

**ШАРОФ РАШИДОВ НОМИДАГИ САМАРҚАНД ДАВЛАТ  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР  
БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ШАРОФ РАШИДОВ НОМИДАГИ САМАРҚАНД ДАВЛАТ  
УНИВЕРСИТЕТИ**

**ОМОНОВ ШЕРЗОД БАХТИЁР ЎҒЛИ**

**ВЕРТИКАЛ ШАХТА АТРОФИДАГИ ТОҒ ЖИНСЛАРИ ТУРҒУНЛИГИ  
ВА УНИ МУСТАҲКАМЛАШ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ**

**01.02.03 – Грунтлар ва тоғ жинслари механикаси**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Самарқанд – 2022**

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

**Оглавление автореферата диссертации  
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD) on  
technical sciences**

**Омонов Шерзод Бахтиёр ўғли**

Вертикал шахта атрофидаги тоғ жинслари турғунлиги ва уни мустаҳкамлаш  
математик модели ..... 3

**Омонов Шерзод Бахтиёр угли**

Устойчивость горных пород вмещающих вертикальную шахту и  
математическая модель ее крепи ..... 21

**Omonov Sherzod Bakhtiyor ugli**

Stability of rocks containing a vertical shaft and a mathematical model of its  
support ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**ШАРОФ РАШИДОВ НОМИДАГИ САМАРҚАНД ДАВЛАТ  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР  
БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.ФМ/Т.02.09 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ШАРОФ РАШИДОВ НОМИДАГИ САМАРҚАНД ДАВЛАТ  
УНИВЕРСИТЕТИ**

**ОМОНОВ ШЕРЗОД БАХТИЁР ЎҒЛИ**

**ВЕРТИКАЛ ШАХТА АТРОФИДАГИ ТОҒ ЖИНСЛАРИ ТУРҒУНЛИГИ  
ВА УНИ МУСТАҲКАМЛАШ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ**

**01.02.03 – Грунтлар ва тоғ жинслари механикаси**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Самарқанд – 2022**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/Г2176 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университетида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.samdu.uz](http://www.samdu.uz)) ва «Ziyounet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	<b>Халмурадov Рустам Ибрагимович</b> техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	<b>Ишанходжаев Абдурахмон Асемович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Якубов Муқимжон Мухторович</b> техника фанлари номзоди, доцент
Етакчи ташкилот:	<b>Наманган муҳандислик-қурилиш институти</b>

Диссертация ҳимояси Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc03/30.12.2019.FM/T.02.09 рақамли илмий кенгашнинг 2022 йил «12» октябр куни соат 15:00 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: Университет хибони, 15. Тел./факс: (66) 239 11 40, e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация билан Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (94 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хибони, 15. Тел.: (8366) 239-11-40; Факс: (99866)239-12-47.

Диссертация автореферати 2022 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2022 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).



**А.Б.Ахмедов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
техника фанлари доктори, профессор

**К.Саибеков**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
техника фанлари номзоди, доцент

**Х.Худойназаров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,  
техника фанлари доктори, профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жахонда тоғ-кон саноатида горизонтал, вертикал ва диагонал ётиқ жойлашган қазилмалардан фойдаланиш кўламларини кенгайтириш, қазилма массивини мустаҳкамлашда конструкция ресурсларни тежаш ҳамда мустаҳкамламанинг қазилма учун самарадорлигини аниқлаш асосида сарф материалларни тежаш, тоғ жинслари ҳолатини баҳолаш ҳамда ундан оқилона фойдаланиш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда «...тоғ ишланмаларини анкерлар билан мустаҳкамлаш ишлари йиллик ҳажми тоғ ишланмасини ўтказиш умумий ҳажмининг 75% ни ташкил этади. Баъзи шахталарда эса бу ҳажимлар 90% гача етади...»<sup>1</sup>. Бу борада, жумладан вертикал қазилмаларни лойиҳалаштириш усулларини такомиллаштириш ва тоғ жинслари механикасини компьютер технологиялари ёрдамида ривожлантиришда конструктив элементларнинг кучланган-деформацияланган ҳолатини (КДХ) ўрганиш, бириктирувчи асосларни мустаҳкамлигини таъминлаш муаммоларини тизимлаштириш, шунингдек турли жинсларнинг динамик таъсирларини ўрганиш самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жахонда нефт, газ, рангли металллар, минераллар ва бошқа шу каби фойдали қазилмалар мавжуд бўлган жойларни аниқлаш, рангли металллар, темир, кўмир ва бошқа конларни топиш ва уларнинг самарадорлигини ошириш ҳамда мустаҳкамлама конструкциясини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, бошқаларга нисбатан, қазилма деворларини сочмабетонлаш тадқиқотлари устувор ҳисобланади. Чунки «...сочмабетонни қўллаш мустаҳкамлагич конструкциясининг универсаллиги ҳамда маҳкамлаш жараёнининг юқори даражада механизациялашгани билан аниқланади. Бунда шахта ва рудникларни қуриш муддатлари қисқаради, меҳнат унумдорлиги ошади ва сарф-харажатлар камаяди...»<sup>2</sup> Шу билан бирга, таянч конструкцияларнинг ишончилигини ва мустаҳкамлигини таъминлаш бўйича мавжуд математик моделлар ва усулларни такомиллаштириш ва янги математик моделларни яратиш, хусусан, анкерларни ўрнатиш янги технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич самарадорлигини аниқлаш усуллари долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда фойдали қазилма конларини қидириб топиш ва эксплуатация қилиш бўйича ишлар ҳажмини кенгайтириш билан бир қаторда турли тоғ-кон ва геологик шароитларда тоғ-кон қазилмаларининг турғунлигини баҳолаш усулларини ишлаб чиқишга, турли статик ва динамик кучлар таъсиридаги тоғ жинслари ҳолатидаги ўзгаришларнинг илмий асосланган прогнозларини амалга оширишга; тоғ босими, гравитацион ва сейсмик кучлар таъсирида қазилма деворларининг ва турли кўндаланг кесимли шахта деворларининг таянчлари деформацияларини ҳисоблаш учун

<sup>1</sup><https://science.kuzstu.ru/wp-content/docs/OAD/Soresearchers/2020/tss/Dissertation.pdf>

<sup>2</sup>И.Ю.Заславский, А.В.Быков, В.Ф.Компанец Набрызгбетонная крепь-Москва «Недра»,1986. Стр.3

математик моделлар яратиш амалиётга кенг тадбиқ этиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021-йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... ишлаб чиқаришни модернизациялаш, техник ва технологик янгилаш, ишлаб чиқариш ..., ... иқтисодий ва самарали замонавий технологияларни босқичма-босқич жорий этиш ...»<sup>3</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, конструкцияларнинг юк кўтариш қобилиятини оширишда, конструкция элементларининг деформация жараёнларини тавсифловчи такомиллашган математик моделларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги Янги Ўзбекистоннинг 2022-2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегияси тўғрисидаги фармони ҳамда 2019 йил 18 ноябрдаги ПҚ-4522-сонли «Нефть ва газ геология-қидирув ишларини ташкил этиш ва олиб бориш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»<sup>4</sup>ги ПҚ-3682-сонли «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий амалга ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг IV. «Математика, механика ва информатика» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Тоғ-кон қазилмаларни қазиб олиш ишларида энг катта моддий ресурслар ва ер ости иншоотлари, шахталар ва тунеллар қуриш, шунингдек, мураккаб ва кўп вақт сарф бўладиган кон қазилмаларини мустаҳкамлаш самарадорлигини ошириш каби масалаларни ҳал қилишда бир қатор таниқли хорижий олимлар катта ҳисса қўшганлар, жумладан Ю.З.Заславский, К.В. Руппенейт, Л.В.Ершов ва В.А.Максимов, Ж.С.Ержанов, Н.С.Буличев, Х.И. Абрамсон, В.Т.Глушко, Н.Н.Долинина, И.М.Розовский, Э.В. Каспарьян, Н.П.Ерофеев, К.Тerezawa, ва бошқалар.

Ер ости иншоотларини мустаҳкамлаш самарадорлигини ошириш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга Ўзбекистоннинг таниқли олимларининг ҳам қатор илмий ишлари бағишланган. Булардан: А.А.Ишанходжаев, А.З.Хасанов, Ҳ.З.Расулов, К.С.Султонов, М.Мирсаидов ва бошқаларни кўрсатиш мумкин. Улар олиб борган илмий тадқиқотлар натижасида грунтлар ва тоғ жинслари механикасининг амалиётда қўллаш мумкин бўлган масалаларини ечишда салмоқли натижаларга эришилди.

Шу билан бирга, қазилмалар турғунлигини баҳолаш усулларининг етарли даражада ишлаб чиқилмаганлиги, қазилмаларни мустаҳкамлаш турларини

---

<sup>3</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

танлашда, баъзан етарлича асосланмаган ёки мутлақо асоссиз лойиҳа қарорларини қўллашга олиб келади. Бу эса, ўз навбатида, қазилмаларни қовлаш вақтида катта моддий ресурслар ва вақт сарфланишига олиб келади. Бу омиллар турли тоғ-геологик шароитларида ҳар хил статик ва динамик юкламалар таъсири остидаги қазилмалар ҳолати ўзгаришларини илмий асосланганлигини, олдиндан аниқлаш усулларини ишлаб чиқишнинг долзарблиги ва зарурлигини кўрсатади.

Юқорида келтирилган факторларни ҳисобга олганда шуни таъкидлаш мумкинки, мавжуд натижаларга қарамай, тоғ жинслари массивининг турғунлигини баҳолаш ва прогноз қилиш, шунингдек турли хил тоғ-геологик шароитларда анкер сочмабетон мустаҳкамлагичларнинг параметрларини ҳисоблаш вазифалари тўла ҳал қилинмаган ва мустаҳкамлама параметрларини оптималлаштириш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари Самарқанд давлат университети илмий тадқиқот ишлари режасининг «Деформацияланувчи муҳит билан ўзаро таъсирлашувчи дискрет-узлуксиз системалар устиворлиги ва тебранишларини тадқиқ қилиш» (2010-2025) мавзудаги тадқиқот ишлари доирасида бажарилган.

**Тадқиқот мақсади** қазилма атрофи тоғ жинслари турғунлигини баҳолаш ва олдиндан аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш; чуқурлик бўйича тоғ босими ўзгаришларини ҳисобга олган ҳолда вертикал қазилма деворлари учун комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблашнинг математик моделини яратиш; олинган натижаларни Ўзбекистон тоғ-кон геологик шароитларида қовланадиган вертикал қазилмалар деворларини мустаҳкамлашда қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

#### **Тадқиқот вазифалари:**

чуқур цилиндрик бўшлиқ билан заифлашган ярим фазо деформацияси ҳақидаги уч ўлчамли масаланинг қўйилишидан келиб чиқиб, доиравий кўндаланг кесимли вертикал шахта атрофи тоғ жинслари массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати (КДХ) ҳақидаги масалани ечиш;

деворлари маҳкамланмаган ёки турли усуллар билан маҳкамланган вертикал шахтали ярим фазо деформацияси бўйича янги амалий масалаларни шакллантириш ҳамда эластик деформацияланувчи қўшилиш билан мустаҳкамланган қазилмали ярим фазо деформацияси ҳақидаги ва мустаҳкамланмаган сиртли қазилмали қатламнинг кучланган-деформацияланган ҳолати ҳақидаги масалаларни ечиш;

вертикал қазилма деворларида анкер-сочмабетон мустаҳкамламаси параметрларини ҳисоблаш ва янги усулларини ишлаб чиқиш; анкер узунлиги, анкер қулф қисми узунлиги, кўндаланг кесимлари доиравий ва тўртбурчак бўлган қазилма учун анкерларни ўрнатиш зичлиги ва қадамини аниқлаш алгоритмлари ва ҳисоблаш формулаларини ишлаб чиқиш;

вертикал шахта деворларининг анкер-сочмабетонли мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблаш ва оптималлаштиришнинг математик моделини

яратиш. Ҳисоблашларни шахсий электрон ҳисоблаш машиналарида амалга оширувчи алгоритм яратиш;

табiiй шароитларда тоғ жинслари массивида анкер-сочмабетонли мустаҳкамламалардан фойдаланиш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқиш. Вертикал шахта деворларини мустаҳкамлаш параметрларини амалий ҳисоблаш ва оптималлаштириш бўйича мисоллар ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот объекти** вертикал қазилма деворлари учун комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлама.

**Тадқиқотнинг предмети** қазилмани ўз ичига олган тоғ жинслари массивининг кучланган-деформацияланган ҳолатини таҳлил қилиш, шунингдек, разведка, асосий ёки тозалаш вертикал қазилмалари учун комбинацияланган анкер-сочмабетонли мустаҳкамламани ҳисоблаш математик моделини яратиш масалалари.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқот жараёнида эластиклик назарияси текис масаласини ечиш усули, Фурье интеграл алмаштиришлар усули, тоғ механикаси ҳамда математик физика усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

кичик вертикал шахта деворларининг анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичи физик-механик параметрларини оптималлаштириш ҳисобига, унинг тоғ босимига қаршилик кўрсатиш самарадорлигини оширувчи математик модель яратилган;

доиравий кўндаланг кесимли вертикал шахтани ўраб турувчи массивнинг, тоғ босимининг чуқурлик бўйича ошиб бориши ҳисобига юзага келувчи, хавфли кучланган-деформацияланган ҳолатининг олдини олиш алгоритми ишлаб чиқилган;

қазилма деворлари мустаҳкамлигини таъминлаш бўйича анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини, тоғ жинсларининг қатламланиш бурчаги ва тоғ босими таъсирларини ҳисобга олувчи формулалар воситасида, аниқлаш асосланган;

қазилма деворидан 0,6-0,7 метр масофадаги жинслар массивида табiiй кучланган-деформацияланган ҳолат юз бериши ва мос равишда ўпирилган жинслар зонаси радиуси қаралаётган кесим чуқурлигига боғлиқсиз равишда, қазилма сиртидан 0,5 - 0,6 метрдан ошмаслиги аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

вертикал тоғ қазилмалари деворларини анкер-сочмабетон билан мустаҳкамлаш конструкцияси унинг физик-механик параметрларининг энг қулай катталикларини топиш орқали оптималлаштирилган;

вертикал шахталар учун мустаҳкамлагич параметрларини тоғ босими ва массив жинсларининг қатламланиш бурчаги ўзгаришларини ҳисобга олган ҳолда аниқлаш тавсия этилган ва анкер узунлиги ва сочмабетон қалинлигини ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

анкер-сочмабетон мустаҳкамлагични қўллаш воситасида кичик вертикал шахталар деворларини мустаҳкамлашнинг арзон ва самарадор технологияси яратилган;

анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичнинг оптималлаштирилган конструкциялари Ўзбекистон тоғ-геологик шароитларида кичик вертикал тоғ қазилмалари деворларини мустаҳкамлаш жараёнига қўллаш учун яроқли эканлиги асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Диссертация ишида келтирилган асосий илмий натижалар тоғ қазилмаларини моделлаштирувчи масалаларга аниқ математик усулларни қўллаш ва ривожлантириш натижасида олинган. Таклиф этилаётган ҳолат тенгламалари ва уларнинг аналитик ва сонли ечимларининг ишончлилигини тизимли текшириш, бошқа шунга ўхшаш тадқиқотлар натижалари билан таққослашлар ва хусусан, анкер ва сочмабетон мустаҳкамламалари алоҳида-алоҳида қўлланилган ҳолатлар учун яроқлилиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти вертикал шахталар учун анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини тоғ босими ва массив жинсларининг қатламланиш бурчаги ўзгаришларини ҳисобга олган ҳолда оптималлаштирилгани ер ости иншоотлари ҳисоби назарияси ва амалиёти ривожига қўшган ҳиссаси билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти анкер-сочмабетон мустаҳкамлагични қўллаш воситасида кичик вертикал шахталар деворларини мустаҳкамлашнинг арзон ва самарадор технологияси яратилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларнинг жорий қилиниши.** Вертикал тоғ қазилмаси деворининг анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичи устиворлиги ва иқтисодий самарадорлигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

чуқур котлованлар атрофидаги грунтлар массивидаги кучланиш компоненталарини ҳисоблаш формулаларидан фойдаланиб бузилган структуралар ва ўпирилишлар зоналари ўлчамларини аниқлаш “Қишлоққурилишлойиҳа” МЧЖда (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2022 йил 11 январдаги 09-06/285-сон маълумотномаси) амалга оширилди. Натижада мустаҳкамлама конструкцияси оғирлигини 3% га камайтириш ва сарф материалларини 4-5% тежаш имконини берган;

ўпирилишлар зонаси ўлчамларини аниқлаш, ўпирилишлар олдини олиш учун қазилма деворига қалинлиги 2-3см гача бўлган сочмабетон мустаҳкамлагич қўллаш "Геофундаментпроект" МЧЖда (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2022 йил 11 январдаги 09-06/285-сон маълумотномаси) амалиётга жорий етилди. Натижада бу мустаҳкамлама конструкциясининг юк кўтариш қобилияти 4-5% га ошишига ва қазилма деворларини мустаҳкамлаш учун сарфланадиган материалларни 5% гача тежаш имконини берган;

массивнинг турғунлик шартлари асосида кучланишлар майдони ҳисоби, грунтлар бузилган структураси зонаси радиусининг статик ва динамик юклар таъсири ҳисобга олинган ҳисобий қийматлари ҳамда қазилма деворларининг ўпирилган зоналарини қоплаш учун сочмабетонни мустаҳкамлагич конструкцияси билан бирга қўллаш "UniverProStile" МЧЖда амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2022 йил 11 январдаги 09-06/285-сон маълумотномаси). Натижада сарф материаллари 9-11% тежалган, мустаҳкамлаш конструкцияси оғирлиги 14% га камайган ва юк кўтариш қобилиятининг ошишига 10-12% ни ташкил этган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг натижалари 3 та ҳалқаро ва 1 та республика илмий-техник анжуманларида, Самарқанд давлат университети, Самарқанд давлат архитектура-қурилиш ҳамда Навоий давлат кончилик институтлари қошидаги илмий семинарларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 9 та илмий мақола, шу жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан фалсафа фанлари доктори (PhD) диссертациясининг асосий илмий натижаларини эълон қилиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, шу жумладан 4 та республика ва 1 та хорижий нашрларда чоп этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса ва адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 112 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Диссертация ишининг кириш қисмида** тадқиқот мавзусининг долзарблиги ва зарурати тўғрисида маълумотлар келтирилган, ишнинг мақсади, ҳал қилиниши керак бўлган асосий муаммолар баён қилинган, ҳимояга олиб чиқиладиган асосий илмий янгиликлари тавсифланган ва санаб ўтилган. Ишда олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, диссертация натижалари маъруза қилинган конференция ва семинарлар сони ва даражалари келтирилган, ишнинг тузилиши ва ҳажми баён этилган.

Диссертациянинг **биринчи боби** вертикал қазилмани ўз ичига олган жинслар массивининг турғунлиги муаммосининг ҳозирги замон ҳолати ва тоғ жинслари турғунлигини олдиндан аниқлаш ҳамда баҳолаш масалаларини ўрганишга бағишланган; қазилмаларни қовлашда турли тоғ-геологик шароитларда анкер ва сочмабетон мустаҳкамламалардан фойдаланиш муаммолари кўрилган.

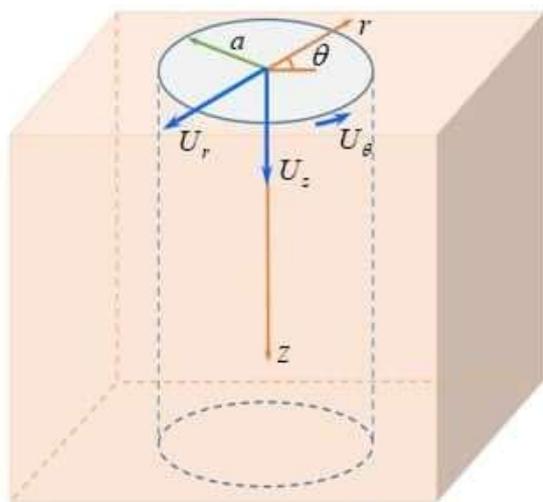
**Биринчи параграфда** тоғ жинслари турғунлигини баҳолашнинг замонавий усуллари ва қазилма деворининг анкер ва сочмабетон мустаҳкамламаларини ҳисоблаш бўйича кўплаб илмий нашрларни ўрганиш натижасида диссертация иши доирасида амалга ошириладиган тадқиқотларнинг асосий йўналишлари белгиланган. Жинслар массиви қазилмаларининг турғунлиги

муаммосини назарий жиҳатдан ўрганиш, жинслар массивини узлуксиз муҳит деб ҳисоблаб, эластиклик ва пластиклик назариялари усулларига асосланади. Бундай тадқиқотлар ушбу муаммони ўрганишнинг умумий ҳажмида муҳим ўрин эгаллайди. Тадқиқотларнинг ушбу йўналиши ривожланишига А.Н. Динник, К.В.Руппенейт, Ж.С. Ержанов, А.Н. Гузь, В.Т.Глушко, Э.В. Каспарьян, К.Тerezawa, А. Лабасс ва бошқалар катта ҳисса қўшишган.

Сочмабетоннинг юқори техник-иқтисодий характеристикалари ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишга, турли конструкцияларни, технологияларни яратишга ва сочмабетон билан маҳкамлашни механизациялашга олиб келдики, уларга кўплаб тадқиқотлар бағишланган. Сочмабетон билан маҳкамланадиган соҳани опалубкасиз бетонлаш усулларини ишлаб чиқишга Ш.М. Айтиалиев ва Ж.С.Ержанов, А.М. Козелл, Е.В. Стрельцов, М.А. Льв, Э.В. Казакевич, В.С. Воронин, В.А. Борисовец, Ю.С.Фролов, И.Ю. Заславский, В.Г. Коган, А.В. Быков ва бошқалар катта ҳисса қўшишган. Илмий адабиётлар натижаларини сарҳисоб қилиб, тоғ жинсларининг турғунлигини баҳолашнинг мавжуд усулларини таҳлил қилиб, анкер ва сочмабетон мустаҳкамламаларнинг параметрларини ҳисоблаш бўйича тегишли хулосалар чиқарилган.

**Иккинчи параграфда** кўндаланг кесими доиравий вертикал қазилма атрофидаги жинслар массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати муаммоси қаралган. Бунинг учун чуқур цилиндрик бўшлиқ билан кучсизлантирилган ярим фазо деформацияси ҳақидаги масаланинг аниқ уч ўлчовли қўйилишидан фойдаланилган. Бунда ярим фазонинг кучланган-деформацияланган ҳолати (КДХ), уч ўлчовли жисм сифатида, эластиклик чизиқли назариясининг асосий талабларига бўйсунди ва бу назариянинг тегишли тенгламалари ва муносабатлари билан тавсифланади деб ҳисобланади.

Қўйилган масалани ечиш учун, ишланма атрофидаги фазони  $(r, \theta, z)$  цилиндрик координаталар ситемасига нисбатлаймиз. Бу координат системасининг боши массивнинг юзасида жойлашган,  $z$  ўқи эса қазилма ўқи



1-Расм. Вертикал қазилма атрофидаги тоғ жинслари массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати

билан устма уст тушади ва пастга йўналган деб ҳисоблаймиз. (1-расм). Тоғ жинслари массиви нуқталарининг  $r, \theta, z$  ўқлари бўйлаб кўчишларини мос равишда  $U_r, U_\theta, U_z$  лар билан деформация тензори компоненталарини  $\varepsilon_{rr}, \varepsilon_{\theta\theta}, \varepsilon_{zz}, \varepsilon_{rz}, \varepsilon_{r\theta}, \varepsilon_{\theta z}$ —лар билан, кучланиш тензори компоненталари  $\sigma_{rr}, \sigma_{\theta\theta}, \sigma_{zz}, \sigma_{rz}, \sigma_{r\theta}, \sigma_{\theta z}$  лар орқали белгиланган.

Масаладаги кучланишлар тензори ва кўчиш векторининг барча компоненталарини топиш учун эластик

мувозанатнинг ҳажмий кучлар ҳисобга олинмаган уч ўлчовли тенгламаларини интеграллаш зарур

$$\sigma_{ij,j} = 0, \quad (i, j = r, \theta, z). \quad (1)$$

Бу тенгламаларнинг турли шаклларида бири бўлган Ламэ шаклидаги статика тенгламаларини танлаймиз.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} - \frac{2\mu}{\lambda + 2\mu} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \omega_z}{\partial \theta} - \frac{\partial \omega_\theta}{\partial z} \right) &= 0, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta} - \frac{2\mu r}{\lambda + 2\mu} \left( \frac{\partial \omega_r}{\partial z} - \frac{\partial \omega_z}{\partial r} \right) &= 0, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} - \frac{2\mu}{r(\lambda + 2\mu)} \left( \frac{\partial(r\omega_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial \omega_z}{\partial \theta} \right) &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

бу ерда

$$\omega_r = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} \frac{\partial U_z}{\partial \theta} - \frac{\partial U_\theta}{\partial z} \right); \quad \omega_\theta = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial U_r}{\partial z} - \frac{\partial U_z}{\partial r} \right); \quad \omega_z = \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial(rU_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial U_r}{\partial \theta} \right];$$

$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$ ;  $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$  – Ламэ коэффициентлари;  $E$  – эластиклик модули;

$\varepsilon = \varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\theta\theta} + \varepsilon_{zz}$  – ҳажмий деформация.

Кўриб чиқилаётган масалада ўрганилаётган жинслар массивини фақат сиқилишга ишлайди деб ҳисоблаш табиий. Ушбу мулоҳазаларга асосланиб, масалани ҳал қилиш учун кучланиш функциялари киритилган:

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = -\frac{\mu r}{1-\nu} \omega; \quad \frac{\partial \phi}{\partial r} = -\frac{r(\lambda + 2\mu)}{2(1-\nu)} \varepsilon, \quad \phi = \psi + r \frac{\partial \phi}{\partial r},$$

бу ерда  $\phi(r, z) = \phi - r$  ва  $z$  ўзгарувчиларнинг функцияси;  $\psi = \psi(r, z) - r$  ва  $z$  координаталарнинг  $\nabla^2 \psi = 0$  – дифференциал тенгламани қаноатлантирувчи функцияси. Қуйида кучланиш ва деформация тензорларининг нолга тенг бўлмаган компонентлари кучланиш функциялари орқали ифодаланади. Масалан,

$$\sigma_{rr} = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} - \frac{1}{r^2} [\phi - 2(1-\nu)\phi] - \frac{2}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r}; \quad \varepsilon_{rr} = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \frac{\phi - 2(1-\nu)\phi}{r}$$

Ушбу ифодалар агар

$$\nabla^2 \phi = 0; \quad \nabla^2 \psi = 0; \quad a \leq r < \infty, \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; \quad a - \text{қазилма радиуси}, \quad (3)$$

тенгламаларнинг ечимлари қазилма сиртида берилган тегишли чегаравий шартларда топилган бўлса, қўндаланг кесими доиравий вертикал қазилмали жинслар массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати ҳақидаги

масалани моделлаштирувчи чуқур цилиндрик бўшлиқли ярим фазонинг кучланган-деформацияланган ҳолатини аниқлаш имконини беради.

Ушбу бобнинг **учинчи параграфида**, олдинги параграфда, (3) тенгламаларни қаноатлантирувчи  $\varphi$  ва  $\psi$  кучланиш функцияларини топишга келтирилган, кўндаланг кесими доиравий вертикал қазилмали жинслар массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати ҳақидаги масалани ечиш усули таклиф этилган. (3) тенгламаларнинг умумий ечимларини топиш учун кучланиш функциялари  $\varphi$  ва  $\psi$ , ҳамда  $\phi$  ва  $\bar{\psi}$  ларни қўйидаги шаклда тасвирлаймиз

$$F(r, z) = \int_0^{\infty} \left. \begin{array}{l} \sin \alpha z \\ -\cos \alpha z \end{array} \right\} F^0(r, \alpha) d\alpha,$$

бу ерда  $F(r, z) = \varphi(r, z)$ ,  $\psi(r, z) = \phi(r, z)$  ёки  $\bar{\psi}(r, z)$  функциялардан бири. Бу кўринишда ифодаланувчи функциялар  $\alpha_0$  узунликдаги кесмадан ташқарида ҳисобга олмаслик даражасида кичик деб ҳисобланади. Бу фаразларда юқоридаги тасвирлаш шакли  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\phi$  ва  $\bar{\psi}$  функцияларни интеграл остида  $r$  ва  $z$  координаталар бўйича қатъий дифференциаллаш имконини беради. Қаралётган масаланинг умумий ечими олинган ва у орқали кучланиш тензорининг ва кўчиш векторининг барча компонентлари аниқланган. Масалан,

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^0(r, \alpha) &= \frac{a}{r^2} B \cdot K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) B \cdot K_2(\alpha r) - \alpha \frac{a}{r} A \cdot K_2(\alpha r) - \alpha \left(3 - \frac{2a}{r}\right) A K_0(\alpha r) - \\ &- \frac{1}{r} \left[ \frac{3a}{r} - \left(1 - \frac{a}{r}\right) (2 - 2\nu - \alpha^2 r) \right] A \cdot K_1(\alpha r); \\ U_r^0(r, \alpha) &= \frac{1}{2\mu} \left\{ \left[ \frac{r-a}{r} B + \frac{a-2(1-\nu)(r-a)}{r} A \right] K_1(\alpha r) - \alpha(r-a) A \cdot K_0(\alpha r) \right\}, \end{aligned}$$

Кучланишлар ва кўчишлар учун олинган ифодалар,  $A$  ва  $B$  ўзгармасларни конкрет масаланинг чегаравий шартларидан топгандан ва тескари алмаштиришни амалга оширгандан сўнг, қазилманинг ихтиёрий кесимининг кучланган-деформацияланган ҳолатини радиал ва бўйлама координаталар бўйича аниқлаш имконини беради.

**Тўртинчи параграфда** кўндаланг кесими доиравий вертикал қазилмалар учун тоғ механикаси масалаларини қўйиш муаммоси тадқиқ этилган. Қазилма атрофидаги тоғ жинслари турғунлигини баҳолашнинг муҳим муаммоларидан бири жинслар массиви ва қазилманинг қурилган мустаҳкамлагичидан иборат системанинг мувозанат тенгламаларини топишдан иборатдир. Қазилма атрофида массив ичига кириб борган сари сўниб борувчи интенсив ёриқлар соҳаси шаклланади. Уприлиш жинслар зонасига массивнинг туташлиги узилмасдан деформацияланувчи соҳаси қўшилган ва бу соҳа иккинчи томондан эластик деформацияланувчи жинслар билан чегарадош.

Юқоридаги мулоҳазаларга асосланиб, ярим фазонинг эластик деформацияси бўйича янги амалий масалаларни шакллантириш амалга

оширилган. Қазилма атрофида жинслар турғунлигини ҳисоблашнинг бундай схемасида қазилмали массивнинг мувозанат тенгламалари сифатида уч ўлчовли эластик жисмнинг мувозанат тенгламаларини, масала ўққа нисбатан симметрик бўлганда эса -  $\varphi$  ва  $\psi$  кучланиш функцияларига нисбатан икки ўлчовли тенгламаларни қабул қилиш мумкин.

**Иккинчи бобда**, вертикал қазилманинг кучланган-деформацияланган ҳолати ва қазилма деворларини эластик деформацияланувчи ва бикр мустаҳкамлагич билан маҳкамланган, шунингдек, мустаҳкамлагич бўлмаган ҳолларда ҳам тадқиқ қилинган. Бундай ҳолда, вертикал қазилма эластик ярим фазодаги бўшлиқ сифатида моделлаштирилган ва тоғ жинсларининг турғунлиги мезонига асосланади, унга кўра тоғ жинслари массивидаги ҳақиқий кучланиш ва унинг идеал эластик модели ўртасидаги мослик таққосланади. Агар эластик моделдаги кучланишлар тоғ жинсларининг мустаҳкамлик чегарасидан ошса, массив турғунмас ҳисобланади.

Шу муносабат билан, иккинчи бобнинг **биринчи параграфида**, доиравий кўндаланг кесимли цилиндрик қазилмали ярим фазо учун ушбу контакт масалани қараймиз:

$$\sigma_{rr}(r, z)|_{r=a} = \begin{cases} -\sigma^0, & 0 \leq z \leq l \text{ бўлганда;} \\ 0, & l < z < \infty \text{ бўлганда.} \end{cases}$$

$$\sigma_{rz}(r, z)|_{r=a} = 0, \quad 0 \leq z \leq \infty; \quad \sigma_{rr}(r, z) = \sigma_{rz}(r, z) = 0, \quad r \rightarrow \infty \text{ ва } 0 \leq z < \infty$$

бу ерда  $\sigma^0 = const$  – деформацияланувчи жинснинг юмшоқ мустаҳкамлагич билан контакт юзасида пайдо бўлувчи нормал кучланиш;  $l$  – қазилма узунлиги;  $a$  – қазилма радиуси;  $r, z$  – радиал ва бўйлама координаталар. Бунда цилиндрик координат системаси 1-расмга мувофиқ массивнинг кунлик юзасида жойлашган. Аналитик ифодалар кучланиш тензорининг ва кўчиш векторининг барча компонентлари учун олинган бўлиб, уларни қазилманинг исталган кесимида керакли аниқликда ҳисоблаш имконини беради. Масалан,

$$U_r(r, z) = \frac{a\sigma^0}{2\mu} \left(1 - \frac{a}{r}\right) \cdot \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \alpha l) \cdot \sin \alpha z}{\alpha K_1(\alpha a)} K_1(\alpha r) d\alpha,$$

$$\sigma_{rr}(r, z) = a\sigma^0 \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \alpha l) \sin \alpha z}{\alpha \cdot K_1(\alpha a)} \left[ \left(\frac{2a}{r^2} - \frac{1}{r}\right) K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_0(\alpha r) \right] d\alpha, \quad (4)$$

Кўчишлар ва кучланишлар учун олинган формулалар бўйича уларнинг бўйлама ва радиал координаталар боғлиқ ўзгариш графиклари қурилган.

Ушбу бобнинг **иккинчи параграфида**, юқоридаги мулоҳазаларга кўра, массивнинг структуравий биржинслимаслигига эътибор бермай, уни туташ бир жинсли жисм деб ҳисоблаган ҳолда, қазилмали жинслар қатламининг кучланган-деформацияланган ҳолати масаласи ечилган бунда қазилма деворлари мустаҳкамланмаган ва ташқи юклардан холи деб қаралган. Координаталар системаси ушбу бобнинг олдинги бандидаги каби йўналтирилган. Кўриб чиқиладиган масаланинг математик модели тузилган:

$$\sigma_{rr}(r, z) = \begin{cases} \sigma_p^0, & \text{бунда } r = b, & 0 \leq z \leq l; \\ 0, & \text{бунда } r = b, & l \leq z \leq \infty. \end{cases}$$

$\sigma_{rr}(r, z) = 0$ , бунда  $r = a, 0 \leq z \leq l$ ;  $\sigma_{rr}(r, z) = 0$ , бунда  $r \rightarrow \infty$  ва  $z \rightarrow \infty$

бу ерда  $\sigma_p^0$  - жинсларнинг чўзилишга мустаҳкамлик чегараси;  $a, l$  – қазилма радиуси ва узунлиги;  $b$  – уприлган жинслар зонаси радиуси. Масаланинг тўлиқ ечими олинган

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}(r, z) &= \int_0^\infty \frac{\sin \alpha z}{W(\alpha, a, b)} \left\{ \left[ \frac{a}{r^2} K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_2(\alpha r) \right] W^B(\alpha, a) - \left[ \frac{\alpha a}{r} K_2(\alpha r) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \alpha \cdot \left(3 - \frac{2a}{r}\right) K_0(\alpha r) + \frac{1}{r} \left(\frac{3a}{r} - \left(1 - \frac{a}{r}\right)(2 - 2\nu - \alpha^2 r)\right) K_1(\alpha r) \right] W^A(\alpha, a) \right\} d\alpha, \\ \sigma_{\theta\theta}(r, z) &= \int_0^\infty \frac{\sin \alpha z}{W(\alpha, a, b)} \cdot \left[ \frac{r-a}{r^2} K_1(\alpha r) \cdot W^B(\alpha, a) + \right. \\ &\quad \left. + \left[ \alpha(1+\nu) \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_0(\alpha r) - \frac{3a - 2r(1+\nu) + 4\nu a}{r^2} \cdot K_1(\alpha r) \right] \cdot W^A(\alpha, a) \right] d\alpha, \end{aligned}$$

Кўчишлар ва кучланишлар учун олинган формулалар бўйича уларнинг бўйлама ва радиал координаталар боғлиқ ўзгариш графиклари қурилган.

**Учинчи бобда** биринчи ва иккинчи бобларда олиб борилган ҳамда бошқа муаллифлар тадқиқотлари асосида вертикал қазилма деворининг комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларининг сон қийматларини ҳисоблаш ва оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган.

**Учинчи бобнинг биринчи параграфида** анкер ва сочмабетон мустаҳкамлагичларнинг тоғ жинслари массиви билан ўзаро таъсирлашувлари тадқиқ этилган. Бошқа муаллифларнинг тадқиқотлари асосида, уприлган жинслар зонаси радиал ўлчамининг вертикал шахтанинг турли чуқурликлари учун тишлашиш кучининг қийматига боғланиш қонуни учун вертикал шахта девори анкер мустаҳкамлагичга эга бўлиши керак бўлган асосий хусусиятлари шакллантирилган.

Сочмабетон мустаҳкамлагичнинг монолит бетонга эга бўлмаган бир қатор хусусиятлари қайд этилган: юпқа сочмабетон қопламаларнинг бошланғич хоссаларини узоқ вақт сақлаб туриш қобилияти; бу кўрсаткичдан бир неча баробар юқори кўрсаткичга эга "тоғ жинси-мустаҳкамлагич" структурасини ҳосил бўлиш имконияти; ишлов бериладиган сиртни текислаш ва шу билан бўртиб чиққан жойлардаги кучланишлар концентрациясини камайтириш; қазилма атрофи тоғ жинслари қатламини маҳкамлаш ва қовлашдан кейин ҳосил бўлган ёриқларни тўлдириш.

Ушбу бобнинг **иккинчи параграфи** вертикал қазилма деворлари учун шундай мустаҳкамлагични ҳисоблаш усулини ишлаб чиқишга бағишланган. Бу анкернинг қулф қисми узунлигини ва анкернинг узунлигини аниқлашни ўз ичига олади. Бунда, анкернинг таъсир қилиш конусининг асоси билан мумкин бўлган уприлган жинслар зонаси чегараси ўртасида жойлашган қисмининг узунлиги ҳам ҳисобга олинган.

Вертикал қазилма деворларига ўрнатилган анкернинг узунлиги учун янги формула таклиф этилган

$$\ell = \frac{b}{\sin \varphi} + \left(1 + \frac{\sqrt{2\lambda}}{\operatorname{tg} \varphi}\right) \ell_z. \quad (5)$$

Олинган формула маълум формулалардан фарқли равишда, анкер узунлигини жинсларнинг қатламлашиш бурчаги ва ёнга ёйилиш коэффициентини ва улар орқали қазилма деворидаги тоғ жинсларининг деформацион хоссаларини ҳам ҳисобга олган ҳолда аниқлаш имконини беради. Хусусий ҳолда, агар  $\varphi = 90^\circ$  бўлган ҳолатда формула  $\ell = b + \ell_z$  шаклини олади. Бу эса горизонтал қазилмалар гумбазини мустаҳкамлашда ишлатилувчи анкерларнинг узунлигини ҳисоблаш формуласидир.

Давомида анкернинг кулф қисми узунлиги-  $\ell_z$  ни аниқлаш формуласини чиқаришнинг асосий қоидалари келтирилган. Агар анкернинг охирига қўшимча кучлар, масалан мустаҳкамламага осиладиган механизмлар оғирлиги ва бошқалар қўйилган бўлса, у ҳолда формула қуйидаги кўринишни олади:

$$\ell_z \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k_z \gamma_c b \left[ ah + \frac{a+h}{\cos \varphi} H \right] (\cos \varphi - f \sin \varphi) + Q_d \cos \varphi}{2\lambda k_c [\sigma_p]}}, \quad (6)$$

бу ерда  $Q_d$  - қўшимча куч катталиги.  $a$  - горизонтал бўйича анкерлаш қадами;  $h$  - анкерларнинг вертикал бўйича қатламлари орасидаги масофа;  $H$  - ер юзасидан чуқурлигигача бўлган масофа;  $\gamma_c$  - қазилма девори жинслари зичлиги;  $b$  - жинсларнинг эҳтимоллий уприлишлар ўлчами;  $\varphi$  - қатламлашиш бурчаги;  $k_z$  - захира коэффициенти;  $\lambda$  - ёнга ёйилиш коэффициенти;  $k_c$  - девор жинсларининг литотиплиги коэффициенти;  $[\sigma_p]$  - анкерни чўзилишга чидамлилик чегараси;  $f$  - тоғ жинслари орасидаги ишқаланиш коэффициенти.

Анкернинг кулф қисми узунлиги учун олинган (6) формула элементар бўлиб, олдиндан маълум бўлган ўхшаш формулалардан кескин фарқ қилади. Аввало, унда чуқурлик бўйича ўзгариб борувчи тоғ босими ҳисобга олинган. Унинг таркибида тоғ жинсларининг горизонтга нисбатан қатламланиш бурчаги фактори ва  $\ell_z$  ни камайишга олиб келувчи жинслар орасидаги ишқаланиш коэффициенти мавжуд. Бундан ташқари, анкер таъсир зонасидаги уприлган жинслар ҳажми цилиндр ҳажми сифатида қабул қилинади, бу бизнинг фикримизча анкер ишлашининг реал шароитларига мос келади.

Таклиф этилаётган усул шунингдек, доиравий ва тўртбурчак кўндаланг кесимли вертикал қазилма деворларида анкерлар ўрнатиш зичлигини ҳисоблаш, сочмабетоннинг қалинлигини аниқлаш ва бошқаларни ҳам ўз ичига олади. Кўндаланг кесимининг радиуси  $R$  бўлган доиравий вертикал қазилма учун ушбу формула ўринли

$$\rho_{CT} = \frac{k_z \gamma_c (b^2 + 2bR) \cos \varphi}{R P_{z,CT}}.$$

Бу формула янги ҳисобланади ва доиравий кўндаланг кесимли қазилма деворларида ўрнатилган анкерлар зичлигини аниқлаш имконини беради. Бунда қазилма жинслари зичлиги, эҳтимолий ўпирилишлар зонаси радиуси ва анкерларни ўрнатиш мустаҳкамлиги маълум деб ҳисобланади. Худди шундай тўртбурчак кўндаланг кесимнинг кенглиги ва узунлигини қазилма деворларида анкерлар ўрнатиш зичлигини аниқлаймиз.

$$\rho_{CT,2} = \frac{2k_z \gamma_c b \cos \varphi}{P_{z,CT}}$$

Охирги формула зичликни топиш учун шунга ўхшаш ифодалардан тоғ босимини ҳисобга олувчи коэффициентнинг ва жинсларнинг қатламланиши таъсирини эътиборга олувчи  $\cos \varphi$  кўпайтувчини борлиги билан фарқ қилади.

**Учинчи параграфда** сочмабетон қопламасининг қалинлигини аниқлаш учун янги формуланинг вертикал ишланмалари учун умумлаштиришга бағишланган. Сочмабетон қопламани у билан бикр бириккан мустаҳкам жинслар қатламининг ўзаро биргаликдаги ишини, И.Ю.Заславский каби Ж.С.Ержанов томонидан таклиф этилган усулга кўра моделлаштирилган. Горизонтал шахталардан фарқли равишда вертикал шахта ҳолатида анкерларнинг катталиги  $h$  га тенг вертикал ўрнатиш қадамини ҳисобга олиш керак. Бошқа томондан, шахта сиртининг сочмабетон қопламасига тоғ босими таъсирида юзага келган юк ўткир бурчак остида таъсир қилади. Шунинг учун, бу ҳолда, кучланишлар майдони гравитацион бўлганда, ёнга ёйилиш коэффициенти ҳам ҳисобга олиниши керак. Ушбу ўзгартиришларни ҳисобга олган ҳолда, вертикал қазилма сирти сочмабетон қопламасининг қалинлигини аниқлаш формуласи

$$\delta_{c\sigma} = 0,74 \cdot h \frac{E_{c\sigma}}{E_{c\sigma} + E_n} \sqrt{\frac{a \nu \gamma_c}{2tg\psi(1-\nu)[\sigma_p]} \ln \frac{\sqrt{ah}}{r_a}}.$$

Тавсия этилган формула янги ва горизонтал қазилмаларда қўлланиладиган маълум формулалардан анкерларни горизонтал ва вертикал ўрнатиш қадамларини ўз ичига олиши билан фарқ қилади. Бундан ташқари, академик А.Н.Динник гипотезасига кўра, кучланиш майдони гравитацион бўлган ҳолда ёнга ёйилиш коэффициентининг таъсири ҳисобга олинган.

**Тўртинчи параграфда** анкерларнинг кесишга чидамлилиги тадқиқ қилинган ва уларнинг вертикал бўйича халқалари орасидаги масофанинг юқори чегараси аниқланган. Шунинг учун, сочмабетон қоплама худди  $h$  баландликдаги (анкернинг вертикал бўйича қадамига мос келувчи) жинслар ҳажмининг босимига учрайдиган, горизонтга нисбатан  $\alpha = \pi(\beta + 0,5)/2$  бурчак остида энг хавfli тойиш текислиги бўйича сирпанувчи юпқа тиргак девор каби ишлайди деб фараз қиламиз ва В.А.Потапенко томонидан тузилган

шартнинг бажарилишини талаб қиламиз. У ҳолда, заҳира коэффиенти ҳисобга олинса,

$$[\sigma_{cp}^{c\delta}] \cdot \delta_{c\delta} = 2\gamma_c \cdot h_1 b \sin \alpha.,$$

шарт бажарилиши керак, бу ерда  $[\sigma_{cp}^{c\delta}]$  – сочмабетон қопламанинг кесишга чидамлилиги,  $t/m^2$ ;  $\delta_{c\delta}$  – сочмабетон қопламанинг қалинлиги, метрларда;  $h_1$  – жинслар қатламининг ҳали сирпаниш кузатилмаган эҳтимолий мумкин бўлган баландлиги, метрларда;  $b$  – эҳтимолий ўпирилишлар (уприлган жинслар) зонаси радиуси;  $\alpha$  – сирпаниш текислигининг оғиш бурчаги. Бунда, анкерларнинг вертикал бўйича қатламлари шундай ўрнатилиши керакки, бу қатламлар орасидаги майдонда (фазода) сирпаниш бўлмаслиги керак, яъни анкер халқалари орасидаги  $h$  масофа сирпаниш юз бермайдиган жинслар қатлами баландлиги  $h_1$  дан ошмаслиги керак.  $\delta_{c\delta}$  нинг маълум қийматидан ушбунни топамиз

$$h_1 = \frac{[\sigma_{cp}^{c\delta}] \delta_{c\delta}}{2\gamma_c b \sin \alpha}.$$

Олинган формула анкерларнинг вертикал бўйича қатламлари орасидаги мумкин бўлган масофаларнинг юқори чегарасини аниқлаш имконини беради.

**Тўртинчи боб** вертикал шахта девори учун комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблаш алгоритминини ишлаб чиқиш ва оптималлаштириш усуллари бағишланган. Замонавий компютер технологияларидан фойдаланган ҳолда ҳисоблашни автоматлаштиришнинг айрим масалалари кўриб чиқилган. Анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичдан фойдаланишнинг техник-иқтисодий самарадорлигини умумий баҳолаш амалга оширилган.

Ушбу бобнинг **биринчи параграфда** вертикал шахта деворларини комбинацияланган анкер-сочмабетон билан мустаҳкамлаш учун амалий тавсиялар ишлаб чиқишга бағишланган. Диссертациянинг аввалги бобларида олиб борилган тадқиқот натижалари асосида вертикал шахта деворларининг анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблаш ва оптималлаштириш модели ишлаб чиқилган.

Ишлаб чиқилган усул рудали конларнинг асосий физик-механик тавсифлари бўйича ўртача маълумотлар ёрдамида аниқ мисолларда намойиш этилган. Бир марта сочмабетон сепиш билан эришилган бетоннинг амалий қатлам қалинлиги қийматини коррективировка қилиш мисолида, мустаҳкамлагич ҳамма параметрларининг сон қийматларини оптималлаштириш усули баён қилинган. Мустаҳкамлагич параметрларини анкерлашнинг горизонтал ва вертикал қадамлари катталикларини қазилма кўндаланг кесимининг радиуси бўйлаб ўзгартириш йўли билан оптималлаштириш усуллари кўрсатилган.

**Иккинчи параграфда** анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларининг қийматларини ҳисоблаш ва оптималлаштиришнинг математик модели

таклиф этилган. Анкер кулф қисмининг узунлигини, анкер ўзининг узунлигини, анкерларни ўрнатиш зичлигини, сочмабетоннинг қалинлигини ва бошқа параметрларни ҳисоблаш дастурлари тузилган. Бу дастурлар замонавий шахсий электрон ҳисоблаш машиналарида осонгина амалга оширилиб, тоғ-геологик экспедицияларнинг муҳандислик ходимлари ишлатишлари осон. Тузилган алгоритмлар асосида анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичнинг айрим параметрлари хоссаларини сонли тадқиқ қилиш амалга оширилган.

**Учинчи параграф** вертикал шахталар учун анкер-сочмабетон қопламадан фойдаланишнинг техник ва иқтисодий самарадорлигини баҳолашга бағишланган. Таққослаш учун кўндаланг кесими квадрат шаклидаги V-XX тоифадаги (ўртача - XII) тоғ жинсларида жойлашган шахтанинг оддий участкаларини  $5,4 \text{ м}^2$  (Сч -  $6,9 \text{ м}^2$ ) туташ ёғоч мустаҳкамлагичи олинган. Шу билан бирга, иқтисодий самарадорлик эксплуатация давридаги харажатларнинг ўзгариши, қовлаш ишлари объектларининг қисқариши, қазилма кўндаланг кесими юзасининг қисқариши туфайли юзага келади.

Шахта деворларининг оддий участкаларини маҳкамлаш учун таклиф этилган технологиядан фойдаланиш шахта деворларининг участкаларини мустаҳкамлаш учун барча асосий техник ва иқтисодий талабларга жавоб беради ва бу айниқса муҳим бўлиб, бизнинг шароитимизда қиммат ва жуда кам ёғоч материал сарфини камайтиришга имкон беради. Шунингдек, шахта кўндаланг кесимини камайтириш ҳисобидан қовлаш иш унумдорлигини ошириш имконини беради.

## ХУЛОСА

Диссертация ишининг асосий натижалари ва хулосалар қуйидагилардан иборат:

1. чуқур цилиндрик бўшлиқ туфайли заифлашган яримфазо деформацияси ҳақидаги уч ўлчамли масаланинг аниқ қўйилиши асосида доиравий кўндаланг кесимли вертикал қазилма атрофидаги тоғ жинслари массивининг кучланган-деформацияланган ҳолати ҳақидаги масала ечилган;

2. деворлари мустаҳкамланмаган ёки турли усуллар билан мустаҳкамланган қазилмали яримфазо деформацияси ҳақида янги тадбиқий масалалар қўйилиши амалга оширилган. Бунда эластик деформацияланувчи бирикиш билан мустаҳкамланган қазилмали яримфазо деформацияси ҳақидаги ва сирт юзаси мустаҳкамланмаган қазилма қатламининг кучланган-деформацияланган ҳолати ҳақидаги масалалар ечилган;

3. вертикал шахта деворининг комбинацияланган анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблашнинг янги усули ишлаб чиқилган; анкер ва унинг кулф қисмининг узунлигини, доиравий ва тўртбурчак кўндаланг кесимли қазилмалар учун анкерларни ўрнатиш зичлиги ва қадамини аниқлаш алгоритмлари ва ҳисоблаш формулалари тақдим қилинган;

4. вертикал қазилма деворларининг анкер-сочмабетон мустаҳкамлагич параметрларини ҳисоблашнинг ва оптималлаштиришнинг математик модели

ишлаб чиқилган. Ҳисоблашларни шахсий электрон-ҳисоблаш машиналарида амалга ошириувчи алгоритм яратилган;

5. дала шароитида анкер-сочмабетон мустаҳкамлагичдан фойдаланиш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган. Мустаҳкамлаш параметрларини ҳисоблаш ва оптималлаштириш мисоллари кичик вертикал шахталар шароитлари учун амалга оширилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ  
DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 ПРИ САМАРКАНДСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ  
ШАРОФА РАШИДОВА**

---

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
ШАРОФА РАШИДОВА**

**ОМОНОВ ШЕРЗОД БАХТИЁР УГЛИ**

**УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ВМЕЩАЮЩИХ  
ВЕРТИКАЛЬНУЮ ШАХТУ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЕЕ  
КРЕПИ**

**01.02.03 – Механика грунтов и горных пород**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.1.PhD/T2176.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

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

Научный руководитель:	Хадмурадов Рустам Ибрагимович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Ишанходжаев Абдурахмон Асемович доктор технических наук, профессор Якубов Муқимжон Мухторович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-строительный институт

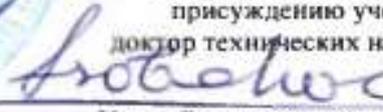
Защита диссертации состоится «12» октябрь 2022 г. в 15:00 часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова по адресу: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40; Факс: (99866) 239-12-47; e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)

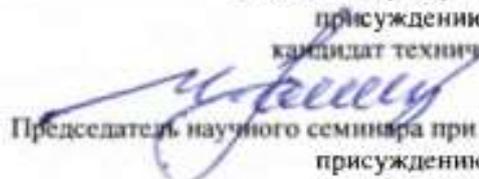
С диссертацией (PhD) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (регистрационный номер №94). Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40; Факс: (99866) 239-12-47.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года.  
(реестр протокола рассылки №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года.)



  
А.Б.Ахмедов  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

  
К.Нисабеков  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
кандидат технических наук, доцент

  
X.Худойназаров  
Председатель научного семинара при научном совете по  
присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

## ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире отдельное внимание уделяется расширению объемов использования горных выработок вертикального, горизонтального и наклонного расположения, экономии ресурсов при креплении стен выработок различными способами и на основе определения эффективности крепи экономии расходных материалов, оценки состояния горных пород и вопросам умелого их использования. В ряде развитых стран мира «...годовые объемы крепления горных выработок анкерным креплением составляют около 75% от общего объема проведения горных выработок, а на отдельных шахтах эти объемы достигают 90 %...»<sup>4</sup>. Поэтому, усовершенствованию методов проектирования вертикальных горных выработок и развития механики горных пород с помощью компьютерных технологий, изучение напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов, систематизации проблем обеспечения прочности конструкций крепей, а также изучения динамических воздействий различной природы имеют важные значения.

В мире активно ведутся ускоренные поиски месторождений нефти, газа, цветных металлов и других подобных полезных ископаемых. В связи с этим проводятся научные исследования, направленные на поиск и выявление месторождений цветных металлов, железа, угля и других и усовершенствование конструкций крепей. В этом направлении, среди прочего, приоритетными считаются исследования по набрызгбетонированию стен выработок. Потому что, «...повышению производительности труда, сокращению сроков и снижению стоимости строительства шахт и рудников способствует применение набрызгбетонной крепи. Универсальность конструкции, высокая степень механизации процесса крепления предопределили высокий уровень применения набрызгбетона...»<sup>5</sup>. При этом совершенствование существующих математических моделей и методов обеспечения надежности конструкций крепей и создание новых математических моделей, в частности, метода расчета комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи на воздействие различных горных пород и определения эффективности разработки технологии установки анкеров, считаются актуальными задачами.

В нашей Республике, наряду с расширяющимися объемами работ по разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых уделяется особое внимание разработке методов оценки устойчивости выработок в различных горно-геологических условиях, выполнение научно-обоснованных прогнозов изменения состояния выработок, подвергнутых действию различных статических и динамических нагрузок; разработке и реализации мероприятий по созданию математических моделей расчета деформации стен

---

<sup>4</sup> <https://science.kuzstu.ru/wp-content/docs/OAD/Soresearchers/2020/tss/Dissertation.pdf>

<sup>5</sup> И.Ю.Заславский, А.В.Быков, В.Ф.Компанец Набрызгбетонная крепь-Москва «Недра»,1986. Стр.3

выработок, крепей горных выработок различного поперечного сечения под действием горного давления, гравитационных и сейсмических сил осуществлены широкомасштабные работы и достигается некоторые результаты. В стратегиях действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, определены задачи, включающие «... модернизацию производства, техническое и технологическое обновление, производство ..., ... постепенное внедрение экономичных и эффективных современных технологий...»<sup>6</sup>. При решении поставленных задач, в частности, для повышения несущей способности конструкций, в том числе с использованием трехслойных вязкоупругих пластин, одной из важных проблем является разработка усовершенствованных математических моделей, описывающих процессы деформации элементов конструкций приобретает важное значение.

Представленное диссертационное исследование, в определенной мере, служит выполнению задач, изложенных в Указах Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», а также постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПК-4522 от 18 ноября 2019 года «О мерах совершенствования системы организации и проведения геолого-разведочных работ нефти и газа», ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практической реализации инновационных идей, технологий и проектов» и других нормативных правовых документах, связанных с этой деятельностью.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Работа выполнена в рамках ПФИ-4 «Математика, механика и информатика» приоритетного направления развития науки и технологий республики.

**Степень изученности проблемы.** При эксплуатации горных выработок создание больших материальных ресурсов, строительства подземных сооружений, шахт и тоннелей, а также при повышении эффективности крепления сложных выработок, требующих большие затраты времени и решении других подобных задач большой вклад внесли зарубежные ученые. В их числе можно отметить, таких как Ю. З. Заславский, К.В. Руппенейт, Л.В.Ершов и В.А.Максимов, Ю.С.Ержанов, Н.С.Булычев, Х.И. Абрамсон, В.Т.Глушко, Н.Н.Долинина, И.М.Розовский, Е.В. Каспарян, Н.П.Ерофеев, К.Терезава и др.

Разработке и совершенствованию методов повышения эффективности подземных сооружений посвящен ряд научных работ известных ученых Узбекистана. Среди них: А. А. Ишанходжаев, А. З. Хасанов, Х. З. Расулов, К. С. Султонов, М. Мирсаидов и другие. В результате их научных исследований

---

<sup>6</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Собрание законодательства Республики Узбекистан, 01.05.2021 г., № 06/21/6217/0409

были достигнуты значительные результаты в решении практических вопросов механики грунтов и горных пород.

В то же время недостаточная разработка методов оценки устойчивости выработок приводит к применению при выборе видов крепей выработок проектных решений, иногда недостаточно обоснованных или совершенно необоснованных. Это в свою очередь приводит к большим материальным затратам и времени при проведении выработок. Приведенные факторы указывают на актуальность и необходимость разработки методов прогнозирования и научного обоснования состояния горных выработок, проведенных при различных горно-геологических условиях и находящихся под воздействием различных статических и динамических нагрузок.

Принимая во внимание вышеперечисленные факторы, можно отметить, что, несмотря на имеющиеся результаты, задачи оценки и прогнозирования устойчивости горного массива, а также расчета параметров анкер-набрызгбетонной крепи в различных горно-геологических условиях не решены в полной мере, а проблемы оптимизации параметров такой крепи изучены недостаточно.

#### **Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.**

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета по теме «Исследование устойчивости и колебания дискретно-непрерывных систем взаимодействующих с деформируемой средой» (2010-2025 гг.).

**Целью исследования** является разработка методов оценки устойчивости и прогнозирования горных пород в обнажениях; создание математической модели расчета комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи для стволов вертикальных шахт и восстающих с учетом изменения действия горного давления с глубиной; применение полученных результатов для расчета крепи вертикальных шахт, проводимых в горно-геологических условиях Узбекистана.

#### **Задачи исследования:**

решение задачи о напряженно-деформированном состоянии (НДС) массива горных пород вокруг вертикальной выработки кругового поперечного сечения исходя из точной постановки трехмерной задачи о деформации полупространства, ослабленной глубокой цилиндрической полостью;

формулировки новых прикладных задач о деформации полупространства с выработкой, стенки которой свободны или креплены различными способами и решение задач о деформации полупространства с выработкой, подкрепленной упруго-деформируемым включением и о напряженно-деформированном состоянии слоя с выработкой с неподкрепленной поверхностью;

разработка нового метода расчета параметров анкер-набрызгбетонной крепи применительно к стволам вертикальных шахт; разработка алгоритмов и

расчетных формул для определения длин анкеров, длин замковой их части, плотности и шага установки для стволов круглого и четырехугольного поперечных сечений;

создание математической модели расчета и оптимизации параметров анкер-набрызгбетонной крепи стволов вертикальных горных выработок. Составление алгоритма и программы, реализующие расчет на персональных электронно-вычислительных машинах;

разработка практических рекомендаций по применению анкер-набрызгбетонной крепи в натуральных условиях. Примеры практического расчета и оптимизации параметров крепи применительно к условиям вертикальных шахт и восстающих.

**Объект исследования** комбинированная анкер-набрызгбетонная крепь вертикальных горных выработок.

**Предмет исследования** анализ напряженно-деформированного состояния массива горных пород, вмещающий выработку, а также вопросы создания математической модели расчета комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи подготовительных, капитальных или очистных вертикальных выработок.

**Методы исследования**, в ходе исследования были использованы метод решения плоской задачи теории упругости, метод интегральных преобразований Фурье, методы горной механики и математической физики.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

создана математическая модель, позволяющая увеличить эффективность крепления стволов малых вертикальных шахт за счет оптимизации физико-механических параметров анкер-набрызгбетонной крепи;

разработан алгоритм предотвращения образования опасного, возникающего за счет возрастающего горного давления с глубиной, напряженно-деформированного состояния массива горных пород, вмещающих вертикальную выработку кругового поперечного сечения;

обосновано определение параметров анкер-набрызгбетонной крепи, обеспечения прочности стен выработок, с учетом влияния угла слоистости горных пород и действия горного давления;

установлено, что в массиве горных пород, на расстоянии 0,6-0,7 метров от стен выработки, установится естественное напряженно-деформированное состояние, и соответственно, размеры зон разрушения пород не превышает 0,5-0,6 метров, независимо от глубины расположения рассматриваемого сечения.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

конструкция анкер-набрызгбетонной крепи для вертикальных горных выработок оптимизирована нахождением наиболее выгодных значений его физико-механических параметров;

рекомендован определить параметров крепи с учетом изменений горного давления и угла слоистости пород массива, а также разработаны алгоритмы расчетов длины анкера и толщины набрызгбетона;

применением анкер-набрызгбетонной крепи разработана дешевая и эффективная технология крепления стволов малых вертикальных шахт;

обоснована пригодность оптимизированных конструкций анкер-набрызгбетонной крепи, для применения в процессе крепления стволов малых вертикальных шахт, в горно-геологических условиях Узбекистана.

**Достоверность результатов исследования.** Основные, представленные в диссертационной работе результаты, получены в итоге развития и применения точных математических методов к задачам, моделирующих работу горной выработки. Достоверность предложенных уравнений состояния и их аналитических и численных решений подтверждаются систематическими проверками, сравнениями с результатами других аналогичных исследований, и, в частности, для анкерной и набрызгбетонной крепей индивидуального применения.

**Научная и практическая значимости результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в вкладе в развитие теории и практики расчета подземных сооружений и оптимизации параметров анкер-набрызгбетонной крепи вертикальных шахт с учетом влияния угла слоистости горных пород и действия горного давления;

*Практическая значимость результатов исследований* объясняется созданием дешевой и эффективной технологии возведения крепи стволов малых вертикальных шахт в результате применения анкер-набрызгбетонной крепи.

**Реализация результатов.** На основе научных результатов по повышению устойчивости и экономической эффективности анкер-набрызгбетонной крепи стволов вертикальных горных выработок:

определение размеров зон разрушенной структуры и возможных вывалов с использованием расчетных формул для напряжений в грунтовом массиве вокруг глубоких котлованов использованы в ООО «Қишлоққурилишлойиҳа» (справка Министерства Строительства Республики Узбекистан № 09-06/285 от 11 января 2022г). В результате снижен вес ограждающей конструкции на 3% и сэкономлен расходный материал на 4-5%;

определение размеров зон разрушений, применение тонкого слоя набрызгбетона толщиной до 2-3см для покрытия обнаженной поверхности выработок была внедрена для предотвращения разрушений стен выработок в ООО «Геофундаментпроект» (справка Министерства Строительства Республики Узбекистан № 09-06/285 от 11 января 2022г), которое привело к повышению несущей способности ограждающей конструкции на 4-5% и сэкономить материалы, расходуемые на крепление стен выработок до 5%;

расчеты полей напряжений в массиве вокруг выработок на основе критериев устойчивости, расчетные значения радиуса зоны разрушенной

структуры грунтов с учетом действия статических и динамических нагрузок и применение набрызгбетонного покрытия обнажений совместно с ограждающей конструкцией осуществлено в ООО «UniverProStile» (справка Министерства Строительства Республики Узбекистан № 09-06/285 от 11 января 2022г). В результате расходные материалы сэкономлены на 9-11%, даст возможность снизить весь ограждающей конструкции на 14% и повысить несущую способность ограждающей конструкции на 10-12%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены на 3 международных и 1 национальной конференциях, а также на научных семинарах при Самаркандском государственном университете, Самаркандском государственном архитектурно-строительном и Навоийском государственном горном институтах.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме исследования опубликованы 9 научных работ, в том числе 5 научных статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК РУз к публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), в том числе 4 в национальных и 1 в зарубежном изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 112 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность исследуемых в диссертационной работе вопросов, сформулирована цель работы, обоснована достоверность полученных результатов. Кратко охарактеризованы теоретическое и практическое значения, приведен список конференций и семинаров, где докладывались и обсуждались результаты диссертации. Перечислены организации, в которых внедрены результаты исследований, кратко описана структура и общий объем работы.

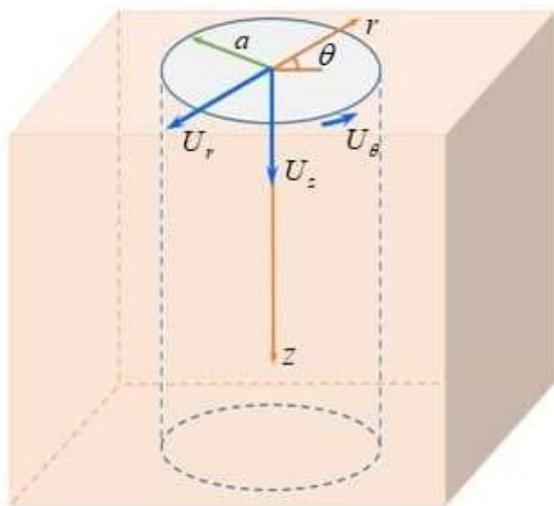
**Первая глава** диссертационной работы посвящена изучению состояния и общего обзора проблемы устойчивости массива пород, вмещающий горную выработку, включая вопросов оценки прогнозирования устойчивости пород; проблемы крепления горных выработок при различных горно-геологических условиях, и применения при этом анкерной и набрызгбетонной крепей.

**В первом параграфе** в результате изучения большого количества научных публикаций по современным методам оценки устойчивости пород и расчета анкерной и набрызгбетонной крепей горных выработок намечены основные направления исследований, проводимых в дальнейшем, в рамках диссертационной работы. Исследования проблемы устойчивости горных выработок в теоретическом плане, базируются на методах теории упругости и пластичности, рассматривающие массив горных пород как сплошная среда. Такие исследования занимают значительное место в общем объеме изучения

указанной проблемы. Существенным вкладом в развитие данного направления исследований явились работы А.Н. Динника, К.В.Руппенейта, Ж.С. Ержанова, А.Н. Гузя, В.Т.Глушко, Э.В. Каспарьяна, К. Terezawa, А. Лабасса и других.

Высокие технико-экономические характеристики набрызгбетонной крепи привели к разработке методов расчета, созданию различных конструкций, технологии и механизации крепления горных выработок набрызгбетоном, освещению которых посвящено большое количество исследований. Большой вклад в развитие методов безопалубочного бетонирования в области крепления набрызгбетоном внесен исследованиями Ш.М. Айталиева и Ж.С.Ержанова, А.М. Козелла, Е.В. Стрельцова, М.А. Льва, Э.В. Казакевича, В.С. Воронина, В.А. Борисовца, Ю.С.Фролова, И.Ю. Заславского, В.Г. Когана, А.В. Быкова и других. Подытожив результаты научной литературы, анализируя существующих способов оценки устойчивости пород в обнажениях и расчета параметров анкерной и набрызгбетонной крепи сделаны соответствующие выводы.

**Во втором параграфе** рассматривается задача о напряженно – деформированном состоянии массива горных пород вокруг вертикальной выработки кругового поперечного сечения. При этом используется точная постановка трехмерной задачи о деформации полупространства, ослабленной глубокой цилиндрической полостью. Считается, что напряженно – деформированное состояние полупространства, как трехмерного тела, строго подчиняется основным требованиям трехмерной линейной теории упругости и описывается её соответствующими уравнениями и соотношениями.



**Рис.1** Напряженно-деформированное состояние массива пород вокруг ствола вертикальной шахты

Для решения задачи пространство вокруг выработки отнесено к цилиндрической системе координат  $(r, \theta, z)$ , начало которой расположено на дневной поверхности массива, а ось  $z$  совпадает с осью выемки и направлена вниз (Рис.1). Приняты следующие обозначения:  $U_r, U_\theta, U_z$  перемещения точек массива в направлении осей  $r, \theta, z$

$\varepsilon_{rr}, \varepsilon_{\theta\theta}, \varepsilon_{zz}, \varepsilon_{rz}, \varepsilon_{r\theta}, \varepsilon_{\theta z}$  – компоненты тензора деформаций;  
 $\sigma_{rr}, \sigma_{\theta\theta}, \sigma_{zz}, \sigma_{rz}, \sigma_{r\theta}, \sigma_{\theta z}$  – компоненты тензора напряжений.

тензора напряжений.

Для определения всех компонент тензора напряжений и вектора перемещений в задаче, необходимо будет проинтегрировать трехмерные уравнения упругого равновесия без учета объемных сил.

$$\sigma_{ij,j} = 0, \quad (i, j = r, \theta, z). \quad (1)$$

Из множества форм записи этих уравнений выбраны уравнения статики при отсутствии объемных сил в форме Ламэ, которые имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} - \frac{2\mu}{\lambda + 2\mu} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \omega_z}{\partial \theta} - \frac{\partial \omega_\theta}{\partial z} \right) &= 0, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial \theta} - \frac{2\mu r}{\lambda + 2\mu} \left( \frac{\partial \omega_r}{\partial z} - \frac{\partial \omega_z}{\partial r} \right) &= 0, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} - \frac{2\mu}{r(\lambda + 2\mu)} \left( \frac{\partial(r\omega_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial \omega_z}{\partial \theta} \right) &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\omega_r = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} \frac{\partial U_z}{\partial \theta} - \frac{\partial U_\theta}{\partial z} \right)$ ;  $\omega_\theta = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial U_r}{\partial z} - \frac{\partial U_z}{\partial r} \right)$ ;  $\omega_z = \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial(rU_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial U_r}{\partial \theta} \right]$ ;

$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$ ;  $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$  – коэффициенты Ламэ;  $E$  – модуль упругости;

$\varepsilon = \varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\theta\theta} + \varepsilon_{zz}$  – объемное расширение.

В рассматриваемой задаче естественно предположить о том, что исследуемый массив горных пород работает только на сжатие. Исходя из этих соображений, для решения поставленной задачи введены функции напряжений  $\varphi, \phi, \psi$  следующим образом:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial z} = -\frac{\mu r}{1-\nu} \omega; \quad \frac{\partial \phi}{\partial r} = -\frac{r(\lambda + 2\mu)}{2(1-\nu)} \varepsilon, \quad \phi = \psi + r \frac{\partial \varphi}{\partial r},$$

где  $\varphi(r, z) = \varphi$  – некоторая функция переменных  $r$  и  $z$ ;  $\psi = \psi(r, z)$  – функция координат  $r$  и  $z$ , удовлетворяющая дифференциальному уравнению  $\nabla^2 \psi = 0$ . В дальнейшем все ненулевые компоненты тензоров деформаций и напряжений выражены через введенные функции напряжений. Например,

$$\sigma_{rr} = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} - \frac{1}{r^2} [\phi - 2(1-\nu)\varphi] - \frac{2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r}; \quad \varepsilon_{rr} = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial r} - \frac{2(1-\nu)\varphi}{r}.$$

Которые позволяют определить напряженно – деформированное состояние полупространства с глубокой цилиндрической полостью кругового сечения, если найдены решения уравнений при соответствующих граничных условиях, заданных на цилиндрической поверхности полости, и моделирующих задачу о напряженно – деформированном состоянии массива горных пород, вокруг вертикальной выработки кругового поперечного сечения.

$$\nabla^2 \varphi = 0; \quad \nabla^2 \psi = 0; \quad a \leq r < \infty, \quad (3)$$

где  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ ;  $a$  – радиус выработки.

**В третьем параграфе** данной главы предложена методика решения задачи о напряженно-деформированном состоянии массива пород вокруг

ствола вертикальной шахты кругового сечения, приведенная в предыдущем разделе к нахождению функций напряжений  $\varphi$  и  $\psi$ , удовлетворяющих уравнениям (3). Для нахождения общих решений уравнений (3) функции напряжений  $\varphi$  и  $\psi$  а также  $\phi$  и  $\psi$  представляем в виде

$$F(r, z) = \int_0^{\infty} \frac{\sin \alpha z}{\cos \alpha z} \left. \vphantom{\int_0^{\infty}} \right\} F^0(r, \alpha) d\alpha,$$

где  $F(r, z)$  – одна из функций  $\varphi(r, z)$ ,  $\psi(r, z)$ ,  $\phi(r, z)$  или  $\bar{\psi}(r, z)$ . При этом предполагается, что функции представляемые в этом виде пренебрежимо малы вне отрезка длиной  $\alpha_0$ , т.е. данные представления имеют места при  $\alpha \leq \alpha_0$ . При этих предположениях предложенная форма представления позволяет строго дифференцировать функции  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\phi$  и  $\bar{\psi}$  по координатам  $r$  и  $z$  под знаком интеграла. Получено общее решение задачи, через которого однозначно определены все компоненты тензора напряжений и вектора перемещений, Например,

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^0(r, \alpha) &= \frac{a}{r^2} B \cdot K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) B \cdot K_2(\alpha r) - \alpha \frac{a}{r} A \cdot K_2(\alpha r) - \alpha \left(3 - \frac{2a}{r}\right) A K_0(\alpha r) - \\ &- \frac{1}{r} \left[ \frac{3a}{r} - \left(1 - \frac{a}{r}\right) (2 - 2\nu - \alpha^2 r) \right] A \cdot K_1(\alpha r); \\ U_r^0(r, \alpha) &= \frac{1}{2\mu} \left\{ \left[ \frac{r-a}{r} B + \frac{a-2(1-\nu)(r-a)}{r} A \right] K_1(\alpha r) - \alpha(r-a) A \cdot K_0(\alpha r) \right\}. \end{aligned}$$

Полученные формулы для напряжений и перемещений, после нахождения постоянных  $A$  и  $B$  из граничных условий конкретной задачи и осуществления обратного преобразования дают возможность определить напряженно – деформированное состояние произвольного сечения выработки по радиальной и продольной координатам.

**В четвертом параграфе** исследованы вопросы постановки задач горной механики, применительно к вертикальным выработкам кругового поперечного сечения. Одним из важных проблем оценки устойчивости горных пород в обнажениях является решение задачи определения уравнения равновесия системы, состоящей из массива горных пород, окружающих выработку и возведенной крепи. Вокруг выработки формируется область пород, подверженных интенсивной трещиноватости, затухающей с удалением в глубь массива.

Непосредственно к разрушенным породам примыкает область массива, деформирующего без разрыва сплошности, которая граничит с упругодеформированными породами.

Исходя из приведенных соображений, осуществлены постановки новых прикладных задач о деформировании упругого полупространства с выработкой.

Доказано, что при такой расчетной схеме устойчивости в обнажениях, за уравнения равновесия вмещающих выработку массива пород можно принимать уравнения равновесия упругого трехмерного тела или в случае осесимметричности задачи - двумерные уравнения, которые приводятся к решению двух уравнений относительно функций напряжений  $\varphi$  и  $\psi$ .

**Во второй главе** исследовано напряженно-деформированное состояние вертикальной выработки в случаях крепления стенок ствола упругоподатливой и жесткой крепями, а также в случае отсутствия крепи. При этом вертикальная выработка моделируется как полость в упругом полупространстве и основывается на признаке устойчивости пород, по которому принимается соответствие между картиной напряжений в реальном массиве и его идеальной упругой модели. Если напряжения в упругой модели превышают прочностные характеристики пород, массив считается неустойчивым.

В связи с этим, **в первом параграфе** второй главы, рассмотрена следующая контактная задача для полупространства с цилиндрической выработкой круглого поперечного сечения:

$$\sigma_{rr}(r, z)|_{r=a} = \begin{cases} -\sigma^0, & \text{при } 0 \leq z \leq l; \\ 0, & \text{при } l < z < \infty. \end{cases}$$

$$\sigma_{rz}(r, z)|_{r=a} = 0, \quad 0 \leq z \leq \infty;$$

$$\sigma_{rr}(r, z) = \sigma_{rz}(r, z) = 0 \quad \text{при } r \rightarrow \infty \text{ и } 0 \leq z < \infty$$

здесь  $\sigma^0 = const$  – нормальное напряжение, которое возникает на поверхности контакта деформируемой породы с податливой крепью;  $l$  – длина выработки;  $a$  – радиус выработки;  $r, z$  – радиальная и продольная цилиндрические координаты. При этом цилиндрическая система координат расположена на дневной поверхности массива в соответствии с рис.1. Получено решение задачи в квадратурах. Выведены аналитические выражения для всех компонент тензора напряжений и вектора перемещений, позволяющие вычислить их в любом сечении выработки и с требуемой точностью. Например,

$$U_r(r, z) = \frac{a\sigma^0}{2\mu} \left(1 - \frac{a}{r}\right) \cdot \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \alpha l) \cdot \sin \alpha z}{\alpha K_1(\alpha a)} K_1(\alpha r) d\alpha$$

$$\sigma_{rr}(r, z) = a\sigma^0 \int_0^\infty \frac{(1 - \cos \alpha l) \sin \alpha z}{\alpha \cdot K_1(\alpha a)} \left[ \left(\frac{2a}{r^2} - \frac{1}{r}\right) K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_0(\alpha r) \right] d\alpha. \quad (4)$$

**Во втором параграфе** данной главы согласно указанным соображениям пренебрегая структурными неоднородностями массива, и считая, его как сплошное однородное тело, решена задача о напряженно – деформированном состоянии слоя с выработкой, стенки которой неподкреплены и свободны от внешних нагрузок. Система координат ориентирована как в предыдущем

параграфе данной главы. Построена математическая модель рассматриваемой задачи:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}(r, z) &= 0, & \text{при} & & r = a, & & 0 \leq z \leq l \\ \sigma_{rr}(r, z) &= \begin{cases} \sigma_p^0, & \text{при} & r = b, & & 0 \leq z \leq l; \\ 0, & \text{при} & r = b, & & l \leq z \leq \infty. \end{cases} \\ \sigma_{rr}(r, z) &= 0, & \text{при} & & r \rightarrow \infty & \text{и} & z \rightarrow \infty \end{aligned}$$

здесь  $\sigma_p^0$  предел прочности пород на растяжение;  $a, l$  – по-прежнему радиус и длина выработки;  $b$  – радиус зоны разрушенных пород. Получено замкнутое решение задачи

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^0(r, \alpha) &= \frac{1}{W(\alpha, a, b)} \left\{ \left[ \frac{a}{r^2} K_1(\alpha r) - \alpha \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_2(\alpha r) \right] W^B(\alpha, a) - \left[ \frac{\alpha a}{r} K_2(\alpha r) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \alpha \cdot \left(3 - \frac{2a}{r}\right) K_0(\alpha r) + \frac{1}{r} \left(\frac{3a}{r} - \left(1 - \frac{a}{r}\right)(2 - 2\nu - \alpha^2 r)\right) K_1(\alpha r) \right] W^A(\alpha, a) \right\}, \\ \sigma_{\theta\theta}^0(r, \alpha) &= \frac{1}{W(\alpha, a, b)} \cdot \left[ \frac{r-a}{r^2} K_1(\alpha r) \cdot W^B(\alpha, a) + \left[ \frac{3a - 2r(1+\nu) + 4va}{r^2} \cdot K_1(\alpha r) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \alpha(1+\nu) \left(1 - \frac{a}{r}\right) K_0(\alpha r) \right] W^A(\alpha, a) \right\}, \end{aligned}$$

По полученным формулам для перемещений и напряжений построены их графики изменения в зависимости от продольной и радиальной координат.

**В третьей главе**, на основании проведенных в первой и второй главах исследований и исследований других авторов, разработан метод расчета, и оптимизации числовых значений параметров комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи стволов вертикальных шахт.

**В первом параграфе** третьей главы исследовано взаимодействие анкерной и набрызгбетонной крепей с горным массивом. На основе известных результатов других авторов для зависимости радиального размера зоны разрушенных пород (возможных вывалов) от величины силы сцепления для различных глубин вертикального ствола сформулированы основные свойства, которыми должна обладать анкерная крепь вертикальных стволов.

Отмечен ряд свойств набрызгбетонных крепей, которыми не обладают крепи из монолитного бетона: способность тонких покрытий набрызга бетона сохранять в течение длительного срока высокие первоначальные свойства; возможность образования единой конструкции «крепь - порода», несущая способность которой, в несколько раз превосходит этот показатель, как крепи, так и породы, работающих порознь; выравнивание поверхности закрепляемых выработок и уменьшать тем самым концентрацию напряжений в местах расположения выступов; проникновение в трещины, образующихся после проходки и укрепление приконтурный слой горных пород.

**Второй параграф** данной главы посвящен разработке метода расчета такой крепи для стволов вертикальных шахт. Она включает в себя способы определения длины замковой части анкера и длины самого анкера. При этом

учитывается длина той части анкера, которая заключена между основанием конуса влияния анкера и границей зоны возможных вывалов.

Для длины анкера, устанавливаемой в стенках ствола вертикальной шахты, предложена новая формула

$$\ell = \frac{b}{\sin \varphi} + \left(1 + \frac{\sqrt{2\lambda}}{\operatorname{tg} \varphi}\right) \ell_z. \quad (5)$$

Полученная формула в отличие от известных, позволяет определить длину анкера с учетом угла напластования и коэффициента бокового распора, через которого учитывается и деформационные свойства пород, вмещающих выработку. В частном случае, когда данная формула  $\varphi = 90^\circ$  приобретает вид  $\ell = b + \ell_z$ , которая известна и применяется при расчете длины анкеров кровли горизонтальных выработок.

Далее изложены основные положения вывода формулы для длины замковой части анкера, которая в случае, если к концу анкера приложена некоторая дополнительная сила, например, весь механизм, подвешиваемых к крепи и другие имеет вид

$$\ell_z \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k_z \gamma_c b \left[ ah + \frac{a+h}{\cos \varphi} H \right] (\cos \varphi - f \sin \varphi) + Q_d \cos \varphi}{2\lambda k_c [\sigma_p]}}, \quad (6)$$

где  $Q_d$  величина дополнительной силы;  $a$  - шаг анкерования по горизонтали;  $h$  - шаг анкерования по вертикали;  $H$  - расстояние от поверхности земли до места анкерования;  $\gamma_c$  - плотность пород стенки ствола в месте анкерования;  $b$  - размер зоны возможных вывалов;  $\varphi$  - угол напластования пород;  $k_z$  - коэффициент запаса;  $\lambda$  - коэффициент бокового распора;  $k_c$  - коэффициент литотипности пород стенки;  $[\sigma_p]$  - предел прочности стержня анкера на растяжение;  $f$  - коэффициент трения породы о породу.

Полученная, для длины замковой части анкера, формула (14), являясь элементарной, сильно отличается от ранее известных аналогичных формул. Прежде всего, в ней учитывается влияние горного давления, изменяющейся по глубине. В ее структуре присутствуют фактор угла напластования по отношению к горизонту и коэффициент трения породы о породу, приводящий к уменьшению  $\ell_z$ . Кроме того, объем разрушенных пород в зоне влияния анкера принимается как объем цилиндра, который, по нашему мнению, больше отвечает реальным условиям работы анкера.

Предложенный метод включает в себя и расчёт плотности установки анкеров для круглых и четырехугольных стволов, определения толщины набрызгбетона и другие. Для вертикальной выработки круглого сечения радиуса  $R$ , предложена формула:

$$\rho_{CT} = \frac{k_z \gamma_c (b^2 + 2bR) \cos \varphi}{R P_{z,CT}}.$$

Которая является новой и дает возможность определить плотность установки анкеров в стенках вертикальной выработки круглого сечения. При этом считается, что известны плотности вмещающих выработку пород, радиус зоны возможных вывалов и прочность закрепления анкеров.

Аналогично, в случае выработки с четырехугольным поперечным сечением для плотности установки анкеров, как по длине, так и по ширине сечения, имеет место формула

$$\rho_{CT,2} = \frac{2k_z \gamma_c b \cos \varphi}{P_{z,CT}}.$$

Эта формула отличается от известных, аналогичных выражений для плотности, наличием коэффициента, учитывающего влияние горного давления, и множителя  $\cos \varphi$ , учитывающего влияние напластования пород.

**Третий параграф** посвящен обобщению для вертикальных выработок известную формулу определения толщины набрызгбетонного покрытия. Совместная работа набрызгбетонного покрытия и жесткосцепленного с ним упрочненного слоя породы моделирована, следуя И.Ю.Заславскому, по методике, предложенной Ж.С.Ержановым.

В отличие от горизонтальных выработок, в случае вертикальных стволов, следует учесть и шаг установки анкеров по вертикали, равный  $-h$ . С другой стороны, нагрузка на набрызгбетонное покрытие поверхности стволов, вызванная действием горного давления, действует под острым углом. Поэтому, в данном случае дополнительно следует учесть и коэффициент бокового распора когда поле напряжений является гравитационным. С учетом указанных поправок формула определения толщины набрызгбетонного покрытия поверхности ствола вертикальной выработки имеет вид

$$\delta_{нб} = 0,74 \cdot h \frac{E_{нб}}{E_{нб} + E_n} \sqrt{\frac{a \nu \gamma_c}{2tg\psi(1-\nu)[\sigma_p]} \ln \frac{\sqrt{ah}}{r_a}}.$$

Отметим, что предложенная формула, является новой и отличается от известных, применяемых для горизонтальных выработок тем, что в ней присутствуют значения шагов установки анкеров, как по горизонтали, так и по вертикали. Кроме того, в ней учтено влияние коэффициента бокового отпора по гипотезе академика А.Н.Динника, для случая, когда поле напряжений гравитационное.

**В четвертом параграфе** исследован предел прочности анкеров на срез и определено верхняя граница расстояния между их поясами по вертикали. Предполагая, что набрызгбетонное покрытие будет работать как тонкая подпорная стенка, испытывающая давление некоторого объема пород высотой  $h$  (соответствующего расстоянию между поясами анкеров по вертикали),

$$[\sigma_{cp}^{n\delta}] \cdot \delta_{n\delta} = 2\gamma_c \cdot h_1 b \sin \alpha,$$

ускользающего по наиболее опасной плоскости скольжения, наклоненной к горизонту под углом  $\alpha = \pi(\beta + 0,5)/2$ , с учетом коэффициента запаса, можно требовать выполнение условия, сформулированного В.А.Потапенко  $\delta_{n\delta}$  – толщина нанесенного слоя набрызгбетона в метрах; где  $[\sigma_{cp}^{n\delta}]$  – прочность набрызгбетонного покрытия на срез,  $m/m^2$ ;  $h_1$  – предельно возможная высота слоя пород, при котором еще не наблюдается скольжение, в м;  $b$  – радиус зоны возможных вывалов (разрушенных пород);  $\alpha$  – угол наклона плоскости скольжения. При этом, пояса анкеров по вертикали должны быть установлены так, что на площади (в пространстве) между этими поясами не должно происходить скольжение, т.е. расстояние между поясами анкеров –  $h$  не должно превышать величину  $h_1$  – высоту слоя пород, при котором не происходит скольжение. При известной величине  $\delta_{n\delta}$  из вышеприведенной формулы находим

$$h_1 = \frac{[\sigma_{cp}^{n\delta}] \delta_{n\delta}}{2\gamma_c b \sin \alpha}.$$

Полученная формула позволяет определить верхнюю границу допустимых расстояний между поясами анкеров по вертикали.

**Четвертая глава** диссертационной работы посвящена разработке алгоритма расчета, и способам оптимизации параметров комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи для стволов вертикальных шахт. Рассмотрены некоторые вопросы автоматизации расчета с применением современных средств вычислительной техники. Осуществлена общая оценка технико-экономической эффективности применения анкер-набрызгбетонной крепи.

**Первый параграф** данной главы посвящен разработке практических рекомендаций по применению комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи для крепления стволов вертикальных шахт. На основании результатов исследований, проведенных в предыдущих главах диссертационной работы, разработана модель расчета, и оптимизации параметров анкер-набрызгбетонной крепи стволов вертикальных шахт. Разработанный метод продемонстрирован на конкретном примере, используя осредненные данные об основных физико-механических характеристиках руд месторождений.

На примере корректировки значения толщины наносимого слоя бетона, достигаемой при однократном набрызге, изложена методика оптимизации числовых значений параметров крепи в целом. Показаны способы оптимизации параметров крепи, изменяя величины шагов анкерования по горизонтали и вертикали, по радиусу поперечного сечения, как стержня, так и самого железобетонного анкера другие.

**Во втором параграфе** предложена математическая модель расчета, и оптимизации величин параметров анкер-набрызгбетонной крепи. Составлены

программы расчета длины замковой части анкера, длины самого анкера, плотности установки анкеров, толщины набрызгбетона и других параметров. Указанные программы легко реализуются на современных персональных электронно-вычислительных машинах и доступны инженерным работникам горно-геологических экспедиций. На основании составленных алгоритмов выполнены численные исследования свойств некоторых параметров анкер-набрызгбетонной крепи.

**Третий параграф** посвящен оценке технико-экономической эффективности применения анкер-набрызгбетонной крепи для стволов вертикальных шахт. За базу сравнения принято крепление рядовых участков ствола шахты квадратной формы сечением  $5,4 \text{ м}^2$  ( $S_{\text{ч}} - 6,9 \text{ м}^2$ ) сплошной венцовой крепью в породах V-XX категорий (средняя - XII). При этом экономическая эффективность возникает за счет изменения эксплуатационных издержек при креплении, с сокращения объектов проходческих работ, от уменьшения площади сечения выработки вчерне.

Применение предлагаемой технологии для крепления рядовых участков стволов шахт отвечает всем основным техническим и экономическим требованиям, предъявляемым к крепи участков стволов шахт и, что особенно важно, позволяет сократить расход дорогостоящего и остродефицитного в наших условиях лесоматериала, а также уменьшить сечение ствола вчерне, повысив тем самым производительность проходки.

Расчеты показывают, что при применении комбинированной анкер-набрызгбетонной крепи производительность труда возрастает почти в 5 раз, годовой объем работы при 2-х сменном режиме и продолжительности полевого сезона 12 месяцев составляет до внедрения – 585,22 м, после внедрения – 3389,38 м.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основными результатами и выводами диссертационной работы являются следующие:

1. Исходя из точной постановки трехмерной задачи о деформации полупространства, ослабленной глубокой цилиндрической полостью, решена задача о напряженно-деформированном состоянии (НДС) массива горных пород вокруг вертикальной выработки кругового поперечного сечения;

2. Осуществлены постановки новых прикладных задач о деформации полупространства с выработкой, стенки которой свободны или креплены различными способами. При этом решены задачи о деформации полупространства с выработкой, подкрепленной упругодеформируемым включением и о напряженно-деформированном состоянии слоя с выработкой с неподкрепленной поверхностью;

3. Разработан новый метод расчета параметров анкер-набрызгбетонной крепи применительно к стволам вертикальных шахт. При этом предложены алгоритмы и расчетные формулы для определения длины анкеров, длины

замковой их части, плотности и шага установки анкеров для стволов круглого и четырехугольного поперечных сечений;

4. Предложена математическая модель расчета, и оптимизации параметров анкер-набрызгбетонной крепи стволов вертикальных шахт. Составлен алгоритм и программа, реализующие расчет на персональных электронно-вычислительных машинах;

5. Разработаны практические рекомендации по применению анкер-набрызгбетонной крепи в натуральных условиях. Приведены примеры расчета и оптимизации параметров крепи применительно к условиям малых вертикальных шахт.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
SCIENCES DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 UNDER  
THE SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER  
SHAROF RASHIDOV**

---

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER  
SHAROF RASHIDOV**

**OMONOV SHERZOD BAKHTIYOR UGLI**

**STABILITY OF ROCKS CONTAINING A VERTICAL SHAFT AND A  
MATHEMATICAL MODEL OF ITS SUPPORT**

**01.02.03. – Soil and rock mechanics**

**ABSTRACT  
of dissertation of the doctor of philosophy (PhD) technical sciences**

**Samarkand – 2022**

The theme of the paper work of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered at the Higher attestation Commissions under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, B2021.I.PhD/T2176.

The paper work was completed at the Samarkand State University named after Sharof Rashidov  
The abstract of the paper work is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website ([www.samdu.uz](http://www.samdu.uz)) and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Khalmuradov Rustam Ibragimovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Ishankhodjayev Abdurakhmon Asemovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Yakubov Mukimjon Mukhtorovich**  
candidate of technical sciences, Docent

**Leading organization:** **Namangan Engineering Construction Institute**

The defense will take place «12» ~~october~~ <sup>tober</sup> 2022 at 15:00 at the meeting of Scientific Council number DSc03/30.12.2019.FM/T.02.09 at Samarkand State University named after Sharof Rashidov (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40. e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz))

The thesis is available in the Information and Resource Center of Samarkand State University named after Sharof Rashidov (registration number 94). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-12-47.)

Abstract of dissertation sent out on « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 y.  
(mailing report № \_\_\_\_\_ on « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ { \_\_\_\_\_ 2022 y.)



**A.B. Akhmedov**  
Chairman of scientific council for awarding degree,  
Doctor of Technical sciences, Professor

**K. Isabekov**  
Scientific secretary of scientific  
council for awarding degree,  
Candidate of Technical sciences, Docent

**Kh. Khudoynazarov**  
Chairman of scientific council seminar at the scientific  
council for the awarding academic degree,  
Doctor of Technical sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research is:** the aim is to development of methods for assessing the stability and forecasting of rocks in outcrops; to create a mathematical model for calculating a combined anchor-sprayed concrete support for the trunks of vertical mines and adjacent ones, taking into account changes in the effect of rock pressure with depth; to apply the results obtained for calculating the support of vertical mines carried out in the mining and geological conditions of Uzbekistan.

**The object of research is** combined anchor-sprayed concrete support for vertical mine workings.

**The scientific novelty of the dissertation research is as follows:**

a mathematical model has been created that allows to increase the efficiency of fixing the trunks of small vertical shafts by optimizing the physical and mechanical parameters of the anchor-sprayed concrete support;

an algorithm has been developed to prevent the formation of a dangerous stress-strain state of a rock mass containing a vertical circular cross-section, which occurs due to increasing rock pressure with depth.;

the determination of the parameters of the anchor-sprayed concrete support, ensuring the strength of the walls of the workings, taking into account the influence of the angle of stratification of rocks and the action of rock pressure is justified;

it is established that a natural stress-strain state will be established in the rock mass, at a distance of 0.6-0.7 meters from the walls of the mine, and, accordingly, the size of the rock destruction zones does not exceed 0.5-0.6 meters, regardless of the depth of the section under consideration.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results on increasing the stability and economic efficiency of the anchor-sprayed concrete support of vertical mine shafts:

determining the size of the zones of the destroyed structure and possible dislocations using calculation formulas for stresses in the soil mass around deep pits were used in LLC “Kishlokkurilishloyiha” (reference of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06/285 dated January 11 2022). As a result, the weight of the enclosing structure was reduced by 3% and consumables were saved by 4-5%;

the determination of the size of the destruction zones, the use of a thin layer of sprayed concrete up to 2-3 cm thick to cover the exposed surface of the workings was introduced to prevent the destruction of the walls of the workings in “Geofundamentproekt” LLC (reference of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06/285 dated January 11, 2022), which led to an increase in the bearing capacity of the enclosing structure on 4-5% and save materials spent on fixing the walls of workings up to 5%;

calculations of stress fields in the massif around the workings based on stability criteria, calculated values of the radius of the zone of the destroyed soil structure, taking into account the effects of static and dynamic loads and the use of a sprayed concrete coating of outcrops together with the enclosing structure were carried out at “UniverProStile” LLC (reference of the Ministry of Construction of the Republic

of Uzbekistan No. 09-06/285 dated January 11, 2022). As a result, consumables are saved by 9-11%, which will make it possible to reduce the weight of the enclosing structure by 14% and increase the bearing capacity of the enclosing structure by 10-12%.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, main results, conclusions and a list of references. The volume of the dissertation is 112 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Khalmuradov R.I, Khudoynazarov Kh, & Omonov Sh.B. (2020). Determination of the parameters of the stress fields of the rock mass around the vertical working of the circular cross-section. ISJ Theoretical & Applied Science, 10 (90), 106-112. Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-10-90-22> Doi: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS>

2. Халмурадов Р.И., Худойназаров Х.Х., Омонов Ш.Б. (2020) Обзор методов оценки устойчивости пород и расчета анкерной и набрызгбетонной крепей горных выработок. // Memorchilik va qurilish muammolari ilmiy-texnik jurnali. - 2020 №1. 90-95

3. Халмурадов Р.И., Омонов Ш.Б. Особенности взаимодействие анкерной и набрызгбетонной крепей с горным массивом. // Memorchilik va qurilish muammolari ilmiy-texnik jurnali. - 2020 №2.

4. Омонов Ш.Б. Модель расчета и оптимизации параметров анкер-набрызг-бетонной крепи стволов вертикальных шахт. // Memorchilik va qurilish muammolari ilmiy-texnik jurnali. - 2020 №2.

5. R.I.Khalmuradov, Kh.Khudoynazarov, Sh.B.Omonov (2021). Stress-Strain State Of The Rock Mass Around The Vertical Mine. SamDU ilmiy axborotnoma 2021-yil, 1-son. 83-89.

**II бўлим (II часть; II part)**

6. Омонов Ш.Б, Худойбердиев З.Б. Алгоритм и программа расчета деформации слоя с выработкой, подкрепленной упруго-деформируемым включением//Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сб.статьей XLVI международной научно-практической конференции, 15 июнь 2021, г. Пенза. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. С. 48-51.

7. Омонов Ш.Б, Худойбердиев З.Б. Напряженно деформированное состояние слоя с выработкой с неподкрепленной поверхностью// Актуальные вопросы современной науки и образования. Сб. статьей XI Международной научно-практической конференции, 20 июнь 2021, г. Пенза. -Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. С. 46-52.

8. Омонов Ш.Б. Напряженно-деформированное состояние массива с вертикальной выработкой с неподкрепленной поверхностью. //(2021) 1-2-июнь Глобаллашув даврида математика ва амалий математиканинг долзарб масалалари. Республика илмий анжумани материаллари тўплами, 1-2 июнь 2021й, II-қисм -Тошкент: 2021, Б.112-115.

9. R.I.Khalmuradov, Kh.Khudoynazarov and Sh.B.Omonov (2021) Model for calculation of anchor parameters fixings for vertical exploration works. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 937 042092 DOI:10.1088/1755-1315/937/4/042092.

Автореферат Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университетининг  
“СамДУ илмий тадқиқотлар ахборотномаси” журнали таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди (23.09.2022 йил).

2022 йил 24 сентябрда босишга рухсат этилди:  
Офсет босма қоғози. Қоғоз бичими 60×84<sub>1/16</sub>.  
“Times” гарнитураси. Офсет босма усули.  
Ҳисоб-нашриёт т.: 2,7. Шартли б.т. 2,07.  
Адади 100 нусха. Буюртма № 24/09.

---

СамДЧТИ нашр-матбаа марказида чоп этилди.  
Манзил: Самарқанд ш, Бўстонсарой кўчаси, 93.