КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН

ГЕОМЕХАНИКА ЖАНА ЖЕР КАЗЫНАСЫН ӨЗДӨШТҮРҮҮ ИНСТИТУТУ

ЖАЛАЛ-АБАД МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

Д 25.21.643 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК: 622.33.013.3(575.2) (043.03)

БОТОКАНОВА БАКТЫГУЛ АСАНКОЖОЕВНА

МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ ЫКМАСЫ МЕНЕН БАСЫМДУУ ТУННЕЛДЕРДИН АЙЛАНАСЫНДАГЫ ТОО ТУЛКУСУНУН ЧЫНАЛУУ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫК АБАЛЫН БААЛОО

25.00.20 – геомеханика, тектерди жардыруу менен талкалоо, рудник аэрогазодинамикасы жана тоо-кен жылуулук физикасы

техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган

Автореферат

Бишкек – 2022

Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз - Орус Славян университетинде

К.И. Скрябин атындагы Кыргыз Улуттук агрардык университетинде аткарылды

Илимий жетекчи **Жумабаев Бейшенбек**
Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус
Славян университетинин профессору,
техника илимдеринин доктору

Расмий оппоненттер:

Жетектөөчү мекеме: И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Бишеке ш., Ч. Айматов проспектиси. 66

Ишти коргоо «___ »_____ 2022-ж. саат __дө КР УИА Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтуна жана Жалал-Абад мамлекеттик университетине караштуу доктордун (кандидаттын) окумуштуулук даражасын изденип алууга диссертацияны коргоо боюнча Д 25.21.643 диссертациялык кеңешинин отурумунда, 720055, Бишкек шаары, Медеров көч., 98 дареги боюнча өткөрүлөт. Онлайн режиминде диссертация коргоонун идентификациялык коду: _____

Диссертация менен КР УИА Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтунун китепканасында, Бишкек ш., Медеров көч., 98, жана Жалал-Абад мамлекеттик университетинин китепканасында, Жалал-Абад ш., Ленин көч., 57, Институт сайтында https://igion.megaline.kg/ жана КР ЖАК сайтында: http://vak.kg/ таанышууга болот.

Автореферат «__ » _____ 2022-ж. таркатылды.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы, ф.-м.и.к., доцент Исаева Г.С.

ИШКЕ ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Жер астынан пайдалуу кендерди иштетүү, ошондой эле гидроресурстарды туннелдер аркылуу ташып жеткирүү жер астындагы мейкиндиктин айланасындагы тоо массасынын туруктуулугун камсыз кылуу үчүн илимий изилдөөлөрдү талап кылат. Тоолуу райондордо кен казуу жана транспорт, гидротехникалык туннелдерди курууга муктаждык зарыл. Туннелдердин айланасындагы мейкиндиктердин туруктуулук абалын түзүү көптөгөн факторлорго көз каранды. Бул тоо капталдарынын жана ойдуңдарынын таасирин, гравитациялык, сейсмикалык, тектоникалык күчтөрдүн, суунун басымынын жана башка тышкы күтөрдүн биргелешкен аракетин эске алуу менен жүргүзүлөт. Ошондуктан, жогоруда келтирилген факторлорду эске алуу менен тоо-кен казанактардын жана туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу жана деформацияланган абалына баа берүү актуалдуу милдет болуп саналат.

Туннелдердин айланасындагы тоо тулкуларынын абалын баалоо үчүн, ошол эле учурда күч факторлорунун айырмасын эске алуу зарыл болсо, жүк түшүрүү, ультра үн үндөө сыяктуу салттуу ыкмалар абдан кымбат жана натыйжасыз болуп калат. Тоолордун бийиктиги километрлер менен, ал эми тоо-кен иштетүүнүн өлчөмдөрү ондогон метрлер менен ченелген учурда чектүү айырмачылык же чектүү элементтер методун колдонуу илимий изилдөөлөрдүн ишенимдүүлүгүн жана тактыгын жоготулгандыктан, объектерде изилдөө дээрлик реалдуу эмес болуп калат.

Ошентип, кен казуу казанктарынын жана туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалын эсептөө үчүн аналитикалык моделди түзүү зарыл. Туннелдердин айланасындагы тоо тулкуларынын чыңалуу абалын эсептөөдө, тоолуу рельефти, туннелдин жайгашкан ордун, гидростатикалык басымды, көлөмдүк жана тектоникалык күчтөрдү эске алат.

Диссертациянын темасынын илимий программалар, темалар менен байланышы. Диссертациянын натыйжалары Кыргыз Республикасынын илим жана билим берүү министрлигинин заказы боюнча илимий-изилдөө иштерине киргизилген. Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетинде төмөнкү долбоорлор ишке ашырылган:

- Тоолуу шарттарда инженердик курулмалардын (плотиналардын) динамикасына баа берүү жана конструкциялык материалдардын механикасын моделдөө ыкмаларын иштеп чыгуу; (2012-жылдын отчету, 55-77- беттер).
- Тереңдиктеги казанактарды иштетүү шарттарында жана бийик тоолордо жогорку басымда тоо тектердин бекемдиги жана деформацияланууучулугу. (2013-ж., 27-46- беттер, 2014-ж., 19-44- беттер).

- Кыргызстандын шартында сейсмикалык коркунуч жана инженердик курулуштарды сейсмикалык коргоо. (2016-ж. отчету, 20-32-беттер).

Диссертациялык иштин максаты – гравитациялык тартылуу күчү, тектоникалык кысуу жана суунун басымы аракет кылган шарттарда тоонун тулкусунда жайгашкан басымдуу гидротехникалык туннелдердин чыңалуу-деформациялык абалын аналитикалык моделдөө ыкмасы менен баалоо.

Изилдөөнүн милдеттери:

1. Тоонун рельефинин формасын, гравитациялык жана тектоникалык күчтөрдүн аракетин эске алуу менен болжолдонгон туннель жайгашкан тоо тулкусундагы тоо тектеринин баштапкы чыңалуу абалын баалоо жана аналитикалык мүнөздөмө берүү.
2. Жарым тегиздиктин рельефтик өзгөчөлүктөрүн, типтүү формаларын жана өлчөмдөрүн көмөкчү жарым тегиздиктеги оюк менен конформдук математикалык чагылдырууну колдонуп, туннель кесилиштеринин ар кандай формаларын бирдик айлананын сыртында моделдөө үчүн аналитикалык ыкмасын колдонуу.
3. Гравитациялык тартылуу күчү жана тектоникалык кысуунун биргелешкен же айрым аракеттерин эске алып, анын жайгашкан ордун жана тоо тулкуларынын баштапкы чыңалуу абалын эске алуу менен туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалынын аналитикалык моделин түзүү.
4. Колосово-Мусхелишвили методунун алкагында кесилиштердин типтүү формаларын эске алуу менен туннелдердин айланасындагы чыңалуулардын кайра бөлүштүрүлүшүнө суунун басымынын таасиринин аналитикалык сүрөттөлүшү.
5. Ар кандай факторлордун: тоо тулкусунун формасынын, туннелдин жайгашкан ордун жана кесилиш формасынын, гравитациялык тартылуу күчүнүн, тектоникалык кысуунун жана суунун басымынын таасири астында туннелдердин айланасындагы чыңалуулардын, деформациялардын, жылышуулардын бөлүштүрүлүшүн эсептөө жана талдоо методологиясын түзүү.
6. Жекече жана биргелешкен күч факторлорунун таасири астында, гидротехникалык туннелдердин айланасында чыңалуу талааларынын, тоо тектеринин деформацияларынын таралышынын мыйзам ченемдүүлүктөрүн түзүү.

Иштин илимий жаңылыгы төмөнкүдөй:

1. Параболикалык цилиндр менен чектелген терең капчыгайдын зонасында, дээрлик тик эңкейиштүү жалгыз тоо, тоо аралык ойдуң жана дарыя зонасында тоолуу рельефтүү тоо тулкусунун баштапкы чыңалуу абалын бөлүштүрүүнүн эсептөө алгоритми түзүлүп, белгиленген

мыйзам ченемдүүлүктөрү, башка белгилүү авторлордун мурдагы натыйжаларынан айырмаланат. Натыйжа 1 жарым-жартылай жаңы.

2. Тоонун рельефинин баштапкы чыңалуусу, туннель жайгашкан ордун жана типтүү формаларын эске алуу менен туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалы аныкталды жана аналитикалык жол менен мүнөздөлдү. Натыйжа жаңы.
3. Тоо тулкусунда жайгашкан туннелдердин айланасындагы суу басымынын таасири астында пайда болгон чыңалуу абалына жана чыңалуулардын кайра бөлүштүрүлүшүнө баа берилди. Сандык жана сапаттык өзгөрүүлөр суунун басымынын чоңдугуна жана тегерек кесилиштүү туннелдерден башка типтүү кесилиш формаларына жараша аныкталды. Натыйжа 3 жаңы.
4. MATHCAD программалык чөйрөсүндө туннелдердин айланасындагы чыңалууларды эсептөөнүн аналитикалык модели түзүлдү жана методикасы иштелип чыкты, ал гравитациялык, туурасынан кеткен тектоникалык күчтөрдүн, суунун гидростатикалык басымынын биргелешкен же жекече аракеттерин, жана типтүү кесилиш формаларын эске алууга мүмкүндүк берет. Натыйжа 4 жаңы.

Алынган натыйжалардын теоретикалык жана практикалык маанилүүлүгү.

- сейсмикалык, тартылуу жана тектоникалык күчтөрдүн, ошондой эле гидростатикалык басымдын таасирин эске алуу менен басымдуу гидротехникалык туннелдердин айланасындагы тоо тулкусунун чыңалуу жана деформацияланган абалынын аналитикалык моделин иштеп чыгуу;
- оперативдүү экспертиза жүргүзүүдө жана инженердик чечимдерди кабыл алууда тоолуу райондордо жайгашкан туннелдердин абалын эсептөө жана баалоо методологиясын колдонуу;
- туннелдердин формаларын жана өлчөмдөрүн тандоо, тоонун бооруна, капчыгайларга жана башка тоолуу аймактарда туннелдерди долбоорлоо;
- аналитикалык моделдөө жолу менен инженердик маселелерди чечүү үчүн окуу куралдарын түзүү;
- тоо тулкуларында жайгашкан тоо тектеринен кен өндүрүүдө жана жер астындагы казанактардын, туннелдердин, коммуникациялардын, айланасындагы чыңалуу-деформациялык абалына эксперттик баа берүү.

Диссертациялык иштин жыйынтыгы Б.Н. Ельцин атындагы КОСУнин окуу процесстерине киргизилген. Адистерди даярдоодо:

- 15.03.03 (650500) «Колдонмо механика» багыты боюнча «Серпилгичтүүлүктүн эки өлчөмдүү теориясынын математикалык

методдору» жана «Жогорку математика боюнча атайын бөлүмдөр жана практикум» сабактарына;

- 08.03.01 – Россия Федерациясы жана 750500 – КР “Курулуш”, профили «Гидротехникалык курулуш» багыты боюнча бакалаврларды даярдоодо “Кен иштерин өндүрүү” сабагы;
- К.И. Скрябин атындагы КУАУнин «Тоо-кен гидротехникалык курулушу» кафедрасында, «Гидротехникалык курулуш» профили, 750500 – «Курулуш» адистиги боюнча бакалаврларды даярдоодо: «Топурактын механикасы», «Математикалык моделдөө жолу менен инженердик маселелерди чечүү» сабактарында колдонулган.

Диссертациянын коргоого алып чыккан негизги жоболору:

- 15 типтүү туннель кесилиштерин моделдөөнүн бирдиктүү ыкмасы жана чагылдыруучу функциянын туруктуу параметрлерин өзгөртүү жолу менен туннелдердин айланасындагы чыңалуу-деформациялык абалдын аналитикалык сүрөттөлүшү;
- чыңалууну жана деформация талааларын эсептөө үчүн MATHCAD программасы тарабынан берилген аналитикалык моделди колдонуу менен тоо тектеринин баштапкы абалын, туннелдин жайгашкан ордун жана формасын эске алуу менен туннелдердин тегерегиндеги тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалын аладын ала аныктоо;
- тартылуу, горизонталдык тектоникалык күчтөрдүн, басымдын жоктугуна жана суунун гидростатикалык басымынын биргелешкен аракетине жараша туннелдердин айланасындагы тоо тектердин чыңалуу-деформациялык абалын аналитикалык сыпаттоо;
- MATHCAD программалык чөйрөсүнүн продуктусун пайдалануу менен гидротехникалык туннелдердин айланасындагы тоо тулкуларынын чыңалуу-деформациялык абалын эсептөөнүн жана графикалык долбоорлоонун автоматташтырылган алгоритми.

Илимий жоболор гравитациялык тартылуу күчү жана гидростатикалык басымдын таасири астында басымдуу туннелдер үчүн серпилгичтүүлүк теориясынын маселесин чечүүгө негизделген. Бул басымдуу гидротехникалык туннелдердин чыңалуу-деформация абалын эсептөө методологиясын негиздөө үчүн аткарылган. Моделдөө төмөнкү этаптардан турат:

1. Гидротехникалык туннелдердин тоо-кен иштерине чейинки баштапкы чыңалуу-деформациялык абалы.
2. Тоо-кен иштеринен кийинки гидротехникалык туннелдердин чыңалуу-деформациялык абалынын өзгөрүшү.
3. Гидротехникалык туннелдердин суу басым күчүнүн таасири астындагы чыңалуу-деформациялык абалы.

Автордун жеке салымы: илимий-техникалык проблеманы изилдөөнүн максатын жана милдеттерин коюу; гидротехникалык туннелдердин айланасында тоо тулкусун чагылдыруу функциясы менен көрсөтүү алгоритмин иштеп чыгуу; MATHCAD программалык чөйрөсүндө туннелдердин тегерегиндеги тоо тектеринин деформацияланган абалын изилдөө үчүн жаңы автоматташтырылган системаны ишке ашыруу.

Изилдөөнүн натыйжаларын апробациялоо. Изилдөөнүн негизги натыйжалары талкууланып, билдирилди жана жарыяланды: «Тоо гидротехникалык курулуш» деген илимий конференцияларда жана семинарларда К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университетинде. (Бишкек, 2004,2009-жж); Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтунда «Механика жана катуу чөйрөдө заманбап проблемалары» эл аралык конференциясында. (Бишкек, 2005, 2011, 2012, 2013-жж); Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Орус Славян университетиндеги механика кафедрасында. (Бишкек, 2006, 2013-жж); «Илим жана билим жарчысы» илимий-методикалык журналында. (Москва, 2018-ж); «Табигый жана техникалык илимдер» журналында. Ал рецензияланган алдыңкы илимий журналдардын жана басылмалардын тизмесине, ошондой эле эл аралык Chemical Abstracts маалымат базасына киргизилген. (Москва, 2018-ж); Забайкал мамлекеттик университетинин теориялык жана илимий-практикалык журналында (Чита, 2018-ж); «European Applied Sciences» илимий журналында (ISSN Улуттук борбору). (Вена, 2018-ж); «Кыргызстандын илими, жаңы технологиялары жана инновациялары», «Кыргызстан ЖОЖ кабарлары» илимий журналында. (Бишкек, 2018, 2021-жж).

Изилдөөлөрдүн натыйжаларынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу.

Изилдөөнүн негизги натыйжалары сегиз басылмада 17 илимий макалада, анын ичинен 5 макала чет өлкөлөрдө, рецензияланган журналдарда жарыяланган.

Диссертациянын курамы жана көлөмү.

Диссертациялык иш кириш сөздөн, төрт бөлүмдөн, корутундудан, 132 барак компьютердик текстте баяндалган тиркемелерден турат, 21 таблицадан, 51 сүрөттөн, 78 аталыштагы адабияттар тизмесинен турат.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Кириш сөздө изилдөө темасынын актуалдуулугун негиздеди, жалпы мүнөздөмө жана анын изилденүү даражасы берилди, иштин максатын жана милдеттерин ачып, илимий жаңылыкты, автор тарабынан коргоого коюлган

негизги жоболорду жана алардын практикалык маанисин жана изилдөө натыйжаларын апробациялоону баяндады.

Биринчи бөлүмдө диссертациялык иштин темасына тиешелүү иштердин кыскача сын көз карашы жасалып, колдонулган математикалык аппарат жана гидротехникалык туннелдердин айланасындагы басымдын абалын баалоонун методологиялык негиздери берилген.

Буга чейин Н.И. Мусхелешвили (1966 ж.) жана Н. Савин (1968 ж.) монографияларында тешиктердин жанында чыңалууну бөлүштүрүүнүн чектеги маселелерин чечет. Кийинчерээк бул проблемалар Колосов-Мусхелишвили ыкмасы менен конформдук чагылдыруу аппаратын колдонулуп бир нече жолу чечилген. С.Г. Авершин, С.А. Балалаева, В.Н. Груздева, Ж.С. Эржанова (1971 ж.), Ш.М. Айталиева, Ж.К. Масановдордун (1980 ж.) эмгектеринде тоо-кен казанкактардын салмактуу тегиздикте чыңалуулары изилденген.

Тоо-кен казанактарынын айланасындагы алгачкы чыңалуу абалы (туннельсиз) Е.В. Калинин (1970 ж.), Д.М. Ахпателов, З.Г. Тер-Мартиросяндардын (1976) илимий иштеринде каралган.

Тоо-тек тулкусундагы алгачкы чыңалуу абалын түшүрүү ыкмасы менен И.Т. Айтматов, К.Ч. Кожогулов (1999) жана башка авторлор изилдешкен.

Б.Жумабаев жана Г.С. Исаева (1990) илимий иштеринде туннелдердин таасири жок суу сактагычтардын таасирин эске алуу менен капчыгайдын чыңалуу абалын изилдеген. Капчыгай зонасында жайгашкан тегерек кесилиши бар казанактын айланасындагы тоо-тектеринин чыңалуу абалы Б.Жумабаев жана Г.Б. Ходасевич (1991 ж.) изилдеген.

Тоонун рельефинин формасын эске алуу менен баштапкы чыңалуу абалын баалоонун математикалык моделдөө ыкмасынын альтернативалуу жолу К.Ж. Усеновдун (2002) илимий иштеринде чагылдырылган.

Тоо тулкусунун баштапкы чыңалуу абалын баалоодо эң эффективдүү ыкма Коши тибиндеги интегралдардын касиеттерин колдонуу менен жарым-чексиз изилдөө аймакты жарым тегиздикке конформдук чагылдырып түшүрүү аппаратын колдонууга негизделген.

Чагылдыруу функциясы $\omega_1(\zeta)$, $\zeta = \xi + \iota\eta$, $\eta \leq 0$, $-\infty \leq \xi \leq \infty$ жарым тегиздикте жарым чексиз аймакта жана $\Phi(\zeta)$ жана $\Psi(\zeta)$ комплекстүү потенциалдары аркылуу ишке ашып, чектик шарттарды канааттандырат:

$$\Phi(t) + \overline{\Phi(t)} - e^{2i\alpha}\left[\overline{\omega(t)}\Phi'(t) + \Psi(t)\omega'(t)\right] = N - iT \qquad (1)$$

мында N жана T тиешелүүлүгүнө жараша жарым чексиз аймактын контурларынын нормалдуу жана тангендер компоненттери.

Башка учурда, иштөөчү түзүлүштөрдүн жана туннелдердин формалары моделделгенде $\omega_2(\zeta)$, $\zeta = \rho \cdot e^{2i\theta}$, $1 \leq \rho \leq \infty$, $0 \leq \theta \leq 2\pi$ чагырдыруу функция колдонулат жана комплекстүү потенциалдар $\Phi(\zeta)$ жана $\Psi(\zeta)$ чектик шарттары табылат:

$$\Phi(\zeta) + \overline{\Psi(\zeta)} - e^{2i\alpha}\left[\overline{\omega_1(\zeta)}\Phi'(\zeta) + \Psi(\zeta)\omega_2'(t)\right] = \sigma_\rho + i\tau_{\rho\theta} \qquad (2)$$

мында σ_ρ жана $\tau_{\rho\theta}$ (1) жумушчу казанактардын жана туннелдердин контурундагы нормалдуу жана тангендер компоненттери.

(1) жана (2) чектик маселелерди чечүүдө $e^{2i\theta}$ жана $e^{-2i\theta}$ туюнтмалары чагылдыруу функциясынын кабыл алынган формасынан гана аныкталат. α параметринин маңызы 0ξ же 0ρ өзгөрмөлөрүнүн багыты боюнча аймактын каалаган чекитиндеги OX горизонталдык огу менен тангенстин ортосундагы бурч болуп саналат.

Мында $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ чыңалуу компоненттери XOY жана $\sigma_\xi, \sigma_\eta, \tau_{\xi\eta}$ же $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \tau_{\rho\theta}$ чыңалуу компоненттери ийри сызыктуу координаттардагы тегиздигинде $\zeta = \xi + i\eta$ жана $\zeta = \rho e^{i\theta}$ ар кандай массивдеги чекит байланышына ээ.

$$\begin{gathered}\sigma_x + \sigma_y = \sigma_\xi + \sigma_\eta = \sigma_\rho + \sigma_\theta \\ \sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = (\sigma_x - \sigma_y + i\tau_{xy})e^{2i\alpha} \\ \sigma_\theta - \sigma_\rho + 2i\tau_{\rho\theta} = (\sigma_y - \sigma_x + i\tau_{xy})e^{2i\alpha}\end{gathered} \tag{3}$$

Ийри сызыктуу координаттардагы чыңалуу компонентин эсептөө үчүн (1) жана (2) дан табылган $\Phi(\zeta)$ жана $\Psi(\zeta)$ функциялары Мусхелишвили катыштарынын жардамы менен колдонулат:

$$\sigma_\xi + \sigma_\eta = 2Re\left[\Phi(\zeta) + \overline{\Phi(\zeta)}\right] \tag{4}$$

$$\sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = 2[\omega(\zeta)\Phi'(\zeta) + \Psi(\zeta)] \tag{5}$$

$e^{2i\alpha}$ жана $e^{-2i\alpha}$ өлчөмдөрү чагылдыруу түрүндөгү $\omega_1(\zeta)$ барабар:

$$e^{2i\alpha} = \frac{\omega'(\zeta)}{\overline{\omega(\zeta)}}; \quad e^{-2i\alpha} = \frac{\overline{\omega'(\zeta)}}{\omega'(\zeta)} \tag{6}$$

$\omega_2(\zeta)$ чагылдыруучу тешиктерин көрсөтүүдө:

$$e^{2i\alpha} = \frac{\overline{\zeta^2}}{\rho^2}\frac{\overline{\omega_2'(\zeta)}}{\omega_2'(\zeta)}; \quad e^{-2i\alpha} = \frac{\rho^2}{\zeta^2}\frac{\omega_2'(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}}; \tag{7}$$

Жарым чексиз аймактын же туннель контурундагы ийри сызыктуу координаттардагы $\sigma_\xi, \sigma_\eta, \tau_{\xi\eta}$ жана $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \tau_{\rho\theta}$ чыңалуу компоненттери (1) жана (2) шарттарын так аткарылышын баалоо үчүн зарыл экендигин белгилей кетүү керек. Алар тоо тулкусунун ички чекиттеринде чекиттен чекитке өзгөрүлүүчү чыңалуулардын таралышынын мүнөзүн жана чыңалуу багытынын чоңдугун талдоо үчүн анча деле пайдалуу эмес.

Чыңалуу бөлүштүрүүнү талдоо үчүн, XOY огунун координаты менен байланышкан чыңалуу компоненттери колдонулган. Мындан тышкары, берилген октун координатасында ар түрдүү күч факторлорунун таасиринен келип чыккан чыңалуу талааларын жалпылоо ыңгайлуу. Андан кийин, контур чекиттеринде курулган чечимдердин тактыгын баалоо үчүн ийри сызыктуу координаттарда эсептелген чыңалуу компонентин, ал эми ар түрдүү күч факторлорунун таасиринен келип чыккан чыңалуу талааларын кошуу үчүн $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ чыңалуу компоненттерин колдонобуз.

Экинчи бөлүмдө терең капчыгайдын, жалгыз тоонун, тоолор аралык ойдуңдун жана дарыя капчыгайынын жантайындагы алгачкы чыңалуу абалынын алдын ала айтуу эсептөө программасынын алгоритми түзүлөт.

Иштин максаты гидротехникалык туннелдердин айланасындагы тоо тулкусунун чыңалуу-деформациялык абалынын математикалык моделин иштеп чыгуу болуп саналат, ал чыңалуу талааларынын суммасынан турат:

$$\sigma_x^0 = \sigma_x^n + \sigma_x^{\text{р}} + \sigma_x^m + \sigma_x^{\text{н}},$$
$$\sigma_y^0 = \sigma_y^n + \sigma_y^{\text{р}} + \sigma_y^m + \sigma_y^{\text{н}},$$
$$\tau_{\text{xy}}^0 = \tau_{\text{xy}}^{\text{п}} + \tau_{\text{xy}}^{\text{р}} + \tau_{\text{xy}}^{\text{т}} + \tau_{\text{xy}}^{\text{н}}. \quad (8)$$

Чыңалуу компоненттеринин «*n*» жогорудагы индекси дифференциалдык тең салмактуулук теңдемелеринин интегралдары болуп саналат:

$$\sigma_x^{\text{п}} = \text{A}_1 \cdot y + T_x; \;\; \sigma_y^{\text{п}} = A_2 y; \;\; \tau_{xy}^{\text{п}} = A_3 y \quad (9)$$

мында $A_1 = \lambda \cdot \gamma \cdot (1 - k_c \cdot \cos\delta)$; $A_2 = \gamma \cdot (1 - k_c \cdot \cos\delta)$; $A_3 = k_c \cdot \gamma \cdot \sin\delta$

Мында көрсөтүлдү: γ - тоо тектердин көлөмдүк салмагы, тоо тектеринин тыгыздыгы жана тартылуу күч ылдамдануу көбөйтүндүсү катары; $\gamma_{\text{c}} = \text{к}_{\text{c}}\gamma$ - сейсмикалык күч; g - тартылуу күч ылдамдануусу; T_x- тектоникалык кысуу, ал негизинен туурасынан багытталган; λ - каптал кеңейүү коэффициенти; k_c - тоолуу аймактын сейсмикалык коэффициенти;
$\rho_x = \gamma k_c \sin\delta$ – туура сызык күчүнүн багыты ; $\rho_y = \gamma(1 - k_c \cos\delta)$ – тик сызык оордук күчүнүн багыты.

Моделдеги (8) чыналуу компоненетеринин $(\sigma_x^{\text{р}}, \sigma_y^{\text{р}}, \tau_{\text{xy}}^{\text{р}})$ жогорудагы индекси «р» тоо тектеринин рельефинин таасирин билдирет. Биринчи эки чыңалуу талаасынын суммасы кээде тоо рельефи бар тоо тулкусунун баштапкы чыңалуу абалы деп аталат жана төмөнкү катыштар менен эсептелет:

$$\sigma_x^{\text{н}} = \sigma_x^n + \sigma_x^{\text{р}}, \qquad \sigma_y^{\text{н}} = \sigma_y^n + \sigma_y^{\text{р}}, \qquad \tau_{\text{xy}}^{\text{н}} = \tau_{\text{xy}}^{\text{п}} + \tau_{\text{xy}}^{\text{р}}. \quad (10)$$

Тоолуу рельефтүү тегиздиктин бетиндеги чыңалуу талаасы (10) төмөнкү чек шарттарын канааттандырат:

$$(\sigma_x^p + \sigma_x^n + T_x) \cdot (\cos n, x) + (\tau_{xy}^p + \tau_{xy}^n)) \cdot (\cos n, y) = 0$$
$$(\tau_{xy}^p + \tau_{xy}^n) \cdot (\cos n, x) + (\sigma_y^n + \sigma_y^p) \cdot \cos(n, y) = 0 \quad (11)$$

Тоолуу рельефтүү тоо тулкусунун чыңалуу абалын изилдоо ыкмасы Колосов-Мусхелишвилинин изилдөө методу менен конформдык чагылдыруу жана Коши тибиндеги интегралдардын касиеттерин колдонууда натыйжалуураак. Буга Н.И. Мусхелишвили, Г.Н. Савина, Ж.С. Ержанов, Б Жумабаев жана алардын жолун жолдоочулардын эмгектери далил болот.

Чыңалууларды (10) аныктоо үчүн конформдук чагылдыруу функциялары колдонулган:

$$z = \omega(\zeta); \;\; z = x + i \cdot y; \; \zeta = \xi + i \cdot \eta; \; i = \sqrt{-1};$$
$$\omega(\zeta) = ib \cdot \zeta(\xi, \eta)^2 + a \cdot \zeta + \omega_0(\zeta);$$
$$\omega_0(\zeta) = a_1/(\zeta - i) + b_1/(\zeta + t_b - i) \quad (12)$$

Мында a, a_1, b_1, t_b туруктуу параметрлерин өзгөртүү менен тоо рельефинин ар кандай формаларын түзүүгө жетишилет. «*р*» жогорку индекси чыңалуу компоненттери ийри сызыктуу координаттар ξ, η үчүн
Н.И. Мусхелишвили фунциясы аркылуу аныкталат.

Мындай учурда $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ чыңалуу компоненттеринин ордуна $\Phi(\zeta), \Psi(\zeta)$ функциялары менен туюнтулган $(\sigma_{\xi}, \sigma_{\eta}, \tau_{\xi\eta})$, чыңалуу компоненттерине жаңы белгилөөлөрдү киргизебиз жана Колосов-Мусхелишвилинин функуиясынын жардамы менен өзгөртөбүз:

$$\sigma_\xi + \sigma_\eta = \sigma_x + \sigma_y \tag{13}$$

$$\sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = e^{2i\alpha}\left(\sigma_y - \sigma_x + 2i\tau_{xy}\right)$$

Оң жагындагы чыңалуу компоненттерин (6) Колосов-Мусхелишвили функциялары менен алмаштырсак, анда:

$$\sigma_\xi + \sigma_\eta = 2\left[\Phi(\zeta) + \overline{\Phi(\zeta)}\right]$$

$$\sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = 2\left[\overline{\omega(\zeta)}\Phi'(\zeta) + \omega'(\zeta)\Psi(\zeta)\right] \cdot \frac{\omega'(\zeta)}{\omega'(\zeta)} \tag{14}$$

$\Phi(\zeta), \Psi(\zeta)$ функциялары чектик маселенин чечими болуп саналат:

$$\Phi(t)\,\overline{\omega(t)'} + \overline{\Phi(t)}\,\omega(t)' + \omega(t)\,\overline{\Phi(t)'} + \overline{\omega(t)'}\,\overline{\Psi(t)} = [N(t) - i\,T(t)]\overline{\omega(t)'},$$

$$\Phi(t)\,\overline{\omega(t)'} + \overline{\Phi(t)}\,\overline{\omega(t)'} + \overline{\omega(t)}\,\Phi(t)' + \omega(t)'\,\Psi(t) = [N(t) + i\,T(t)]\overline{\omega(t)'} \tag{15}$$

Чектүү шарттарынын (11) Коши тибиндеги интегралдары төмөнкүдөй формага ээ:

$$\Phi(\zeta) \cdot \omega'(\zeta) + G(\zeta) = B(\varsigma),$$

$$\Psi(\zeta) \cdot \omega'(\zeta) + \Phi(\zeta) \cdot \overline{\omega}(\zeta) + \Phi'(\zeta) \cdot \overline{\omega'}(\zeta) - \overline{G}(\zeta) = A(\zeta),$$

$$G(\zeta) = -a_1\overline{\Phi_1}/[\zeta - i]^2 - b_1\overline{\Phi_2}/[\zeta + t_b - i]^2$$

(14) – (15) байланышы ийри сызыктуу координаттар $(\sigma_{\xi}, \sigma_{\eta}, \tau_{\xi\eta})$ үчүн баштапкы чыңалуу абалын табууга жана андан кийин $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ декарттык координаттарына өтүүгө мүмкүндүк берет. Тоонун баштапкы чыңалуу абалы үчүн эсептөөлөрү 1-таблицада келтирилген.

Таблица 1 - Тоо бетиндеги контурундагы чыңалуулардын мааниси

0	t	x (м)	y(м)	σ_1(МПа)	σ_2(МПа)	N(МПа)	T(МПа)	T_{max}(МПа)
1	-5	-621.2	-5.8	0	-33.7	$2.1\cdot 10^{-15}$	$2.4 \cdot 10^{-15}$	-33.4
2	-4	-550	0	0	-46.3	0	0	-43
3	-3	-495	15	0	-81.5	$7.1\cdot 10^{-15}$	$3.6 \cdot 10^{-15}$	-22.5
4	-1	-470	60	$3.6 \cdot 10^{-15}$	-32.7	$6.4 \cdot 10^{-15}$	$1.3 \cdot 10^{-14}$	-32.4
5	0	-475	225	0	-2.3	0	0	-2.2
6	1	-150	600	$2.2 \cdot 10^{-15}$	-0.5	$2.2\cdot 10^{-15}$	0	-0.4
7	2	325	375	$4.6 \cdot 10^{-15}$	-1.9	$4.4 \cdot 10^{-15}$	$2.1\cdot 10^{-15}$	-0.5
8	3	410	180	$4.4 \cdot 10^{-15}$	-13.8	$4.4 \cdot 10^{-15}$	$4.4 \cdot 10^{-15}$	-5.9
9	4	495	105	0	-34.9	0	$3.1\cdot 10^{-15}$	-1.9
10	5	532.4	70.6	0	-35	0	0	-22.3

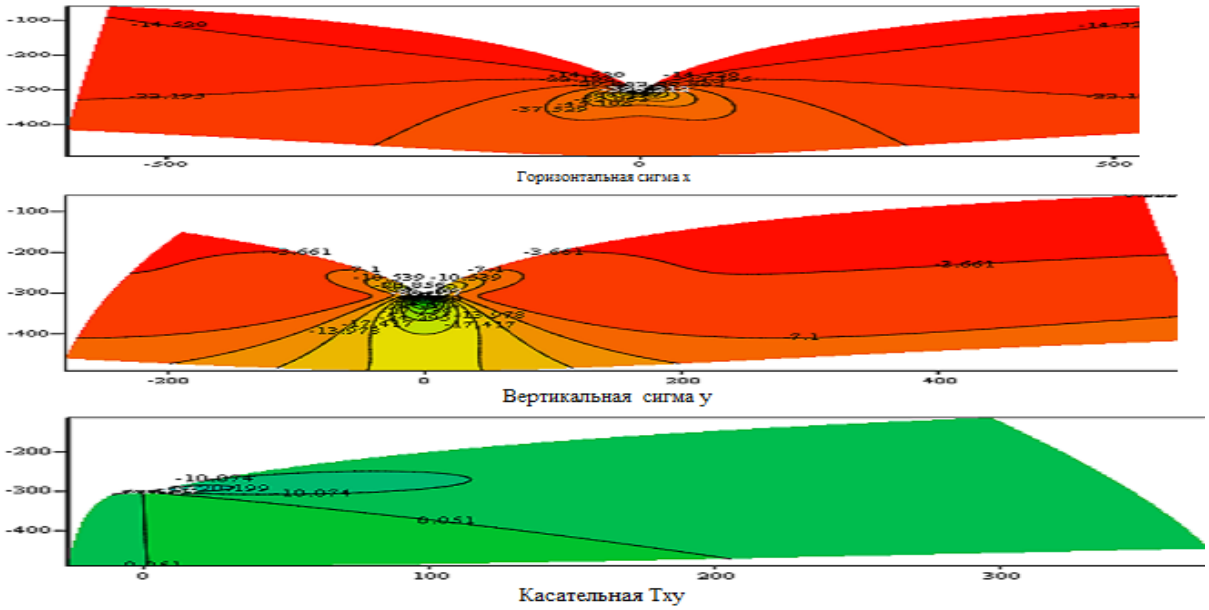
Гравитациялык тартылуу, оордук, сейсмикалык күчтөрүнүн жана тектоникалык кысуулардын таасири астында капчыгайдын чыңалуу абалынын маселесин чечүү 2-таблицада эсептөө үчүн кабыл алынды:

$$T_x = \text{-}5.1 МПа,\ \gamma = 2.5 \cdot 10^2 \text{Па}.$$

Таблица 2 – Тартылуу, сейсмикалык, оордук күчтөрүнүн жана тектоникалык кысуулардын биргелешкен аракетиндеги каньондун контурдук чыңалуусу

№	*x(м)*	*y(м)*	σ_1(МПа)	σ_2(МПа)	N(МПа)	T(МПа)
1	-6.4	64	$-1.4 \cdot 10^{-9}$	-19	$-1.4 \cdot 10^{-8}$	$-2 \cdot 10^{-7}$
2	-5.6	49	$-1.8 \cdot 10^{-9}$	-19.9	$-1.8 \cdot 10^{-8}$	$-2.1 \cdot 10^{-7}$
3	-4.8	36	$-2.5 \cdot 10^{-9}$	-21.2	$-2.5 \cdot 10^{-8}$	$-2.3 \cdot 10^{-7}$
4	-4.0	25	$-3.9 \cdot 10^{-9}$	-23.1	$-3.9 \cdot 10^{-8}$	$-2.4 \cdot 10^{-7}$
5	-3.2	16	$-6.7 \cdot 10^{-9}$	-26.4	$-6.7 \cdot 10^{-8}$	$-2.2 \cdot 10^{-7}$
6	-2.4	9	$-1.5 \cdot 10^{-8}$	-33.4	$-1.5 \cdot 10^{-7}$	$-5.9 \cdot 10^{-8}$
7	-1.6	4	$-5.1 \cdot 10^{-8}$	-52.6	$-5.1 \cdot 10^{-7}$	$-8.3 \cdot 10^{-7}$
8	-0.8	1	$-4.9 \cdot 10^{-7}$	-143.2	$-4.9 \cdot 10^{-6}$	$-9.3 \cdot 10^{-6}$
9	0	$-8 \cdot 10^{-7}$	$-2.3 \cdot 10^{-5}$	-928	$-2.3 \cdot 10^{-4}$	0
10	0.8	1	$-4.9 \cdot 10^{-7}$	-143.2	$-4.9 \cdot 10^{-6}$	$9.3 \cdot 10^{-6}$

Капчыгайдын туннель жок учурдагы баштапкы чыңалуу абалы эсептелди. Декарттык координаталарга карата эсептелген чыңалуулардын бөлүштүрүлүшү 1-сүрөттө ар бир чыңалуу компоненти үчүн төмөнкүдөй шартта берилген: $\lambda = 0{,}5; \gamma = 2{,}75 \cdot 10^{-2}; T_x = -20 МПа.$



1-сүрөт. Капчыгайдын тулкусундагы чыңалуунун таралышы (МПа)

Тоо рельефинин беш түрү боюнча баштапкы чыңалуу абалына жүргүзүлгөн эсептөөлөрдүн негизинде төмөнкүдөй жыйынтыкка келүүгө болот:

1. Тоолуу рельефтүү тоо тулкусунун бардык чекиттеринде үч чыңалуу компоненти S_x, S_y, S_{xy} - (МПа) пайда болот. Бир октуу жана эки октуу абалы өтө сейрек кездешет.
2. $z_1 = \omega(\zeta)$ түрүндөгү чагылдыруу функциянын болушу Н.И. Мусхелешвили, Б.Жумабаев, Г.Н. Савин, Ш.М. Айталиев, Ж.С. Ержановдун эмгектеринде тоо тулкусунун чыңалуу абалын эң жогорку эффективдүү изилдөөгө мүмкүндүк берет.

3. Тоонун бийиктиктерин жана ойдуңдардын тереңдиктерин салыштырганда туннелдин пайда болушуна алардын кичине мүнөздүү өлчөмдөрүнүн таасирин аныктоо үчүн, тоо тулкусунун баштапкы чыңалуу абалы S_x, S_y, S_{xy} - *(МПа)* менен эсептелген чоңдуктар жетиштүү тактык менен аныкталат деп ойлойбуз.

Үчүнчү бөлүмдө суунун басымынын таасирин эсепке албастан, тоолуу рельефтүү тоо тулкусунун астындагы туннелдердин жана казанактардын айланасындагы чыңалуу абалынын математикалык модели берилген.

Туннелдердин айланасындагы тоо тулкусунун чыңалуу абалы туннелдин контур чекиттериндеги чек ара шарттарын (15) канааттандырган алгачкы үч чыңалуу талаасынан (8) турат.

Демек, туннелди түзүү учурундагы чыңалуу талаасы $\sigma_x^m, \sigma_y^m, \tau_{xy}^m$ чектик шарттын (15) негизинде изделет. Туннелдердин кесилиштерин моделдөө үчүн колдонулган тешиктердин формалары абдан ар түрдүү жана татаал конфигурацияга ээ.

Андан аркы ой жүгүртүүнүн ыңгайлуулугу үчүн, чагылдыруу функциясын колдонуу менен, бир көмөкчү комплекс өзгөрмөлүү $\zeta = \zeta + i\eta$ сыртына тешиктердин сырткы көрүнүшүнүн конформдык чагылдыруусун колдонобуз:

$$z = \omega(\zeta);\ z = x + \iota \cdot y;$$
$$\omega(\zeta) = e^{i\delta} R[\zeta + \omega_0(\zeta)];\ \omega_0(\zeta) = \sum_{k=1}^{5} d_k/\zeta^k \qquad (16)$$

Бул жерде $1 \le \rho \le \infty$ оң сандардын огу; $0 \le \theta \le 2\pi$- радианда;

R – тешиктин өлчөмдөрүнүн өзгөрүү коэффициенти; δ – туурасынын кеткен окко салыштырмалуу тешик симметрия огунун багытын орнотуу үчүн параметр (радиан менен), чагылдыруу функциясынын параметрлери d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, алардын маанилерин өзгөртүү аркылуу туннелдин кесилиштеринин ар түрдүү жана татаал формаларын моделдөө жетишилет.

(16) түрүн көрсөтүүдө *ox* октордун багыттары менен ρ тангенс ийри сызыгынын ортосундагы α бурч төмөнкү формула менен аныкталат:

$$e^{2i\alpha} = \zeta^2 \omega'(\zeta)/\left(\rho^2 \overline{\omega'(\zeta)}\right);\quad e^{-2i\alpha} = \overline{\zeta}^2 \overline{\omega'(\zeta)}/(\rho^2 \omega'(\zeta)) \qquad (17)$$

Туннелди түзүү учурундагы чыңалуу талаасы чектөөчү маселесин чечүүдөн аныкталуучу $\varphi(\sigma)$ жана $\psi(\sigma)$, функциялары менен мүнөздөлөт:

$$[R\Gamma\sigma + \varphi(\sigma)] + \left[R\overline{\Gamma} + \overline{\varphi'(\sigma)}\right] \cdot \left[\omega(\sigma)/\overline{\omega'(\sigma)}\right] + \left[\overline{R\Gamma'\sigma} + \overline{\psi(\sigma)}\right] = 0$$
$$\left[\overline{R\Gamma\sigma} + \overline{\varphi(\sigma)}\right] + [R\Gamma + \varphi'(\sigma)] \cdot \left[\overline{\omega(\sigma)}/\omega'(\sigma)\right] + [R\Gamma'\sigma + \psi(\sigma)] = 0 \qquad (18)$$

Чектөө шартынын (18) Коши тибиндеги интегралдары төмөнкү формага ээ:

$$\varphi(\zeta) + G(\zeta) = A_0(\zeta);\ \varphi'(\zeta) \cdot [\overline{\omega}(\zeta)/\omega'(\zeta)] + \psi(\zeta) - \overline{G_0}$$
$$G(\zeta) = \left[b_3\overline{R}_1 + 2b_4\overline{R}_2 + 3b_5\overline{R}_3\right]e^{2i\delta}\zeta^{-1} + \left[b_4\overline{R}_1 + 2b_5\overline{R}_2\right]e^{2i\delta}\zeta^{-2} + \left[b_5\overline{R}_1\right]e^{2i\delta}\zeta^{-3}$$
$$A_0(\zeta) = \sum_{k=1}^{5} ca_k\zeta^{-k};\qquad B_0(\zeta) = \sum_{k=1}^{5} sb_k\zeta^{-k}; \qquad (19)$$

Ошентип, тоо аралык ойдуңдун аймагындагы туннелдин чыгышынын таасиринен чыңалуу талаасы $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \tau_{\rho\theta}$, туннелдин пайда болгон жериндеги баштапкы чыңалуу абалы S_x, S_y, S_{xy} компоненттери менен мүнөздөлөт жана (18) чектөө шарттарынан аныкталат. Коши тибиндеги интегралдар берилген

чектөө шарттарынын (18) туннель кесилишинин өзгөчө формасына жараша (19) $\Phi(\zeta), \Psi(\zeta)$ функциялары менен көрсөтүлөт.

Туннелдердин айланасындагы чыңалууларды эсептөөдө алгач чагылдырып түшүрүү (16) менен байланышкан ийри сызыктуу координаттар үчүн аткарылган. Диссертациянын 2-главасындагыдай эле, мындай эсептөө чектөө шарттарын (18) текшерүү үчүн зарыл.

Туннелдин контурундагы биринчи үч чыңалуу (8) талааларынын суммасы $\sigma_\rho(1,\theta) = 0$ жана $\tau_{\rho,\theta}(1,\theta) = 0$ шарттарын аткарууга тийиш.

Алгачкы үч чыңалуу талааларынын суммасы (8) овал кесилиштеги туннелдин контур чекиттери $\rho = 1$ үчүн ийри сызыктуу координаттар системасында эсептелген. Эсептөөнүн натыйжалары 3-таблицада берилген.

Таблица 3 - Овал кесилиштүү туннелдин контурундагы чыңалуулар

$\sigma_\rho(1,\theta)$ (МПа)	$\tau_{\rho\theta}(1,\theta)$ (МПа)	$\sigma_\theta(1,\theta)$ (МПа)
$-2.84\cdot10^{-14}$	$8.882\cdot10^{-15}$	-243.385
$-4.974\cdot10^{-14}$	$-3.73\cdot10^{-14}$	-254.971
$2.132\cdot10^{-14}$	$2.043\cdot10^{-14}$	-264.289
$-9.237\cdot10^{-14}$	$-1.128\cdot10^{-13}$	-268.089
$-1.101\cdot10^{-13}$	$5.507\cdot10^{-14}$	-260.994
$-7.461\cdot10^{-14}$	$-3.553\cdot10^{-14}$	-238.005
$-9.948\cdot10^{-14}$	$-7.105\cdot10^{-14}$	-199.199
$-2.132\cdot10^{-14}$	$5.100\cdot10^{-14}$	-151.878
$9.948\cdot10^{-14}$	$-3.553\cdot10^{-14}$	-106.031
$-7.105\cdot10^{-14}$	$3.553\cdot10^{-14}$	-68.153

Максималдуу бийиктиги 300 метр болгон жалгыз тоонун эңкейишинин таманынын бөлүгүнүн баштапкы абалынын чыңалуу компонентинин сандык маанилери эсептелет. (2-бөлүм).

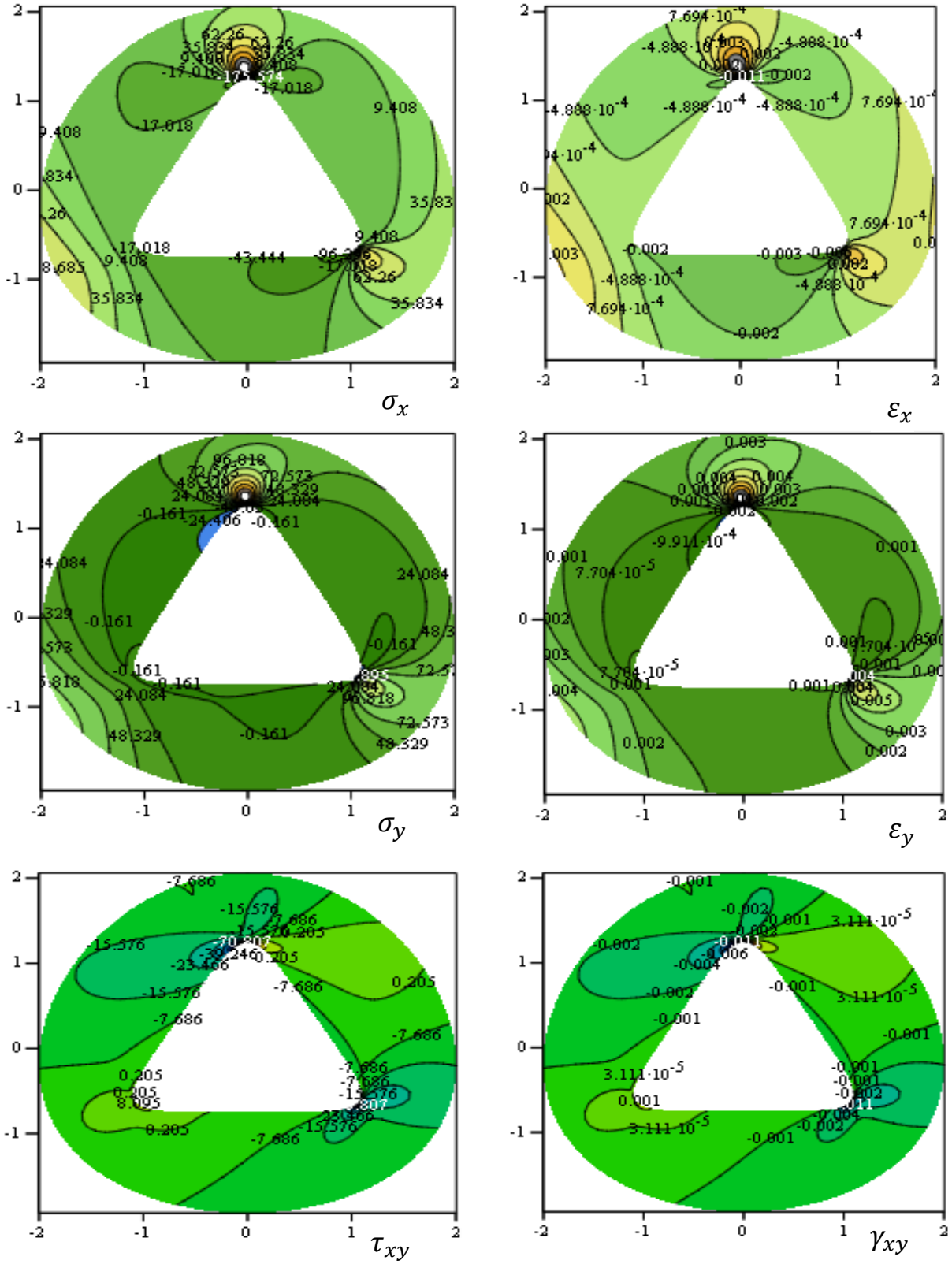
Ийри сызыктуу координаттар системасында аймактардын баштапкы чыңалуу абалынын бөлүштүрүлүшүнө туннелдин таасири эсептелет.

Үч бурчтуу кесилишитеги туннелдин $\rho = 1$ контур чекиттери үчүн Гук мыйзамынын негизинде чыңалуулардын жана салыштырмалуу деформациялардын компоненттери E= $1{,}71\cdot10^4$ МПа Юнг модулунун жана Пуассон катышы $\nu = 0{,}3$ маанисинде эсептелет. Чыңалуу компоненттеринин сандык маанилери кабыл алынат: S_x= *-30МПа,* S_y= *-8 МПа,* : S_{xy}= *-9МПа*

Таблица 4 - Үч бурчтуу туннелдин контур чекиттериндеги чыңалуулар

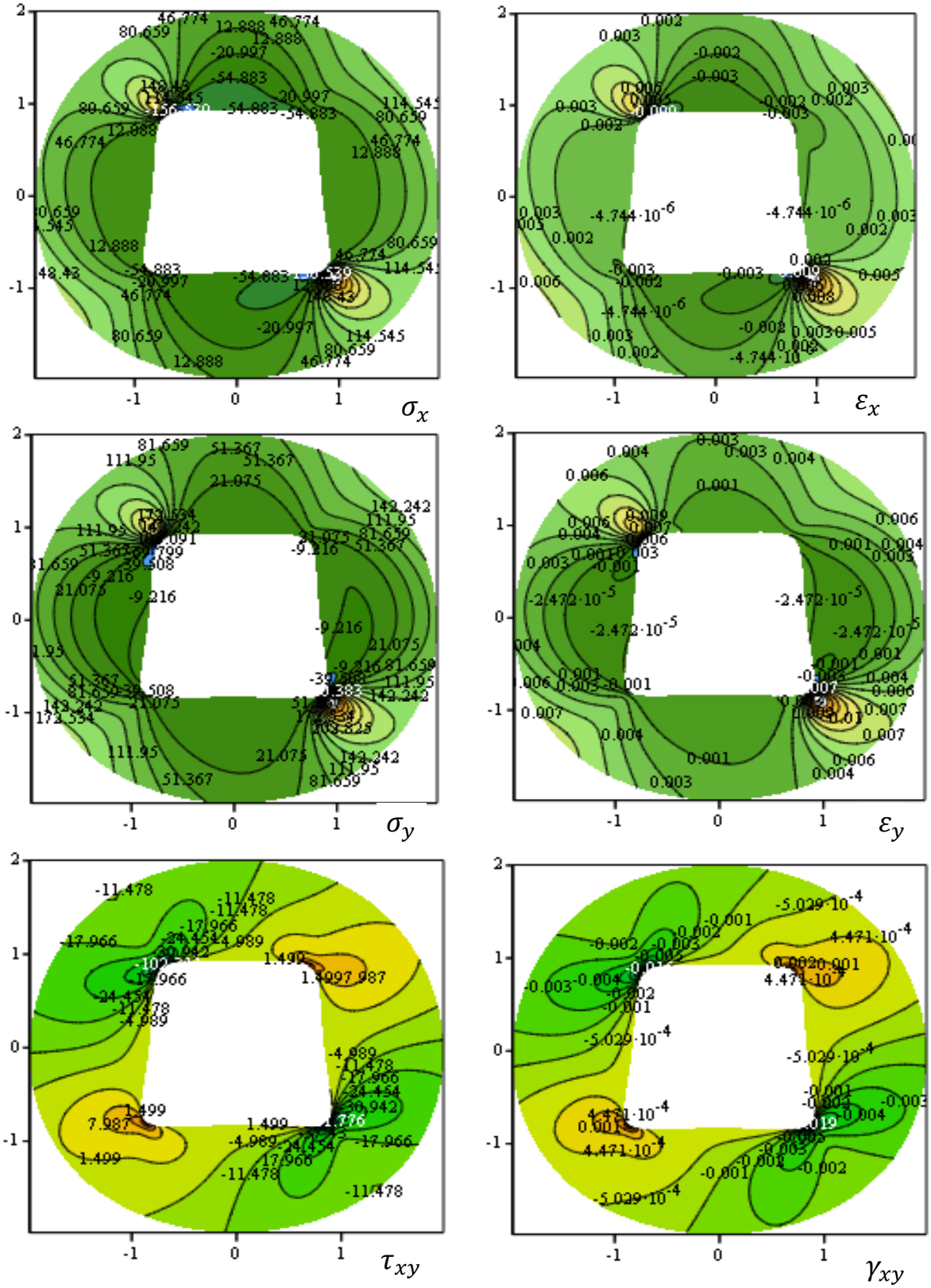
$\sigma_\rho(1,\theta)$ (МПа)	$\sigma_\theta(1,\theta)$ (МПа)	$\tau_\rho(1,\theta)$ (МПа)
$-1.776\cdot10^{-15}$	- 202	$-2.132\cdot10^{-14}$
$3.126\cdot10^{-13}$	- 203.241	$8.971\cdot10^{-14}$
$-1.954\cdot10^{-14}$	- 165.686	$-3.997\cdot10^{-14}$
$-4.441\cdot10^{-14}$	- 125.28	$7.105\cdot10^{-15}$
$1.066\cdot10-^{14}$	- 94.439	$8.882\cdot10^{-15}$
$1.421\cdot10^{-14}$	- 72.669	0
$1.954\cdot10^{-14}$	- 57.299	$1.066\cdot10^{-14}$
$-1.243\cdot10^{-14}$	- 46.182	0
$3.553\cdot10^{-15}$	- 37.892	$-3.553\cdot10^{-15}$
$-1.421\cdot10^{-14}$	- 31.512	$-5.329\cdot10^{-15}$

Алынган изилдөөлөрдүн натыйжалары $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$, $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ үч бурчтуу тунелдин кесилиши үчүн 4- таблицада, 2 -сүрөттө көрсөтүлгөн.



2-сүрөт. Үч бурчтуу кесилиштеги туннелдин айланасындагы чыңалуулардын жана салыштырмалуу деформациялардын өзгөрүшүнүн изолинялары (МПа)

Трацеция кесилишиндеги туннелдин айлансындагы чыналуулар жана биргелешке кучтор менен болгон салыштырмалуу деформацияларды изилдоонун натыйжалары 3-сүрөттө көрсөтүлдү.



3 – сүрөт. Туннелдин айланасында чыңалуунун бөлүштүрүлүшү (солдо), салыштырмалуу деформациянын таралышынын изолиналары (оңдо) (МПа)

Трапеция сымал туннелдин айланасындагы чыңалуулардын бөлүштүрүлүшү, ал басымдын жоктугунда $P = 0$ эсептелди. Ойдон чыгарылган туннелдин борборундагы массивдин баштапкы чыңалуу абалынын компоненттеринин эсептелген маанилери, эсептөөлөр үчүн чыңалуу кабыл алынат: $S_x = -40$ *МПа;* $S_y = -20$ *МПа ;* $S_{xy} = -10$ *МПа.*

Трапеция түрүндөгү кесилиштеги туннелдин сандык маанилери $\sigma_\rho(1,\theta)$, $\sigma_\theta(1,\theta)$, $\tau_{\rho\theta}(1,\theta)$ жана чектөө шарттары (18) жогорку тактык менен эсептелди.

Бардык формадагы басымсыз туннелдин чыңалуу жана деформацияланган абалынын модели тоо тектеринин механикасында өз алдынча илимий мааниге ээ. Илимий проблема - бул казанактардын айланасындагы чыңалуу-деформациялык абалды баалоо.

Төртүнчү главада типтүү кесилиштери туннелдер үчүн чыңалуунун бөлүштүрүлүшүнө суунун басымынын тийгизген таасири көрсөтүлөт. Туннелдердин айланасында чыңалуулардын ар кандай аракетте таасир эткен тартылуу, узата таралган тектоникалык күчтөрдүн жана суунун басымынын таралышынын мыйзам ченемдүүлүктөрү изилденген.

Туннелдин таасири $\sigma_x^{\text{н}}, \sigma_y^{\text{н}}, \tau_{xy}^{\text{н}}$ тешиги бар *xoy* тегиздиги үчүн чектик маселени чечүү жолу менен белгиленет, анын формасы чагылдыруу функциянын (16) жардамы менен моделделет.

Үч чыңалуу талаасынын (8) туннелдердин айланасындагы аймактардын контур чекиттериндеги чыңалуу абалы (11) чектөө шарттарын канааттандырат жана төмөнкү формада жазылат:

$$\varphi(\sigma) + \frac{\omega(\sigma)}{\overline{\omega'(\sigma)}} \cdot \overline{\varphi'(\sigma)} + \overline{\psi(\sigma)} = i \int_0^s (X_n - \imath Y_n) ds + const$$

$$\overline{\varphi(\sigma)} + \frac{\overline{\omega(\sigma)}}{\omega'(\sigma)} \cdot \varphi'(\sigma) + \psi(\sigma) = -i \int_0^s (X_n + Y_n) ds + const \qquad (20)$$

Н.И. Мусхелишвилинин методу боюнча чектөө шарты (20) катышынан келип чыгат:

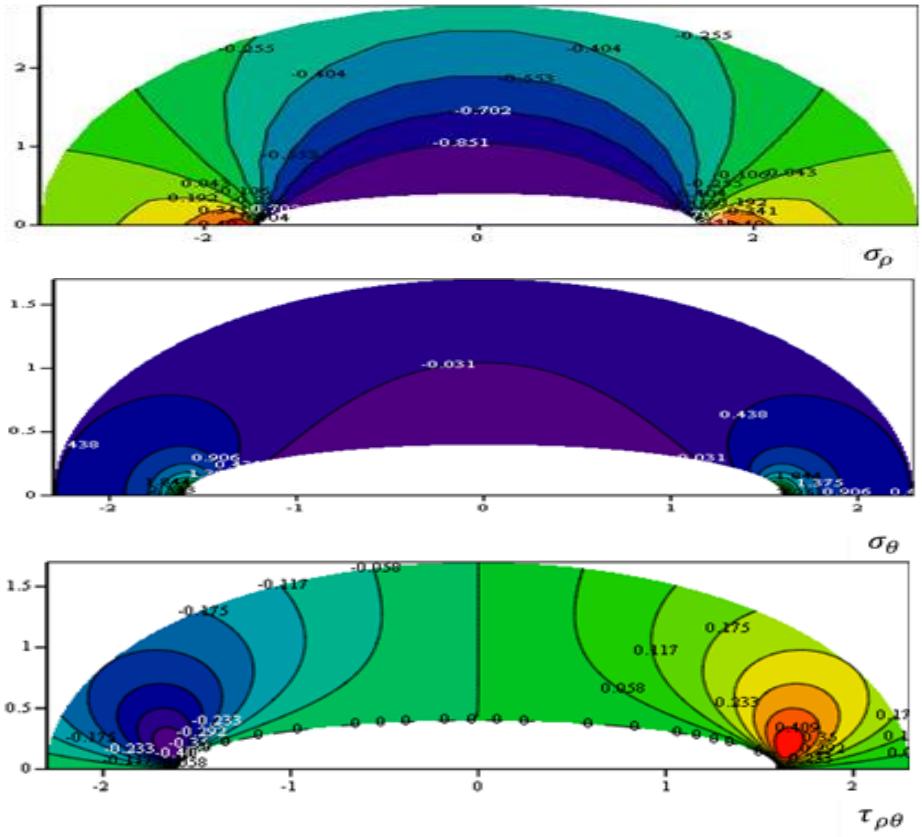
$$X_n = -P\cos(n,x), \quad Y_n = -P\cos(n,y)$$
$$(X_n + iY_n)ds = -P(dy - idx) = Pi\bar{d}z,$$
$$(X_n - iY_n)ds = -P(dy + idx) = -Pidz \qquad (21)$$

Туннелдин контуруна гидростатикалык басым *(–P₀)* таасир эткенде, (21) катышынын оң жагындагы интегралдар эсептелгенден кийин, $\varphi(\zeta), \psi(\zeta)$ функцияларын аныктоо үчүн чектөө маселесин (3-глава) чыгаруу зарыл:

$$\varphi(\sigma) + \overline{\varphi'(\sigma)} \cdot \left[\omega(\sigma)/\overline{\omega'(\sigma)}\right] + \overline{\psi(\sigma)} = -P_0 R\omega(\sigma);$$
$$\overline{\varphi(\sigma)} + \varphi'(\sigma) \cdot \left[\overline{\omega(\sigma)}/\omega'(\sigma)\right] + \psi(\sigma) = -P_0 R\overline{\omega(\sigma)}. \qquad (22)$$

Чыңалуу компоненттери $\sigma_x^{\text{н}}, \sigma_y^{\text{н}}, \tau_{xy}^{\text{н}}$ же $\sigma_\rho^{\text{н}}, \sigma_\theta^{\text{н}}, \tau_{\rho\theta}^{\text{н}}$ чектик шарттан (22) табылган туннелдин кесилишине жана башы P_0 чоңдугуна жараша $\varphi(\zeta), \psi(\zeta)$ функциялары менен туюнтулат.

Качан туннел тегерек кесилишине ээ болгондо жана тоо тулкусундагы ошол эл баштапкы чыналуу S_x, S_y, S_{xy}, 4-бөлүмдөгүдөй көрсөтүлөт, мында $m = 0$ (толук симметрия). Эллипистик кесилиштеги басымдуу туннелинин айланасындагы контурдук чыңалуулардын $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \tau_{\rho,\theta}$ бөлүштүрүлүшү эсептелет. Жыйынтыгы 4-сүрөттө изолиния катары берилген. Сүрөттөн көрүнүп тургандай, $P = -1МП$да эллиптикалык туннелдин айланасындагы чыңалуу концентрациясы σ_θ= 3.667МПа чоюулууга ээ болот.



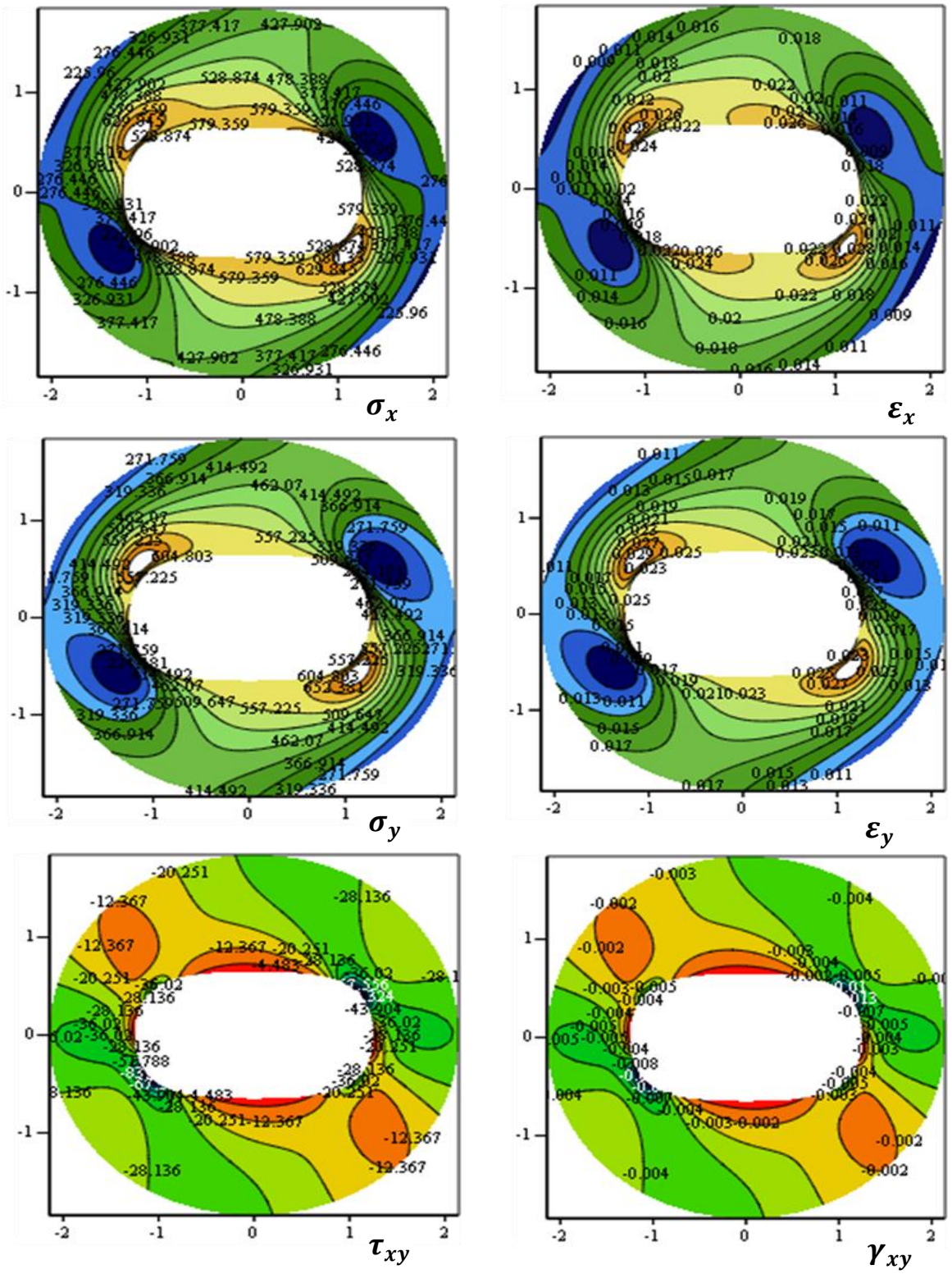
4 – сүрөт. Эллиптикалык туннелдин контурундагы суу басымынын таасириндеги чыңылуунун бөлүштүрүлүшү (МПа)

Үч бурчтуу кесилиштеги туннелдин контур чекиттери үчүн суу басымы $P_0 = -25$ Мпа, болгондо (8) жалпы чыңалуу талаасы 5-таблицада келтирилген.

Таблица 5 - Үч бурчтуу басым туннелинин контур чекиттериндеги чыңалуулар

$\sigma_\rho(1,\theta)$ (МПа)	$\tau_\theta(1,\theta)$ (МПа)	$\sigma_\theta(1,\theta)$ (МПа)
-25	0	125
-25	$8.882 \cdot 10^{-14}$	107.008
-25	$-1.137 \cdot 10^{-13}$	72.663
-25	$4.974 \cdot 10^{-14}$	44.074
-25	$1.776 \cdot 10^{-15}$	25
-25	$1.776 \cdot 10^{-15}$	12.834
-25	$6.55 \cdot 10^{-15}$	5
-25	$-2.109 \cdot 10^{-15}$	-0.146
-25	$-5.551 \cdot 10^{-15}$	-3.571
-25	0	-5.839

Туурасынан сүйрү кесилиштеги басым туннели моделденген. Туннелдин контуруна басымдын аракетинен келип чыккан чыңалуулардын жана салыштырмалуу деформациялардын бөлүштүрүлүшүнүн натыйжалары 5-сүрөттө көрсөтүлгөн.



5 - сүрөт. басым туннелинин айланасындагы чыңалуулардын изолиниясы (солдо) жана салыштырмалуу деформациялардын биргелешкен күчтөрдүн таралышы (оңдо) (МПа)

Контуру *(x4₂—y4₂)* аркылуу белгиленген трапеция сымал кесилиштеги туннель эсеби аткарылган. Туннелдин $\rho = 1$ контур чекиттери үчүн ийри сызыктуу координаттар системасындагы биринчи үч чыңалуу талааларынын суммасы эсептелинди жана $P = -25$ МПа басымдын таасири астында ар бир чыңалуу компонентин 6-таблицада келтиребиз.

Таблица 6 - Суунун басымына жараша трапеция түрүндөгү кесилиштеги туннелдин контурундагы чыңалуулар

$\sigma_\rho(1,\theta)$ (МПа)	$\sigma_\theta(1,\theta)$ (МПа)	$\tau_{\rho\theta}(1,\theta)$ (МПа)
- 25	5.132	0
- 25	5.794	$-1.021\cdot 10^{-14}$
- 25	7.876	$2.220\cdot 10^{-15}$
- 25	11.68	$-1.0066\cdot 10^{-14}$
- 25	17.751	$-1.599\cdot 10^{-14}$
- 25	26.857	$-2.487\cdot 10^{-14}$
- 25	39.634	0
- 25	55.109	$-4.619\cdot 10^{-14}$
- 25	67.746	$-5.862\cdot 10^{-14}$
- 25	68.337	$1.332\cdot 10^{-14}$

Арка кесилиштеги туннелдин $\rho = 1$ контур чекиттери үчүн ар бир чыңалуу компонентинин эсептөөлөрү 7-таблицада келтирилген.

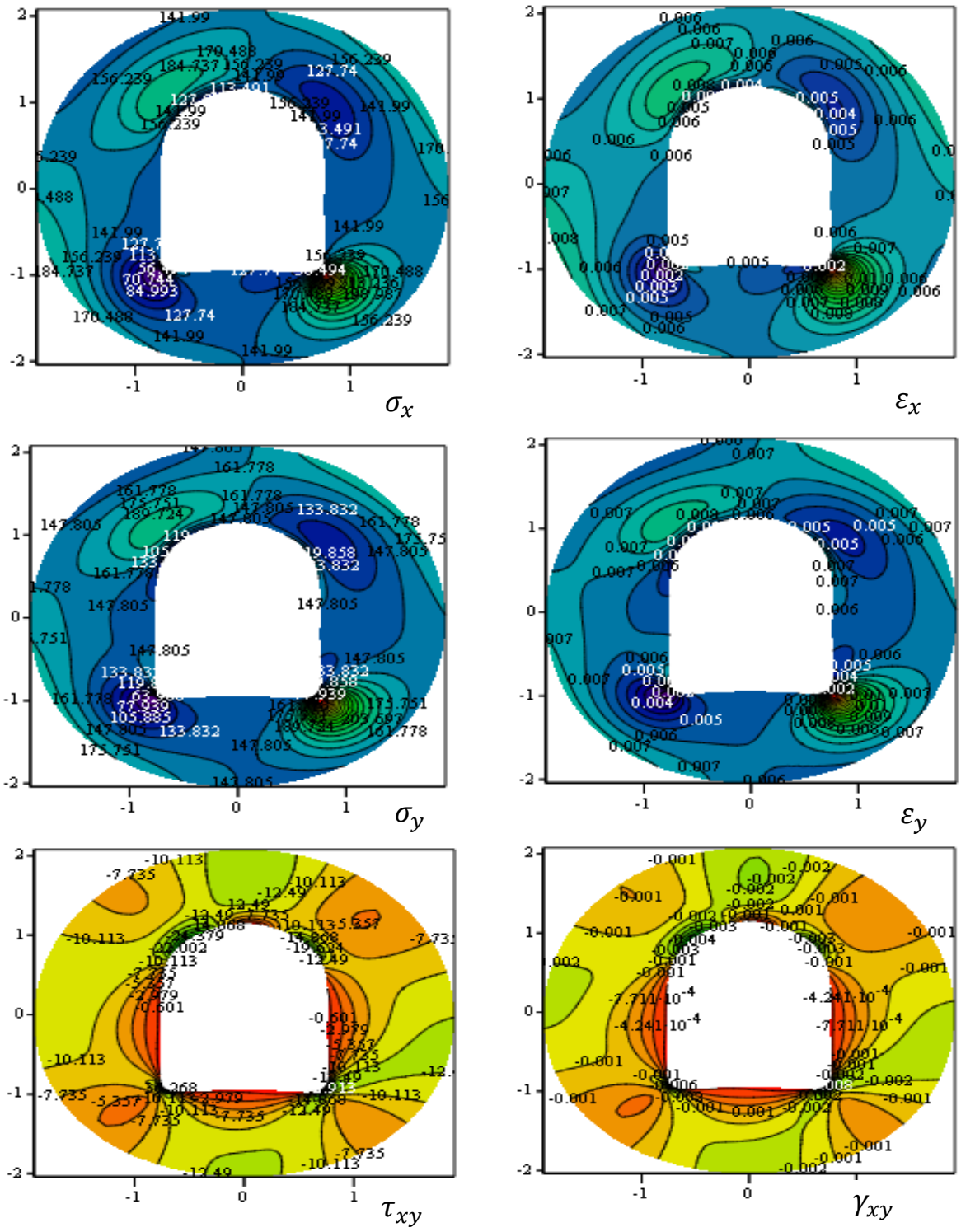
Таблица 7 - Суунун басымына жараша арка түрүндөгү кесилиштеги туннелдин контурундагы чыңалуулар

$\sigma_\rho(1,\theta)$ (МПа)	$\sigma_\theta(1,\theta)$ (МПа)	$\tau_{\rho\theta}(1,\theta)$ (МПа)
-15	24.868	0
-15	24.442	$7.55\cdot 10^{-15}$
-15	23.328	$-2.665\cdot 10^{-15}$
-15	21.917	$-1.776\cdot 10^{-15}$
-15	20.922	$-3.553\cdot 10^{-15}$
-15	19.730	$1.776\cdot 10^{-15}$
-15	19.356	$-3.553\cdot 10^{-15}$
-15	19.427	$1.776\cdot 10^{-15}$
-15	19.906	0
-15	18.551	0

Изилдөөнүн натыйжасында $P = -15$ МПа вертикалдуу дубалдары өнүккөн арка кесилишиндеги басым туннелинин айланасындагы чыңалуу-деформациялык абалдын математикалык модели түзүлдү.

Табылган чыңалуу компоненттери Гук мыйзамын колдонуу менен Юнг модулунун жана Пуассон катышынын мааниси боюнча салыштырмалуу деформациялардын компоненттерин эсептөөгө мүмкүндүк берди. Эсептөөлөрдү жүргүзүү үчүн баштапкы чыңалуу абалы кабыл алынат:

$$S_x=-30\ МПа;\ S_y=-25\ МПа;\ S_{xy}=-10\ МПа.$$



6 - сүрөт. басым туннелинин айланасындагы чыңалуулардын изолиниясы (солдо) жана салыштырмалуу деформациялардын биргелешкен күчтөрдүн таралышы (оңдо) (МПа)

Ошентип, эсептөөлөрдүн натыйжасында (6-сүрөт) ар кандай күч факторлорунун жана суунун басымынын таасири астында арка кесилишиндеги туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалууларынын жана салыштырмалуу деформацияларынын маанилери аныкталган.

Чыңалуулардын жана деформациялардын компоненттерин эсептөө үчүн зарыл болгон бардык шарттар MATCHAD нотацияларында алгоритмдештирилген.

КОРУТУНДУ

Диссертацияда актуалдуу илимий-техникалык маселенин жаңы чечимдери – тоолуу рельефтүү тоо тулкусунда жайгашкан басым туннелдеринин тегерегиндеги тоо тектеринин чыңалуу жана деформацияланган абалын моделдөө жана эсептөө каралган.

Диссертациялык иштин негизги методологиялык жана практикалык натыйжалары болуп төмөнкүлөр саналат:

1. Капчыгайдын, тоо капталынын жана тоо аралык ойдуңдун таасир этүүчү зонасында туннель жайгаша турган тоо тулкуларынын баштапкы чыңалуу абалын эсептөө программасы иштелип чыккан жана ишке ашырылган. Узатасынан, тигинен жана тангенциалдык чыңалуулардын мааниси бекитилди. Түзүлгөн туннелге таасирин аныктоо үчүн чектүү шарттары катары сандык чыңалуу көрсөткүчтөрү кабыл алынды.
2. Тоо тулкуларындагы туннелдин айланасындагы чыңалууларды аныктоонун ыкмасы үч чыңалуу талаасынын жыйындысы болуп саналат:

   - узатасынан тектоникалык кысуу, тартылуу күчүнүн таасири астында тең салмактуулук теңдемелерин интегралдашуудан чыңалуу талаасы;
   - тоолу рельефтин формаларынын чыңалуулардын бөлүштүрүлүшүнө тийгизген таасири;
   - тоо-тек тулкусундагы туннелди пайда кылуу учурундагы чыңалуулардын бөлүштүрүлүшүнө суунун басымынын таасири.

Серпилгичтиктин эки өлчөмдүү теориясынын математикалык аппараты жарым-чексиз аймактын жарым тегиздикке жана бирдик тегеректин сыртындагы тешиктерге конформдык чагылдыруулардын жардамы менен колдонулат.

3. Тартылуу күчтөрдүн жана тектоникалык кысуулардын бириккен жана жекече таасирлери жана туннелдердин айланасында чыңалуулардын таралышынын жаңы мыйзам ченемдүүлүктөрү аныкталды.
4. Ар кандай формадагы туннелдердин айланасындагы чыңалуулардын жана деформациялардын бөлүштүрүлүшүнө суунун басымынын таасири аныкталды. Суунун басымы туннелдин контур чекиттеринде чыңалууга жана контурга перпендикуляр багытта кысууга алып келери бекитилди.
5. Туннелдердин айланасындагы чыңалууларды жана деформацияларды эсептөө MATHCAD жаңы программалык чөйрөсүндө жүргүзүлдү. Эсептөө жыйынтыктарын изосызыктар,

чыңалуу беттери түрүндө берүү автоматташтырылган жана изилдөөчүнүн кийлигишүүсүн талап кылбайт.

6. Жаңы MATHCAD программалык чөйрөсүндө туннелдердин айланасындагы чыңалууларды жана деформацияларды эсептөөнүн сунушталган методу туруктуулукту камсыз кылуу үчүн долбоордук чечимдерди негиздөөдө жана тоо кыркаларында бекемдөө иштеринин туруктуулугун камсыз кылууда инженердик эсептерде практикалык колдонуу үчүн «Баткен облусунун Лейлек районундагы Козубаглан дарыясына кичи ГЭСти куруу» уюмунда кабыл алынган. Диссертациянын өзүнчө жыйынтыктары КУАУнун жана КОСУнин окуу процессине колдонуулдут (ишке ашыруу актылары тиркелди).

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕГИ:

1. Ботоканова, Б.А. Гидротехникалык туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин геомеханикалык параметрлерин баалоо [Текст] / Б.А. Ботоканова // Вестн. Кыргыз. агрардык университет - 2004. - № 2. – Б. 16-17. https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=53416 – Башкы экран.

2. Ботоканова, Б.А. Басымдуу гидротехникалык туннелдердин чыңалуу абалын эсептөө [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Вестн. Кыргызча. агрардык университет - 2004. - № 2. – Б. 18-20. https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=53416 – Башкы экран.

3. Ботоканова, Б.А. Эңкейиштүү катмарлуу тоо тулкусунда жайгашкан гидротехникалык тоннелдин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу абалы [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Геомеханикада инженердик методдорду өнүктүрүү: баалоо, болжолдоо, контролдоо (Авершин окуулары): Эл аралык. илимий-практикалык. конф. / ИФжТТМ УИА КР. - Бишкек, 2005. - Б. 216-224.

4. Ботоканова, Б.А. Тоолуу аймактагы гидротехникалык туннелдин сейсмикалык чыңалуу абалы жөнүндө [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б.Жумабаев, А.А. Аманалиев // Вестн. Кыргыз-Орус. Славян. Университети - 2006. - Т. 6, № 7. – Б. 56-59. . https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=10529 – Башкы экран.

5. Ботоканова, Б.А. Конформдык чагылдырууну колдонуу менен тоо-кен казанактарын жана бийик тоолордогу плотиналардын кесилиш формаларын моделдөө [Текст] / Б.А. Ботоканова, Исмаилова К.Ж., Баялиева Ж.А. // Вестн. Кыргыз. агрардык университет - 2009. - № 5 (16): Эл аралык материалдар. илимий-практикалык. Конф.: «Кыргыз Республикасында азыркы этапта мелиорация жана суу чарбачылыгынын илимий-техникалык потенциалын өнүктүрүү». - Б. 30-34.

6. Ботоканова, Б.А. Эллиптикалык (тегерек) кесилиши бар басым туннелинин айланасында чыңалуунун бөлүштүрүлүшү [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б.Жумабаев, А.А.Аманалиев // Континуум механикасынын заманбап

маселелери: эмгек. жый. Эл аралык Конф.: «Геомеханика жана жер казынасын иштетүү маселелери». - Бишкек, 2011. - Чыгарылыш. 13: Тоо тектеринин геомеханикасы. – Б. 330-338. https://elibrary.ru/item.asp?id=28777820 – Башкы. экран.

7. Ботоканова, Б.А. Туннелдердин айланасындагы чыңалууларды эсептөөнүн методологиясы жана программасы (иштер) [Текст] / Б.А. Ботоканова, А.А. Аманалиев, Б. Жумабаев // Континуум механикасынын заманбап маселелери: Эмгек. жый. Эл аралык конф. «Геомеханика жана жер астын өздөштүрүү проблемалары». - Бишкек, 2012. - Чыгарылыш. 15: Суюктуктун динамикасы, геомеханика жана геотехнология. – Б. 102-111. https://elibrary.ru/item.asp?id=28926297 – Башкы экран.

8. Ботоканова, Б.А. Овал кесилиштеги туннелдин айланасындагы чыңалуулардын бөлүштүрүлүшү [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Континуум механикасынын заманбап проблемалары: Интерндин эмгектери. илимий-практикалык. конф. «Үзгүлтүксүз механиканын актуалдуу маселелери». - Бишкек, 2012. - Чыгарылыш. 16: Суюктуктун динамикасы, геомеханика жана геотехнология. – Б. 298-304.

9. Ботоканова, Б.А. Басымдуу гидротехникалык туннелдердин айланасындагы тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалы [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Вестн. Кыргыз-Орус. Славян. университети - 2013. - 1-том: 2-эл аралык конф. материалдары. КОСУнин түзүлгөндүгүнүн 20 жылдыгы. Б.Н. Ельциндин жана Я.Внын 100 жылдыгына арналган. Быков. - Б. 181-186.

10. Ботоканова Б.А. Гидротехникалык туннелдердин айланасында стресстин бөлүштүрүлүшү [Текст] / Б.А. Ботоканова, Ж.А. Баялиева, А.К.Жамангапова // Вестн. Кыргыз. агрардык университети - 2018. - № 1 (46). – Б. 28-32 https://elibrary.ru/item.asp?id=32351881 – Башкы экран.

11. Ботоканова, Б.А. Дарыя капчыгайына жакын тоо тулкусундагы басым туннелдеринин чыңалуу жана деформацияланган абалын моделдөө жана эсептөө [Текст] / Ж.А. Баялиева, Б.А. Ботоканова, Б.Жумабаев // Табигый. жана техника. Илимдер. - М., 2018. - No 5 (119). – Б. 108-118. https://elibrary.ru/item.asp?id=35209824 – Башкы экран.

12. Ботоканова, Б.А. Тоо тулкусунда жайгашкан басым туннелинин айланасындагы чыңалуу абалын математикалык моделдөөнүн методикасы [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б.Жумабаев // Табигый. жана техника. Илимдер. - М., 2018. - No 8 (122). – Б. 235-243.

13. Ботоканова, Б.А. Тоо аралык ойдуң зонасында жайгашкан басым туннелинин айланасындагы чыңалуу жана деформацияланган абалды математикалык моделдөө [Текст] / Ж.А. Баялиева, Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Вестн. Забайкальский мамлекети. университет - Чита, 2018. - Т. 24, № 7. – Б. 4-17. https://elibrary.ru/item.asp?id=36309853 – Башкы экран.

14. Ботоканова, Б.А. Үч бурчтуу кесилиштеги басым туннелинин чыңалуу жана деформацияланган абалын моделдөө жана болжолдоо [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // Вестн. илим жана билим. - М., 2018. - Т. 2, № 6 (42). – Б. 88-97. https://elibrary.ru/item.asp?id=35156386 – Башкы. экран.
15. Ботоканова, Б.А. Трапеция түрүндөгү кесилиши бар басым туннелинин айланасындагы массивдердин чыңалууларын жана деформацияларын эсептөө [Текст] / Б.А. Ботоканова, Б. Жумабаев // European Journal of. Техникалык жана табигый илимдер. - Вена, 2018. - № 3. - Б. 16-27.
https://elibrary.ru/item.asp?id=36269620 – Башкы экран.
16. Ботоканова, Б.А. Типтүү кесилиштери бар туннелдердин айланасындагы чыңалуулардын концентрациясы жөнүндө [Текст] / Б.А. Ботоканова // Кыргызстандын илими, жаңы технологиялары жана инновациялары. - Бишкек, 2018. - № 9. - Б. 13-33. https://elibrary.ru/item.asp?id=37030543 – Башкы экран.
17. Ботоканова, Б.А. Суу басымынын таасиринен арка түрундогу туннелдин айланасындагы чыңалуу талааларынын өзгөрүшү [Текст] / Б.А. Ботоканова «Известия» Кыргызстан. университеттери. - Бишкек, 2021. - № 5. - Б. 14 - 20.
https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48220823 – Башкы экран.

РЕЗЮМЕ

Диссертации Ботокановой Бактыгул Асанкожоевны на тему: «Оценка напряженно-деформированного состояния массивов вокруг напорных туннелей методом математического моделирования» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20. – геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика, и горная теплофизика.

Ключевые слова: гравитационная сила, деформация, напряжения, комплексные потенциалы, математическое моделирование, отображающая функция, сейсмичность, гидротехнический туннель, горные выработки.

Объект исследования: оценка напряженно-деформированного состояния массивов вокруг напорных туннелей методом математического моделирования.

Предмет исследования: изучение распределения полей напряжений и деформаций массива горных пород вокруг гидротехнических туннелей от совместных сил методом аналитического моделирования.

Цель диссертации: оценка напряженно-деформированного состояния массивов напорных гидротехнических туннелей, расположенных в горной местности в условиях действий силы гравитации, тектонического сжатия и напора воды методом аналитического моделирования.

Методы исследования: метод двумерной теории упругости, аппарата конформных отображений, метод Колосова-Мусхелишвили, использование программного обеспечения MATHCAD, численный расчет и компьютерная графика на ПЭВМ.

Научная новизна исследования: разработана аналитическая модель и методика расчета напряжений (напорных, безнапорных) вокруг туннелей, расположенных в горных массивах в программной среде MATHCAD, допускающая учёт совместных или раздельных действий сил гравитации, горизонтальных тектонических сил, гидростатического напора воды для различных типовых форм поперечных сечений.

Область применения: учебные программы по дисциплинам «Математические методы двумерной теории упругости» и «Проведение горных выработок» в КРСУ им. Б.Н. Ельцина. В КНАУ по дисциплине «Решение инженерных задач методом математического моделирования». Научно – исследовательская работа магистрантов.

Методика расчета принята для практичского применения при инженерных расчетах проектной организацией «Строительство малой гидроэлектростанции на реке Козубаглан Лейлекского района Баткенской области».

25.00.20 – геомеханика, тектерди жардыруу менен талкалоо, рудник аэрогазодинамикасы жана тоо-кен жылуулук физикасы адистиктери боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн Ботоканова Бактыгул Асанкожоевнанын «Математикалык моделдөө ыкмасы менен басымдуу туннелдердин айланасындагы массивдердин чыналуу-деформациялык абалын баалоо» темасындагы диссертациясынын

КЫСКАЧА КОРТУНДУСУ

Негизги сөздөр: тартылуу күчү, деформация, чыңалуу, комплекстүү потненциал, чагылдыруу функциясы, математикалык модел түзүү, сейсмикалык күч, гидротехникалык туннель, казанак.

Изилдөө объектиси: түрдүү кесилиштеги гидротехникалык туннелдер айланасындагы чыңалуу-деформациялык абалын математикалык моделдөө ыкмасы менен баалоо.

Изилдөө предмети: Аналитикалык моделдөө ыкмасы менен биргелешкен күчтөрдүн гидротехникалык туннелдердин тегерегиндеги чыңалуу талааларынын жана тоо массасынын деформацияларынын таралышын изилдөө.

Диссертациынын максаты: тартылуу күчү, тектоникалык кысуу жана суунун басымы аракет кылган шарттарда тоонун тулкусунда жайгашкан басымдуу гидротехникалык туннелдердин чыңалуу-деформациялык абалын аналитикалык моделдөө ыкмасы менен баалоо.

Изилдөө ыкмасы: эки өлчөмдүү серпилгичтүүлүк теориясынын методу, конформдук чагылдыруу аппараты, Колосов-Мусхелишвили методу, MATHCAD программасын колдонуу, компьютердик сандык эсептөө жана компьютердик графика.

Изилдөөнүн илимий жаңылыгы: тоо массивдеринде жайгашкан (басымдуу, басымсыз) тунеллдеринин айланасындагы чыңалууларды, гравитациялык күчтүн биргелешкен же өзүнчө аракеттери, узатасынан кеткен тектоникалык күчтөр, суунун гидростатикалык басымы таасир эткен түрдүү кеилиштердин ар типтүү формалары үчүн эсептөөнүн аналитикалык модели жана методологиясы MATHCAD программалык чөйрөсүндө иштелип чыккан

Колдонуу жааты: Адистерди даярдоо боюнча окуу программаларында: «Механика» адистиги боюнча «Эки өлчөмдүү серпилгичтүүлүк теориясынын математикалык методдору», «Курулуш» багытында, «Гидротехникалык курулуш» профили боюнча “Тоо кен иштетууну жургузуу”, «Математикалык моделдөө жолу менен инженердик маселелерди чечүү» дисциплиналары боюнча, ошондой эле магистранттардын илимий-изилдөө иштеринде, «Баткен областынын Лейлек районундагы Козубаглан дарыясына кичи ГЭСти куруу» долбоорлоо уюмунун инженердик эсептөөлөрүндө эсептөө методикасы колдонулду.

RESUME

Of the dissertation by Botokanova Baktygul Asankozhoyevna on the theme: «Evaluation of the stress-strained condition of the masses around the pressure tunnels by mathematical modeling» for the candidate of technical sciences degree in the specialty 25.00.20. - geomechanics, explosion destruction of rocks, mine aerogas dynamics, and mountain thermal physics.

Keywords: gravitational force, deformation, strain, complex potentials, mathematical modeling, mapping function, seismicity, hydraulic tunnel, mining.

Objects of study estimation of stress-deformed condition of arrays around pressure tunnels by mathematical modeling.

Subject of the study: is the study of the distribution of stress fields and deformations of the rock masses around hydraulic tunnels from joint forces by analytical modelling.

The objective of the dissertation is to assess the stress-strained state of the masses of pressure hydraulic tunnels located in mountainous terrain, under the action of gravity, tectonic compression and water pressure in a unified mathematical model.

Research methods: 2D elastic theory method, conformal mapping apparatus, Kolosov-Muskhelishvili method, use of MATHCAD software, numerical calculation and computer graphics on PC.

Scientific novelty of the study: developed analytical model and method of calculation of stresses around (pressure, free-flow) tunnels located mountain masses in the software environment MATHCAD, permitting the accounting of joint or separate actions of gravity forces, horizontal tectonic forces, hydrostatic pressure of water for various standard forms of cross-sections.

Field of application: Education programs for training of specialists: in the specialty «Mechanics» in the discipline «Mathematical methods of two-dimensional theory of elasticity», in the direction «Construction», profile «Hydrotechnical construction» in the discipline «Mining operations» at the KRSU named after B.N. Yeltsin. KNAU in the discipline «Solution of engineering problems by mathematical modeling», as well as in the research work of undergraduates.

The calculation method is adopted for practical application in engineering calculations by the project organization «Construction of a small hydroelectric power plant on the Kozubaghlan River, Leilek district, Batken region».