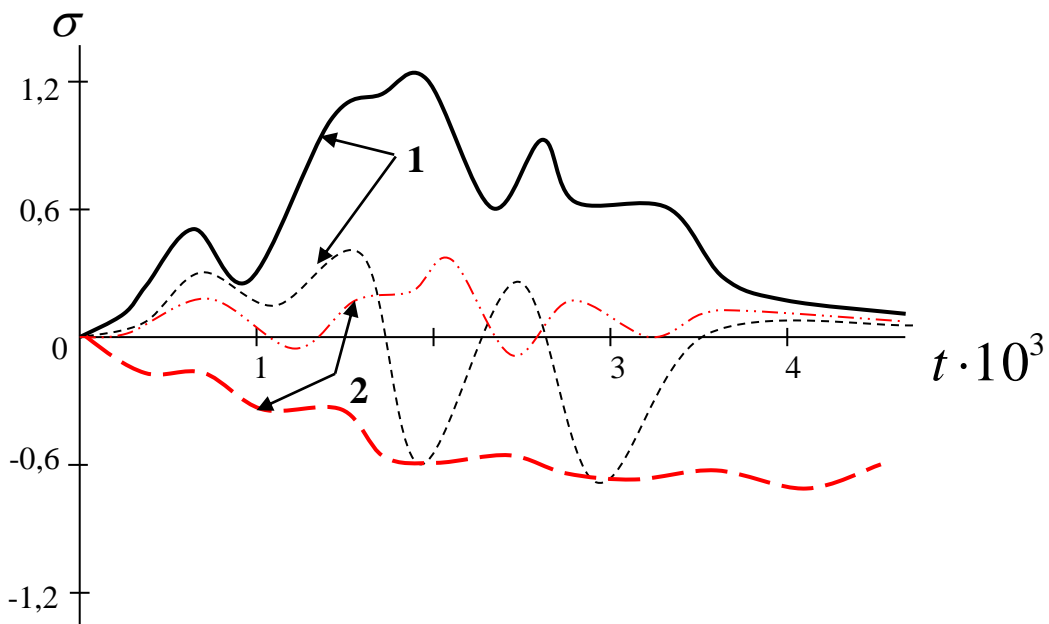
где  $\beta_k - Ch \beta_k L \cos \beta_k L = 1$  корни трансцендентных уравнений. Предположим, что в момент  $t = T_B$  приложена нагрузка, а в момент  $t_1$  к системе приложена единичная нагрузка, направленная в противоположном направлении, и найдем решение для  $t > T_B$  по принципу суперпозиции. Решение для этого случая ищется в следующем виде:

$$W = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k, L_0) \sin \frac{q_k t_1}{2} \sin q_k \left( t - \frac{T}{2} \right)}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L W_k^2 dx} U_k(\beta_k, x)$$

Из последнего выражения можно получить перемещение, производимое единичным импульсом для случая  $t_1 \rightarrow 0$ :  $T_B = 1$

$$W_m(e_0, x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k, L_0) q_k \sin q_k \psi_k(\beta_k, x)}{D(\beta_k^4 + 4\beta_k^4) \int_0^L W_k^2 dx}.$$

Теперь посмотрим на нагрузку  $P(t)$  в виде импульсов. Силы  $P(t)$ , действующие на момент  $T$  в течение короткого промежутка времени  $dT$ , можно рассматривать как импульс силы  $P(T) dT$ . Под действием этого импульса перемещение стенки оболочки за момент времени  $t (t > T)$  равно:



**Рис. 5.** Поперечные, цепные и изгибные напряжения в оболочке  
1 –  $N_\phi$  – кольцевые силы, 2 –  $M_\phi$  – моменты



$$dw = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k L_0) q_k \sin q_k (t-T) p(T) dT W_k(\beta_k x)}{D(\beta_k^4 + 4\beta^4) \int_0^e U_k^2 dx}.$$

Смещения от всех импульсов в интервале времени  $0 \div T$

$$W = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{W_k(\beta_k a) W_k q_k \int_0^e p(T) \sin q_k (t-T) dt}{D(\beta_k^4 + 4\beta^4) \int_0^e W_k^2 dx}, \quad (4)$$

в измененном случае получено выражение, вычисляющее перемещение в стенке оболочки. Используя уравнения (2), (3) и (4), все нагрузки, возникающие в оболочке в процессе взрывания, при следующих значениях параметров

$$v = 0,25; \quad E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2; \quad \frac{h}{R} = 0,1; \quad R = 1; 2; 3. \quad N = 10^{-4}; 1, 2, 3, \dots, 5, \text{ и}$$

шаг  $h = 0,1; 0,01; 0,001$ ; Результаты расчетов для случая  $N=15$ , значения переменных  $s$  (вращательная сила и момент) (при воздействии взрывной волны) представлены на рис. 5.

$$\Delta P(t) = \begin{cases} \Delta P_1 \frac{t}{Q} & \text{при } Q < t < Q_1; \\ \Delta P_1 \left(1 - \frac{t - Q_1}{Q_2}\right) & \text{при } Q > t > Q_1, \end{cases}$$

1 –  $N_\varphi$  вращательное напряжение ( $t = 0,05$  и  $t = 0,1$ ); 2 –  $M_\varphi$  момент ( $t = 0,05$  и  $t = 0,1$ )

Видно, что учет обратной волны имеет большое значение при определении значений напряжения и момента, которые поздно достигают своих максимальных значений. Перемещение стенок бесконечно длинной цилиндрической оболочки под действием единичной нагрузки находим из решения для последней оболочки при переходе  $\lambda \rightarrow \infty$ .

Для этого случая выражение (4) имеет следующий вид

$$W = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\cos yx_1}{(y^4 + 4\beta^4) D} \left(1 - \cos \frac{1}{x} \sqrt{y^4 + 4\beta^4 t}\right) dy$$

Это выражение А. Я. Цейтлин согласился с результатами Фурье, используя косинусы.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика экспериментального определения скорости распространения, возврата и затухания взрывных волн в водонасыщенном грунте в сейсмографических экспериментах, проводимых в натуральных условиях. Разработана методика исследования разрушения защитных сооружений под действием взрывных волн.
2. Аналогичным образом была рекомендована эмпирическая формула на основе статистических данных для определения напряженно-деформированного состояния защитных сооружений и грунтовой среды при воздействии взрывных волн.
3. Установлено, что существующие борозды на поверхности земли зависят от геометрических размеров траншей, скорости распространения волн взрыва (в зоне вибрации) и технологии заглубления заряда. Найдено затухание волн в зависимости от количества заряда и состава грунтовой среды. Установлено, что водонасыщенность и засоленность почвы снижают скорость распространения продольных и поперечных волн.
4. По результатам проведенных экспериментов рекомендована формула, учитывающая возвратные волны. Выявлено появление трещин в угловых точках защитных конструкций и несоблюдение критериев прочности из-за воздействия отраженных волн. Разработана формула для определения давлений взрыва с учетом обратных волн.
5. Установлено, что амплитуда напряжения в защитных сооружениях зависит от времени воздействия ударного импульса, а основными опасными точками являются угловые точки. Было обнаружено, что эффект возвратных волн приемлем для небольших количеств заряда. Установлено, что наибольшая деформация в цилиндре приходится на среднюю часть цилиндра, а наибольшая деформация – по окружности.
6. Полученные численные результаты сравнивали с результатами работы Н.И. Попова и Б.С. Расторгуева. Полученные теоретические результаты отличаются на 15-20%. При сравнении теоретических и экспериментальных результатов они перекрывались с разницей до 30 %.
7. Разработаны методика и алгоритм решения задачи воздействия взрывной волны на прямоугольные и цилиндрические защитные сооружения.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/27.02.2021.FM.101.02  
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT  
BUKHARA ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**"TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL  
MECHANIZATION ENGINEERS" NATIONAL RESEARCH  
UNIVERSITY BUKHARA INSTITUTE OF NATURAL RESOURCES  
MANAGEMENT**

**Zhuraev Toyir Omonovich**

**VIBRATIONS OF A DEFORMABLE HALF-SPACE WITH PROTECTIVE  
STRUCTURES UNDER THE ACTION OF EXPLOSIVE LOADS**

**01.02.04 - Mechanics of a deformable solid**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD) IN  
TECHNICAL SCIENCES**

**Bukhara – 2022**

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for B2022.1.PhD/T2177

The dissertation was completed at the "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University Bukhara Institute of Environmental Management.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page of the Scientific Council ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) and on the Information and Educational Portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific adviser:</b>	<b>Akhmedov Sharifboy Ruzievich</b> candidate of technical sciences, dotsent
<b>Official opponents:</b>	<b>Ismayilov Kubaymurat</b> doctor of technical sciences, professor <b>Rakhmonov Bohodir Sobirovich</b> doctor of technical sciences, dotsent
<b>Lead organization:</b>	<b>Namangan Institute of Civil Engineering</b>

The defense of the dissertation will take place on "23" november 2022 at "14<sup>00</sup>" hours at a meeting of the Scientific Council Phd.03/27.02.2021.FM.101.02 at the Bukhara Institute of Engineering and Technology at the address: Bukhara region, 200100, Bukhara, st. K. Murtazaev, 15. Tel.: (+99865) 223-78-84; fax: (+99865) 223-79-72, e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz). The dissertation can be found in the Information Resource Center № 384 (registered under number ). (Address: Bukhara region, 200100, Bukhara, K. Murtazaev st., 15. Tel.: (+99895) 604-44-70).

The abstract of the dissertation was sent on " 4" november 2022

(distribution protocol №. 1 dated " 8" October 2022).

**M.Kh. Tshaev**

Chairman of scientific council for awarding degree,  
Doctor of Physics and Mathematics Sciences, (DSc)

**Z.I. Boltaev**

Scientific secretary of scientific council for  
awarding degree, Doctor of Technical Sciences,  
(DSc)

**M.Z.Sharipov**

Chairman of scientific council seminar at the scientific council  
for the awarding academic, Doctor of Physics and  
Mathematics Sciences, (DSc) Professor

## **Introduction (author's abstract of Ph.D. thesis)**

### **The aim of the research is:**

Experimental studies of the stress state arising in the soil and protective structures under the action of blast waves, as well as the development of a methodology for the theoretical study of stresses arising in protective structures.

### **Research objectives:**

- development of a calculation method for experimental and theoretical studies of the stress-strain state of the elements of a protective structure in the form of a quadrangle under the action of blast waves;
- development of a calculation method and algorithm for the theoretical study of the dynamic stress-strain state of a protective structure of a cylindrical shape under the action of explosive loads;
- determination of the degree of dependence of damage occurring in protective structures on the parameters as a result of the accumulation of contour stresses by taking into account reflected waves;
- representation of empirical formulas expressing the stress-strain state of an elastic half-space under the action of explosive waves.

### **As an object of study:**

A deformable half-space, a quadrangle-shaped structure installed on it, and a cylindrical shell are assumed.

### **Subject of research:**

consists of the development of a numerical solution algorithm and the development of methods for studying the problems of the influence of blast waves on an established, in a half-space, structure in the form of a quadrangle, the problem of the influence of a blast wave and the development of calculation methods, as well as the development of a numerical solution algorithm taking into account the geometric parameters of the structure, physical and mechanical environment properties.

### **Research methods:**

- Methods for conducting theoretical studies of the mechanics of deformable solids, methods for seismometric measurements of experiments were applied. For the research process, the finite element method (FEM) and methods of mathematical physics were used, expressing the effect of waves on quadrangular and cylindrical shells located in a deformable half-space.

### **Scientific novelty of research:**

- under the action of blast waves, protective structures and half-spaces characterizing their dynamic properties, expressing the effects  $P(t) = P_{\text{нод}}(t) + \sum_{K=1}^N P_{\text{omp}}^{(K)}(t)$ . an empirical formula is presented.

- developed a calculation method and an algorithm for experimental studies of the stress-strain state of protective structures in the form of a quadrangle and a cylinder under the action of explosive loads;

- it has been established that the contour stress reaches its maximum value at the corner points, the accumulation of the contour stress, that is, as a result of the repeated superposition of reflected waves and the formation of cracks due to them;

- it has been established that the accuracy of the results of the processes obtained on the basis of the developed methodology and algorithm, taking into account the explosive load and the superposition of reflected waves, increases by 15% relative to the methodology of N. I. Popov and B. S. Rastorguev.

### **The practical results of the research consists of the following:**

- engineering recommendations are presented, according to empirical formulas, taking into account reflected waves;

- developed methods for calculating the strength under the action of wave loads in the design of protective structures in the form of a quadrangle and a cylinder located in a deformable half-space;

- found the parameters characterizing the dynamic properties of the half-space, taking into account reflected waves, under the action of explosive waves.

**Reliability of research results:**

The reliability of research results is based on mathematical methods that have been tested, on comparison of the results obtained with known experimental results, with analytical and digital solutions previously obtained by other authors.

**Scientific and practical implications of research results:**

The scientific significance of the research results is explained by the creation of effective methods for determining and calculating the dynamic stressed and deformed states of cylindrical and rectangular protective structures under the action of explosive loads.

The practical significance of scientific research lies in the fact that new patterns have been identified that arise under the action of explosive loads, the stress-strain state of protective structures of a rectangular and cylindrical shape, located in a half-space.

**Implementation of research results:**

Based on the results of the calculation methods and the algorithm of the stress-strain state arising during the explosion: when designing buildings and structures for calculating the kinematic parameters of propagated seismic waves, Bukhara LLC “Uzzhamoaloyiha” was used, enterprises of the MChZH “Neftgazelitstroyontazh” (Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan. Reference No. 09–06/11793, 10/17/2022). An increase of 20% in the loop voltage due to the multiple superposition of the primary and reflected waves is taken into account; the methodology and algorithm developed in the dissertation work for calculating the stress-strain state in dangerous sections of a curved pipe, flowing liquid, under the influence of non-stationary loads, were used by the fundamental project within the framework of State scientific and technical program, carried out in 2016-2020 at the Tashkent Institute of Chemical Technology on the topic OT-F4-01 “Development of methods for studying and developing the theory of the nonlinear stress-strain state of a multilayer curvilinear part of a pipe made of a composite material flowing with a viscous liquid, under the action of temperature and dynamic loading” (Reference No. 89–04/3151, 07.12.2021). As a result, it became possible to determine the dangerous section of a curved viscous-elastic pipe by a flowing liquid and prevent the occurrence of a resonant state. When evaluating the stability of cylindrical structures located in a viscous-elastic soil medium under the action of blast waves, it was used in the fundamental project F4-14 "Development of a theory of research and methods for calculating the stress-strain state of a curvilinear underground pipe flowing liquid under the action of external forces", carried out by the Bukhara Engineering -Technological Institute 2012-2016 No. 04/05-86/919, 10. 10. 2021). As a result, it is possible to determine the distribution and estimate at each point during the propagation of unstable waves of the stress-strain state in a cylindrical multilayer composite shell with a liquid.

**Approbation of research results.** The results of the dissertation work were reported and discussed in 3 international and 7 republican scientific and technical conferences.

**Publication of research results.** On the topic of the dissertation, a total of 32 scientific papers were published, including 2 monographs, in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, the publication of the main scientific results of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) 12 articles, including 8 republican and 4 in foreign scientific journals.

**Dissertation structure and volume.** The dissertation work consists of an introduction, three chapters, conclusions and a list of references. The volume of the dissertation is 110 pages of text.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I част; I part)**

1. Сафаров И.И., Ядгаров У., Жўраев Т.О., Жумаев З.Ф. Об установившихся колебаниях трехслойных цилиндрических тел. Узбекский журнал. "Проблемы механики"// Тошкент. –2000.–№ 1.– С. 31-34 (05.00.00 №6).
2. Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О., Жумаев З.Ф. Воздействие плоской продольной упругой волны на выёмки треугольного профиля. Узбекский журнал. "Проблемы механики"// Тошкент. –2000. –№ 3. – С. 53-55 (05.00.00 №6).
3. Сафаров И.И., Ядгаров У., Жўраев Т.О. Численный анализ статической жесткости амортизаторов втулок. Узбекский журнал. "Проблемы механики"// Тошкент. –1999. –№ 1. – С. 42-46 (05.00.00 №6).
4. Жўраев Т.О. Цилиндрические защитные сооружения при воздействии взрывных нагрузок. Узбекский журнал. "Проблемы механики"// Тошкент.–2005.–№ 1.– С. 52-55 (05.00.00 №6).
5. Негматиллаев Б.Н., Жўраев Т.О., Агзамова Д.Э. Воздействие плоской продольной упругой волны на плотину. Ўзбекистон республикаси Фанлар академиясининг маърузалари. Ўзбекистон республикаси ФА. –Тошкент.–1999. – № 8. 11-13 б. (05.00.00 №9).
6. Сафаров И.И., Негматиллаев Б.Н., Жўраев Т.О. О задаче дифракции плоских волн при взаимодействии сооружения с основанием. Ўзбекистон республикаси Фанлар академиясининг маърузалари. Ўзбекистон республикаси ФА. –Тошкент. –1999.–№ 10. 33–36 б. (05.00.00 №9).
7. Жумаев З.Ф., Негматиллаев Б.Н., Жўраев Т.О. О расчетах защитных сооружений на действие взрывных нагрузок. Ўзбекистон республикаси Фанлар академиясининг маърузалари. Ўзбекистон республикаси ФА. – Тошкент. –2000. –№ 1. 33-37 б. (05.00.00 №9).
8. Сафаров И.И., Носирова Ш.Н., Жўраев Т.О. Динамические напряжения вблизи поверхности выработки от плоской волны Ўзбекистон Кончилик хабарномаси.–Навоий. –2012. –№ 2 (49). 49-51 б. (05.00.00, №7).
9. Сафаров И.И., Жўраев Т.О., Носирова Ш.Н. Экспериментальные исследования колебания защитных сооружений. Ўзбекистон Кончилик хабарномаси.–Навоий. –2006. –№3. 72-75 б. (05.00.00, №7).
10. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О., Жумаев З.Ф., Носирова Ш.Н. Воздействие гармонических волн на цилиндрические сосуды большой протяженности, содиржаўие жидкость. Ўзбекистон Кончилик хабарномаси. –Навоий. –2006. – №4 (27). 68-70 б. (05.00.00, №7).
11. Akhmedov M. Sh., Juraev T. O., Kulmuratov N. R. On the action of a moving pressure wave on a viscoelastic cylindrical shell interacting with an ideal liquid. International Scientific Journal **Theoretical & Applied Science** p-ISSN: 2308–4944 (print) e-ISSN: 2409–0085 (online) **Year: 2021 Issue: 05 Volume: 97 Published: 15.05.2021** <http://T-Science.org> DOI: 10.15863/TAS (IF=0.35).



12. Juraev T.O., Kurbonov A.M. On The Construction With Base Under Dynamic Loads. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology.– 2015.Vol. 2 Issue 6, June.–С. 287-288 (IF=2.27).

### **II бўлим (II часть; II part)**

1. Safarov I.I., Tashaev M.X., Marasulov A., Jurayev T.O., Raxmonov B.S., Vibrations of Cylindrical Shell Structures Filled With Layered Viscoelastic Material. E3S Web of Conferences 264, 01027 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20212640102>, CONMECHYDRO –2021.
2. Umarov A.O., Jurayev U.Sh., Khamidov F.F., Kalandarov N. Seismic vibrations of spherical bodies in a viscoelastic deformable medium. Part 2 International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS–2021), June 10-11, 2021 in Tashkent, Uzbekistan.
3. Жумаев З.Ф., Эргашев Ш., Жўраев Т.О. О собственных колебаниях подземный в грунтовых массивах. Уз РО ва УМТВ Олий уқув юртлари ахбороти техника фанлари. – Тошкент. – 2000. –№2. 30-32 б.
4. Жўраев Т.О. “Колебания деформируемого полупространства с защитными сооружениями при действии взрывных нагрузок”, ISBN 978–9943–54–27–7–8 “Бухоро вилояти босмахонаси” МЧЖ нашриёти. – 2018. -128 б.
5. Жўраев Т.О. “Нестационарные колебания деформируемого полупространства при воздействии взрывных нагрузок”. “Фан ва технология” нашриёти. ISBN 978–9943–4268–2–5 . – Тошкент. -112 б.
6. Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О., Дускараев Н.А., Умидова У. About the impact of accidental non – stationary loads on the construction structure. Suv va yer resurslari” ISSN 2181–0591. –Бухоро. – 2021. –№3(10). 32-34 б.
7. Жўраев Т.О., Дускараев А.Н., Умидова У.Х. Экспериментальные методы исследования распространения волн в полупространстве. Suv va yer resurslari” ISSN 2181–0591 4(11) 2021 Бухоро. 36-40 б.
8. Сафаров И.И., Дускараев Н., Ахмедов Ш.Р., Т.О.Жўраев. О воздействии случайной нестационарной нагрузки на строительные конструкции. Suv va yer resurslari” ISSN 2181–0591–Бухоро. –2021. –№ 2(9). 36-41 б.
9. Жўраев Т.О., Дускараев Н.А., About the impact of accidental non-stationary loads on the construction structure. Science Poland POLISH SCIENCE JOURNAL INTERNATIONAL SCIENCE JOURNAL. – Warsaw. –2021.– № 11 (44).–С. 9-12
10. Дускараев Н., Жўраев Т.О., Абдийхамидов Ж. Оценки напряженно–деформированного состояния подземных трубопроводов методами конечных элементов. Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси. – Хива. –№2. – 2020. 70-72 б.
11. Жўраев Т.О., Ахмедов Ш.Р., Рахмонов Д. Об оценки напряженно–деформированного состояния подземных трубопроводов в процессе эксплуатации. Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси. – Хива. – 2020. – № 2/1. 72-74 б.



12. Жўраев Т.О., Абдийхамидов Ж. Влияние внутренних и наружных давлений на энергию радиальных деформаций трубопровода. Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси. – Хива. – 2020. – №3/1. 93-94 б.
13. Жўраев Т.О., Дускараев А.Н., Музаффарова М. Влияние кривизны трубопровода на энергию деформаций. Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси – Хива. – 2020. – №3/1. 95-97 б.
14. Жўраев Т.О., Ахмедов Ш.Р., Турсунов Н. Способы описания конфигурации трубопровода и построения конечно-элементной сетки. Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси– Хива. – 2020. – №3/1. 98-100 б.
15. Дускараев А.Н., Жўраев Т.О., Набиева О.У. Воздействие упругих волн на тела различных очертаний, находящихся в деформируемой среде. ISSN 2311-2158 Nhe Way of Science International scientific iournal № 12 (70), 2019, Vol. II Founder and publisher: Publishing House “Scientific survey” The journal is faunded in 2014 (March). – Volgograd. – 2019. – № 12 (70). – С.14-16
16. Дускараев А.Н., Жўраев Т.О., Тошпулатов Р.И., Алламов Н.М. Решение и построение геометрических аналитических задач. ISSN 2311-2158 Nhe Way of Science International scientific iournal № 12 (70), 2019, Vol. II Founder and publisher: Publishing House “Scientific survey” The journal is faunded in 2014 (March). – Volgograd. – 2019. – № 12 (70). – С.17-19
17. Жўраев Т.О., Дускараев А.Н.. Воздействие нагрузки на упругую круговую контактную полость. Suv va yer resurslari” ISSN 2181–0591 1(1). 2019 Vuxoro. 41-45 б.
18. Дускараев Н., Жўраев Т.О. Деформацияланувчи мухитга эластик тўлқинларнинг таъсири. Suv va yer resurslari” ISSN 2181-0591. – Vuxoro. – 2019. – №1(1). 27-31 б.
19. Дускараев Н., Жўраев Т.О. Определение давление грунта на трубы методам конечных элементов. Suv va yer resurslari” ISSN 2181–0591.– Vuxoro. –2019. – №3(3). 32-36 б.
20. Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О. Решение плоской динамической задачи теории упругости методом конечных элементов (МКЭ). Suv va yer resurslari” ISSN2181-0591. – Vuxoro. –2019. – №3(3). 27-32 б.
21. Н.Дускараев, Т.О.Жўраев, А.Н.Дускараев, Г.А.Абдуллаева, С.Даминова. О воздействии нормаль ной нагрузки на плоскости. ISSN 2311-2158 Nhe Way of Science International scientific iournal № 12 (58), 2018, Vol. II Founder and publisher: Publishing House “Scientific survey” The journal is faunded in 2014 (March). –Volgograd. – 2018. –С.8-9.
22. Жўраев Т.О., Сапоев А.Р., Уралов Р.Н. «Методы решения задачи воздействия упругих волн на тела различных очертаний, находящихся в деформируемой среде». The Way ofscienct. International scientific jurnal. –2018. – № 11 (57). – С.24-26.
23. Жўраев Т.О. “Воздействие сейсмических волн на сооружения в деформируемой среде. Журнал “Молодой ученый”. – 2014. –№10 (69). – С.144-147

24. Жўраев Т.О., Муродов М.А., Хасанова Ш.Ю. “О работе конструкции с основанием под действием динамических нагрузок”. Журнал “Молодой ученый”. – 2015. – №5 (85). – С.143-145
25. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О. Воздействия упругих волн на деформируемую среду. *Suv va yer resurslari*. – 2019. – №1. 26-31 б.
26. Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О. Экспериментальные методы исследования распространения волн в полупространстве. Материалы Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XV – ой Международной научно-практической конференции. – Курск. – 2020. – С.31-33.
27. Сафаров И.И., Ахмедов Ш.Х., Жўраев Т.О., Эргашев Ш. Динамическое напряженно–деформированное состояние пространственных подземных сооружений в массиве сложного строения при сейсмических воздействиях. – Санкт – Петербург. – Россия. – 2000. –С. 92-93.
28. Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О., Тухтаева Г.П. Қувур конфигурациясини тарифлаш ва чекли элементлар сеткасини куриш услублари. *Toshkent kimyo – texnologiya instituti. Tabiiy fanlarni fundamental va amaliy muammolari. Respublika ilmiy – amaliy konferensiyasi materiallari*. 23 – oktyabr, 2019 yil. – Toshkent. – 2019. 284-288 б.
29. Ахмедов Ш.Р., Тухтаева Х.Т., Жўраев Т.О. Эксплуатация жараёнида ер остида жойлашган қувурларнинг деформацияланганлик–кучланганлик ҳолатини баҳолаш ҳақида. *Toshkent kimyo–texnologiya instituti. Tabiiy fanlarni fundamental va amaliy muammolari. Respublika ilmiy–amaliy konferensiyasi materiallari*. 23–oktyabr, 2019 yil. – Toshkent. –2019. 288-291 б.
30. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О., Уринов Ж.Р., Содиков М.А. Ер остида жойлашган қувурларнинг деформацияланганлик–кучланганлик ҳолатини чекли элементлар усулида баҳолаш. *Toshkent kimyo–texnologiya instituti. Tabiiy fanlarni fundamental va amaliy muammolari. Respublika ilmiy–amaliy konferensiyasi materiallari*. 23–oktyabr, 2019 yil. –Toshkent. – 2019. 152-154 б.
31. Жўраев Т.О., Ахмедов Ш.Р., Рустамов Э.И. Влияние кривизны трубопровод на энергию деформации. *Toshkent kimyo–texnologiya instituti. Tabiiy fanlarni fundamental va amaliy muammolari. Respublika ilmiy–amaliy konferensiyasi materiallari*. 23–oktyabr, 2019 yil. – Toshkent. – 2019. 164-167 б.
32. Жўраев Т.О., Ахмедов Ш.Р., Шодиев З.О., Дускараев А.Н. Влияние внутренних и наружных давлений на энергию радиальных деформаций трубопровода. *Toshkent kimyo–texnologiya instituti. Tabiiy fanlarni fundamental va amaliy muammolari. Respublika ilmiy–amaliy konferensiyasi materiallari*. 23–oktyabr, 2019 yil. – Toshkent. -2019. 161-163 б.
33. Сафаров И.И., Жўраев Т.О., Исматов Х.Б. Экспериментальный метод определения скорости распространения волны в полупространстве. *Механиканинг замонавий муаммолари ва келажаги халқаро илмий–техника конференцияси 17-18/ 05 2006*. – Тошкент. – 2006. 376-378 б.
34. Сафаров И.И., Жўраев Т.О., Кенжаева М. Экспериментальные исследования колебания защитных сооружений. *Механиканинг замонавий муаммолари ва*

- келажгаи халқаро Илмий–техника конференцияси 17-18/ 05 2006. – Тошкент. – 2006. 374-376 б.
35. Джўраев Т.О. Колебания прямоугольного сооружения при воздействии импульсных нагрузок. Механика и строительство замонавий муаммолари ва келажгаи халқаро илмий–техника конференцияси 17-18/ 05 2006 Тошкент-2006 й. 260-262 б.
36. Дускараев Н.А., Жўраев Т.О. Переходные процессы в исполнительных механизмах и оптимизация их по времени. IX Международная научно–практическая конференция Современные технологии в машиностроении. Сборник статей. –Пенза. – 2005. –С. 118-120
37. Ахмедов Ш.Р., Дускараев Н.А., Жўраев Т.О., Фазлиев Ж.О. Динамической устойчивости многослойных композитных трубопроводов. “Suv va yer resurslaridan oqilona foydalanish samaradorligini oshirish” mavzusidagi respublika ilmiy-nazariy anjumani. 22–25-noyabr 2019 yil. –Buxoro. –2019. 172-174 б.
38. Сафаров И.И., Ахмедов Ш.Р., Жўраев Т.О., Дускараев А.Н. Классификация упругих линейных пластин. “Suv va yer resurslaridan oqilona foydalanish samaradorligini oshirish” mavzusidagi respublika ilmiy-nazariy anjumani 22–25-noyabr. –Buxoro. –2019. 174-177 б.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари  
-----таҳририят нашриёт  
бўлимида таҳрирдан ўтказилди.