И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
Б. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети

Д 01.22.652 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 532.546

Ойчуева Бурулгүл Рахманбердиевна

Сел кубулуштарын үч өлчөмдүү математикалык моделдөө

01.02.05-суюктуктун, газдын жана плазманын механикасы

физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын авторефераты

Бишкек - 2023

Иш Ош мамлекеттик университетинин табигый илимдер жана математика кафедрасында аткарылды

Илимий жетекчи:	**Курбаналиев Абдикерим Ырысбаевич физика-математика илимдеринин доктору, доцент, Ош мамлекеттик университетинин табигый илимдер жана математика кафедрасынын башчысы.**
Расмий оппоненттер:	**1. Физика-математика илимдеринин доктору, Ж.Баласагын атындагы КУУнун электроника жана теориялык физика кафедрасынын профессору Чечейбаев Байыш Чечейбаевич.**
	2. КГУСТА ИНИТ «Колдонмо математика жана информатика» кафедрасынын доценти, ф-м. и.к.Орозобекова Аида Кубанычбекова.
Жетектөөчү уюм:	**И.Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети, 720026, Бишкек ш., көч. Раззакова 51А.**

Диссертацияны коргоо 2023-жылдын 17-февралында саат 14.00 Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин алдындагы илимдин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн диссертацияларды коргоо боюнча диссертациялык кеңештин жыйынында өтөт.

И.Раззаков атындагы Кыргыз-Орус Славян университети. Б. Ельцина дареги боюнча: 720044, Кыргыз Республикасы, Бишкек шаары, Тынчтык пр., 66. Ауд.1/259.

Диссертация менен И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин жана Б. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин китепканаларынан таанышса болот.

Автореферат 2023-жылдын 16-февралында тастыкталды.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы, физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент **Т.Т. Кожошов**

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Математикалык жана компьютердик моделдөө ар кандай техногендик кырсыктардын жана табигый кубулуштардын сценарийлерин жана кесепеттерин алдын-ала божомолдоонун натыйжалуу куралы болуп саналат. Плотиналардын бузулушу, цунами толкундары, жер көчкү, сел агымы, кар көчкүлөрү, лаванын агышы сыяктуу масштабдуу гидродинамикалык окуяларды моделдөө өзгөчө орунду ээлейт. Кубулуштардын жана мүмкүн болгон сценарийлердин ар түрдүүлүгү аларды компьютердик моделдөөгө көптөгөн мамилелерди жаратат. Мисал катары океандын динамикасынын теңдемелери аркылуу океандык аномалияларды моделдөө, тайыз суу теңдемелеринин негизинде цунаминин таралышы, гидродинамиканын теңдемелеринин ар кандай модификациясынын негизинде жер көчкү жана сел агымдары, дискреттик динамикалык тутумдар аркылуу лаванын агышы же гранулдуу аралашмалардын динамикасынын теңдемелерин колдонуп кар көчкү түшүшү.

Бул эмгекте жогоруда саналып өткөн окуялардын жана кубулуштардын көпчүлүгүн моделдөөгө мүмкүндүк берген, алардын чыныгы физикалык жана геометриялык татаалдыгын эске алуу ыкмасы изилденет. Мындан тышкары, дамбанын ылдый жагындагы дарыянын нугунун мүнөздөмөлөрү (топография жана батиметрия), ошондой эле көпүрө, бак-дарак жана жергиликтүү көндүмдөр сыяктуу жасалма же табигый тоскоолдуктар агымдын динамикасына таасир этет, бул гидравликалык секириктерге жана суу толкундарынын чагылышына алып келиши мүмкүн. Демек, суу ташкынынын параметрлерин так болжолдоо, мисалы, келүү убактысы, эркин жер үстүндөгү профилдер жана агымдын ылдамдыгы профилдери коркунучту азайтуу үчүн маанилүү.

Плотинаны бузуунун баштапкы этабын изилдөө Syamsuri S. (2020) бул диссертациялык иште ар кандай турбуленттүүлүк моделдеринин натыйжалуулугун баалоо жана дамбаны бузуудагы агымдарды баалоо жана ар кандай шарттарда суу ташкындарынын оң жана терс мүнөздөмөлөрүн көрсөткөн.

Бул ишти изилдөө Esmaeeli S. (2021) мурунку изилдөөчүлөрдүн эксперименталдык натыйжаларынын жана башка сандык чечүү ыкмаларынын негизинде сел толкуну категориясынын маселелерин чечүүчү тактыгын баалоо болгон. Агымдын ар кандай аспектилери, мисалы, алгачкы соккудан мурун жана андан кийин эркин беттин

бийиктиги терендикте байкалган. Бул изилдөөдө колдонулган ыкма-бул эсептөө ыкмасын колдонуп, эсептөөнүн сандык моделдөө, анын артыкчылыгы-так жана тез моделдөө убактысы.

Кийинки изилдөөдө Курбаналиев А.Ы. (2014). Кыргызстандагы Ош шаарына жакын Андижан жана Папан суу сактагычтарынын плотиналарына жакын жерлерде суу каптоо процессинин ири масштабдуу гидродинамикалык эсептөөлөрүн сандык моделдөөнү колдонуу ыкмалары иллюстрацияланган.

Диссертациянын темасынын приоритеттүү илимий багыттар, ири илимий программалар (долбоорлор), билим берүү жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүүчү негизги илимий изилдөө иштери менен болгон байланышы. Иштин белгилүү бир бөлүгү 2019-2022-жылдарында Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин эсебинен каржылануучу "математикалык жана компьютердик моделдөө, антропогендик мүнөздөгү ири масштабдуу гидродинамикалык алааматтардын кесепеттерин болжолдоо жана визуализациялоо (Нарын каскадынын плотиналарынын мисалында)" илимий-изилдөө долбоорунун алкагында аткарылган.

Изилдөөнүн максаты. OpenFOAM ачык программалык пакетинин жардамы менен туруктуу жана так сандык чечимдерди алууга мүмкүндүк берген математикалык моделдердин, колдонмо программалардын жана геомаалыматтык системалардын комплексин өнүктүрүү болуп саналат. (АКШнын Калифорния штатындагы Willow Greek тоолуу аймагында жана Кыргызстандагы Шамалды-Сай айылына жакын жайгашкан сел толкундарын моделдөө мисалында).

Изилдөөнүн милдеттери:

1. **Эсептөө гидродинамикасынын ар кандай маселелери боюнча Ubuntu 20.04 LTS операциялык системасында орнотулган OpenFOAM7 ачык пакетин текшерүү.**
2. **Сызыктуу эмес типтеги жекече туундусу бар дифференциалдык теңдемелер түрүндөгү математикалык моделдерди иштеп чыгуу, изилденүүчү объекттердин физикалык сүрөтүн адекваттуу чагылдырган моделдер үчүн баштапкы жана чектик шарттарды түзүү.**
3. **Willow Greek, АКШ тоолуу аймагынын комплекстүү топологиясын эске алуу менен структураланбаган үч өлчөмдүү эсептөө тармагын куруу үчүн программалык кодду иштеп чыгуу.**
4. **Американын Willow Greek тоолуу аймагында жана Кыргызстандын Шамалды-Сай айылына жакын жердеги суу колоннасынын ар кандай баштапкы бийиктиктериндеги дамбанын жарылуу толкунунун таралуу процессинин модели.**

Иштин илимий жаңылыгы:

1. **Суу агымдарын моделдөөдө OpenFoam6 пакетиндеги interFoam жана interDyMFoam чечүүчүлөрдү бириктирүү физикалык көз караштан адекваттуу эмес сандык натыйжаларга алып келери көрсөтүлгөн. Ал эми OpenFOAM19.06, OpenFOAM20.06, OpenFOAM4 OpenFOAM5, OpenFOAM7 жана OpenFOAM8 аркылуу алынган сандык натыйжалар суунун агымына болжол менен бирдей эле сүрөтүн берет.**
2. **Баштапкы бийиктиктери H=0.2 м, H=0.4 м, H=0.6 м жана H=0.8 м болгондо, t=3.1c убакытта шаар аймагындагы селди моделдөөдө P7 жана P8 чекиттериндеги басымдын максималдуу маанилеринин айырмасы 6,34%, 18,5%, 16,37% жана 3,26%ти түздү.**
3. **Биринчи жолу АКШнын Willow Greek тоолуу аймагында жана Кыргызстандын Шамалды-Сай айылына жакын жерде суу ташкыны боюнча эсептөөлөр жүргүзүлдү. H_0 = 20м, 25м, 30м, 35м жана 40м суу мамычасынын беш түрдүү баштапкы бийиктиги үчүн сел аянты ар кандай мааниге ээ экендиги аныкталган - баштапкы бийиктиктин өсүшү менен топологияга жараша сел аянты көбөйөт.**
4. **Белгилүү бир чекитке рельефтик толкундун таралуу убактысы суу мамысынын баштапкы бийиктигинен көз каранды экени көрсөтүлгөн.**

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси. Изилдөөнүн натыйжалары Кыргыз Республикасынын Өзгөчө Кырдаалдар Министирлигинин Нарын каскадындагы суу сактагычтарынан пландуу жана пландан тышкаркы сезондук агызууларды уюштуруу боюнча ишмердүүлүгүнө киргизилди.

Диссертациялык материалдардын бир бөлүгү ОшМУнун Математика жана маалыматтык технологиялар факультетинин окуу процессине 510100 Математика адистиктеринин жогорку курстарынын студенттери, магистранттары жана аспиранттары үчүн «Физикалык процесстерди компьютердик моделдөөнүн ыкмалары» атайын курсу катары киргизилген. 510200 Колдонмо математика жана информатика, 710300 Колдонмо информатика, 710100 Информатика жана информатика, 710200 Маалымат системалары жана технологиялары. Бул иш студенттерге заманбап программалык комплекстерди жана маалыматтык технологияларды колдонуу менен илим менен техниканын актуалдуу маселелерин чечүү көндүмдөрүн өздөштүрүүгө мүмкүндүк берет.

Диссертациянын коргоого коюлуучу негизги жоболору:

1. Табигый рельефи татаал аймактарда суу ташкындоо процессин моделдөө үчүн зарыл болгон тактык менен үч өлчөмдүү эсептөө торду куруунун иштелип чыккан ыкмасы.

2. Калифорниянын Willow Greek тоолуу аймагында жана Кыргызстандагы Шамалды-Сай айылына жакын жердеги сел толкунунун таралуу процессин моделдөөнүн жыйынтыгы.

Диссертацияда алынган натыйжалардын ишенимдүүлүгү төмөндөгүлөр менен камсыз кылынат: суюктуктун жана газдын механикасынын сакталышынын негизги мыйзамдарына негизделген математикалык моделдерди колдонуу; алынган натыйжалардын деталдуу физикалык анализи жана бул натыйжаларды эксперименталдык маалыматтар жана сандык моделдөө натыйжалары менен салыштыруу.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Диссертация диссертант тарабынан аткарылган өз алдынча изилдөөлөрдүн натыйжасы болуп саналат. Автордун жеке салымы-бул иштин максатын аныктоо жана коюлган максатка жетүү ыкмаларын тандоо, сандык изилдөөнү жүргүзүү, алынган натыйжаларды талдоо жана корутундуларды иштеп чыгуу, макалаларды жарыялоо. Жыйынтыктарды талкуулоого илимий жетекчи, ф.-м.и. д., доцент А. Ы. Курбаналиев, КР УИАнын академиги, ф.–м. и. д., профессор А. А. Жайнаков, ф.-м. и. к., а. и. к. О. Үсөнкановдор катышышты.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн натыйжалары төмөнкү конференцияларда жана семинарларда баяндалды:

1. **"Экология жана жаратылышты пайдалануу: илимдин, практиканын жана билим берүүнүн актуалдуу маселелери"эл аралык илимий конференциясы. ОшТУ, 15-ноябрь, 2018-жыл. Ош, Кыргызстан**
2. **Конгресс «The Turkic World on Health and Natural Sciences». ". ОшМУ, 21-22-Апрель, 2019-жыл. Ош, Кыргызстан.**
3. **"Илимдин, техниканын жана билим берүүнүн актуалдуу көйгөйлөрү"илимий-практикалык конференциясы. ОшТУ, 27-июнь, 2019-жыл. Ош, Кыргызстан.**
4. **ОшМУнун 80 жылдыгына арналган "Региондорду өнүктүрүү жана өлкөнү санариптештирүү шарттарында билим берүүнүн жана илимдин актуалдуу маселелери" эл аралык илимий-практикалык конференциясы. ОшМУ, 28-май, 2020-жыл. Ош, Кыргызстан.**
5. **5 th international conference on advances in natural and applied sciences, 21-23 Eylül / September 2021 Ağrı İbrahim Çeçen University, Ağrı – Turkey.**

6. **"Илимий-техникалык жана билим берүү мейкиндигиндеги маалыматтык технологиялар"эл аралык илимий-практикалык конференциясы. КГУСТА. Н. Исанова, 17-сентябрь, 2021-жыл. Бишкек, Кыргызстан.**

Диссертациянын натыйжаларынын жарыяланышы. Диссертациянын темасы боюнча 12 илимий эмгек жарык көргөн, алардын ичинен 2 автордук күбөлүк жана Кыргыз Республикасынын чегинен тышкары илимий журналдарда да жарыяланган илимий эмгектер бар: Scopus (3), РИНЦ (2).

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертация киришүүдөн, 3 баптан, корутундудан, практикалык сунуштардан, библиографиядан жана тиркемеден турат. Текст 148 бетте берилип, 32 сүрөт жана 21 таблица менен иллюстрацияланган. Библиографиялык көрсөткүч 162 булактан турат.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүү. Теманын актуалдуулугу, диссертациялык иштин илимий-изилдөө иштеринин тематикалык планы менен байланышы, иштин максаты жана милдеттери, илимий жаңылыгы, алынган натыйжалардын практикалык мааниси, коргоого чыгарылган негизги жоболор, изденүүчүнүн жеке салымы, изилдөөнүн жыйынтыктарын апробациялоо жөнүндө кыскача маалыматтар, диссертациянын жыйынтыктарын жарыялоо жөнүндө маалыматтар, анын көлөмү жана түзүмү берилген.

1-бап. Биринчи бөлүмдө(адабий сереп) турбуленттүү агымдарды моделдөөнүн заманбап ыкмалары каралат. Турбуленттүү эки фазалуу агымдарды эсептөө үчүн Навье–Стокс теңдемелеринин мүмкүнчүлүктөрүн жана чектөөлөрүн эске алуу менен жакындаштыруулары келтирилген. Рейнольдс менен жабылгандарды жабуу үчүн иштелип чыккан турбуленттүүлүктүн эң белгилүү моделдери келтирилген. Коюлган талаптарга жооп берген математикалык модель тандалат.

2-бап. Изилдөөнүн ыкмалары жана методологиясы. «Изилдөөнүн методологиясы жана ыкмалары» экинчи бапта жалпыланган чоңдук үчүн жалпыланган транспорттук теңдемени дискреттөө үчүн башкаруу көлөмүнүн методун колдонуунун жолдору берилген. Бул ыкмалар турбуленттик кинетикалык энергия, температура, концентрация сыяктуу скалярдык чоңдуктун ташылышын сүрөттөгөн ар кандай теңдемеге колдонулушу мүмкүн. Жалпыланган сактоо теңдемесинин ар бир мүчөсү үчүн дискреттөө процедурасы кезеги менен каралат. Конвективдик-диффузия маселеси үчүн айырмачылык схемаларды

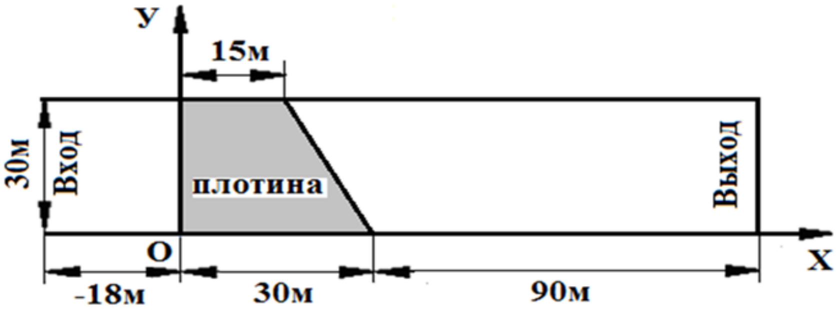
колдонуу ыкмалары көрсөтүлүп, четиндеги ылдамдыкты эсептөө үчүн ар кандай интерполяциялык методдор каралат.

Изилдөө объектиси катары кысылбаган суюктуктун жана газдын эки фазалуу турбуленттүү агымдары болуп саналат.

Изилдөө предмети катары реалдуу аймактарда суу каптоо процесстерин моделдөө болуп саналат.

Үчүнчү бапта "Сел процесстерин үч өлчөмдүү математикалык моделдөө" диссертациялык иштин тематикасы боюнча өз изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары келтирилген.

1-маселе. Каралып жаткан маселенин геометриясы 3.1-сүрөттө келтирилген.



3.1-сүрөт маселенин геометриясы

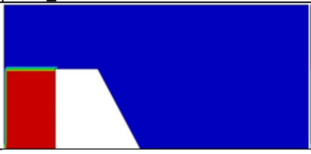
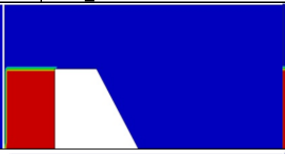
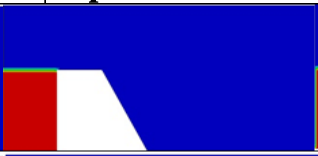
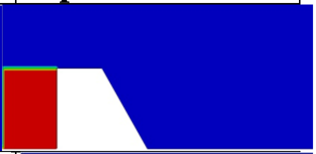
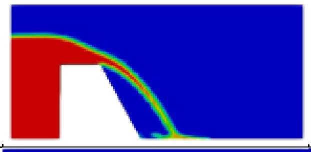
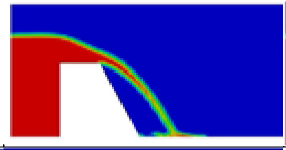
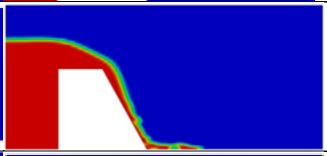
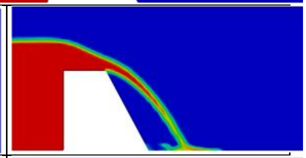
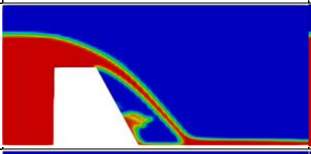
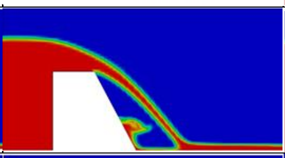
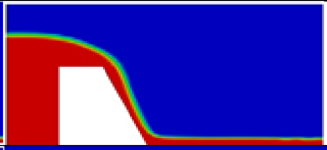
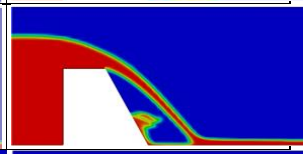
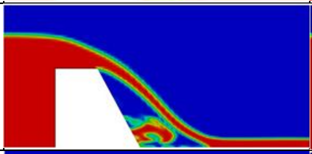
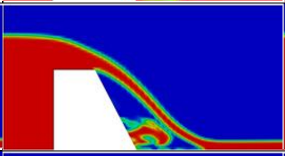
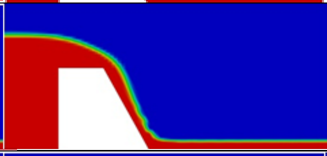
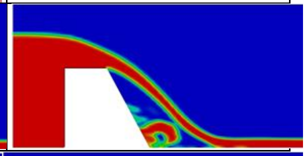
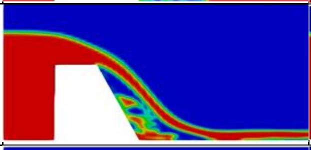
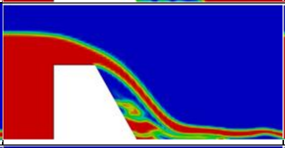
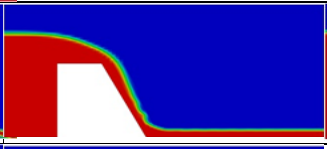
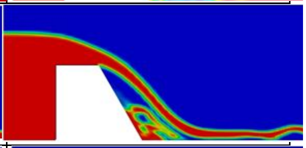
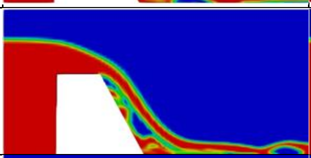
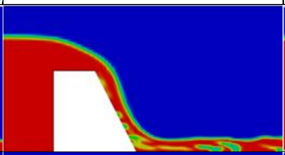
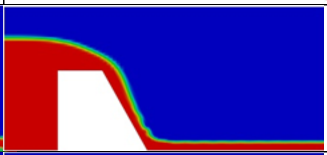
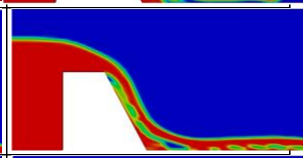
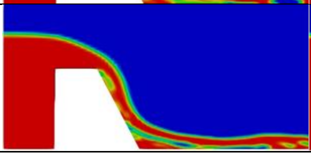
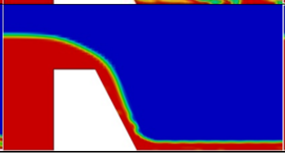
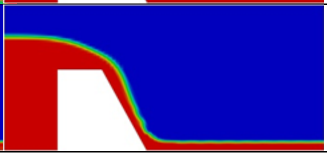
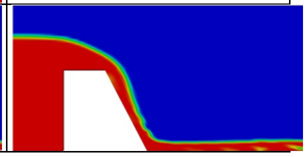
Бардык өлчөмдөр метр менен берилип, геометриялык пропорция сакталган эмес. Эсептөө аймагына суу сол жактан 75 м^3/с суу агымынын орточо көлөмдүк агымына туура келген ылдамдыкта кирет жана оң жактагы ачык чек арадан чыгат.

Иштин максаты OpenFOAM ачык пакетинин ар кандай версияларынын interFoam чечүүчү мүмкүнчүлүктөрүн көрсөтүү болгон.

Эркин чек ара менен тышкы агымдарды моделдөө маселелеринде суунун көлөмдүк үлүшүнүн alpha.water баштапкы бөлүштүрүлүшү бир тектүү эмес болгон, анткени кээ бир эсептөө ячейкалары суу менен толтурулган. Эсептөө аймагынын кыймылсыз катуу дубалдарында ылдамдык векторунун бардык компоненттеринин нөлгө барабардыгын аныктай турган тайгаланбоо шарты коюлат. Суунун басымы жана көлөмдүк үлүшү үчүн өткөрбөө шарттары белгиленет - бул чоңдуктардын нормасы боюнча нөлдүк градиент; турбуленттик кинетикалык энергия k жана анын диссипация ылдамдыгы ε үчүн чек ара шарттары дубалга жакын функциялардын аппаратын колдонуу менен коюлган.

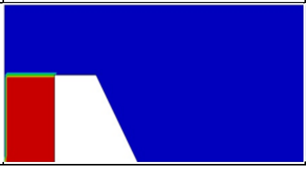
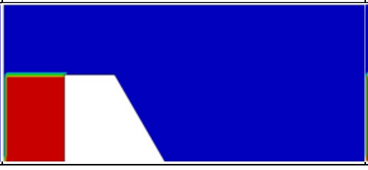
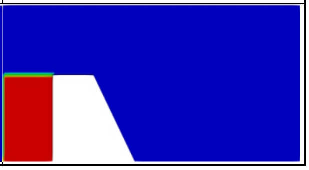
Сандык моделдөөнүн натыйжаларын визуалдаштыруу үчүн Paraview пакети колдонулган. t=0c, 6c, 10c, 20c, 30c, 40c жана 46c убакыт чекиттери үчүн суунун көлөмдүк үлүшүнүн бөлүштүрүлүшү көрсөтүлгөн. Бул жерде кызыл түс толугу менен суусу бар ячейкаларга, ал эми көк түс суусу жок, аба гана бар ячейкаларга туура келет. Кызылдан көккө чейинки түрдүү түстөр суу-аба интерфейсинин абалын

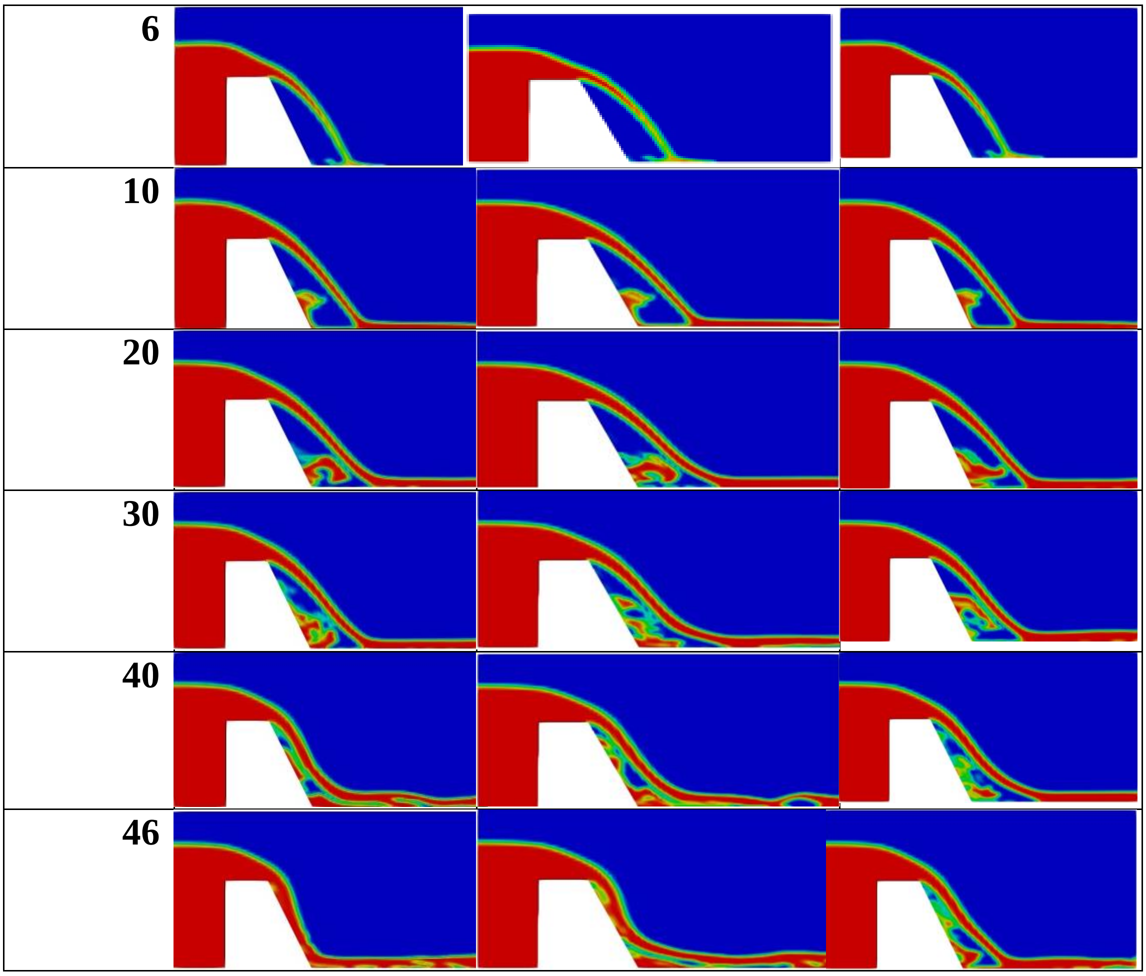
көрсөтөт. 3.4-сүрөттө суунун ар кандай мезгилдеги көлөмдүк үлүшү көрсөтүлгөн.

t, c	а) OpenFOAM19.06	б) OpenFOAM5	в) OpenFOAM6	г) OpenFOAM7
0				
6				
10				
20				
30				
40				
46				

3.4-сүрөт - Убакыттын ар кандай чекиттериндеги суунун көлөмдүк үлүшү

Мындан тышкары, эсептөөлөр эски OpenFOAM4 жана жаңы OpenFOAM20.06 жана OpenFOAM8 версияларын колдонуу менен жүргүзүлдү (сүрөт 3.5.).

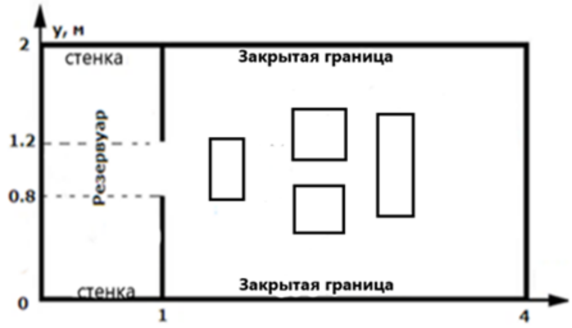
t, c	а) OpenFOAM4	б) OpenFOAM20.06	в) OpenFOAM8
0			



3.5 – сүрөт. OpenFOAM4, OpenFOAM20.06 жана OpenFOAM8 натыйжаларын салыштыруу

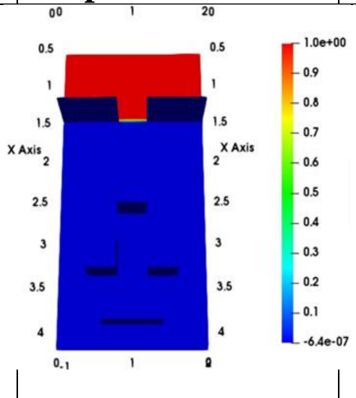
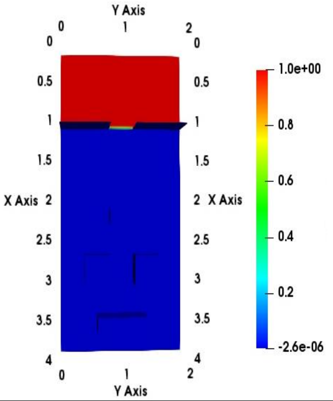
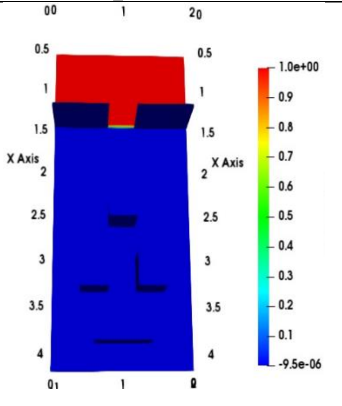
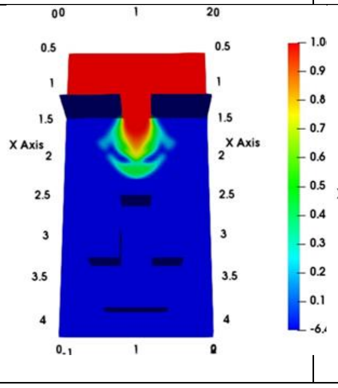
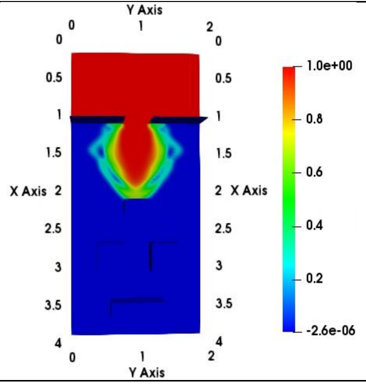
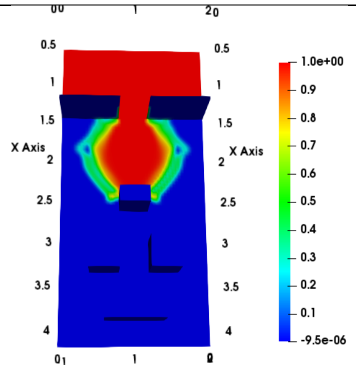
Биздин эсептөөлөр көрсөткөндөй, мындай өзгөртүүлөр OpenFOAM6 пакетине киргизилген weirOverFlow колдонмосу менен эсептегенде реалдуу эмес жүрүм-турумуна алып келет. Андан тышкары, OpenFOAM7 жана OpenFOAM8дин кийинки жаңы версияларында убакыттын туундуларын эсептөөдө колдонулган fvcDdtPhiCoeff коэффициенти OpenFOAM5те бул коэффициентти эсептөө үчүн кабыл алынган эски ыкмага кайтарылган.

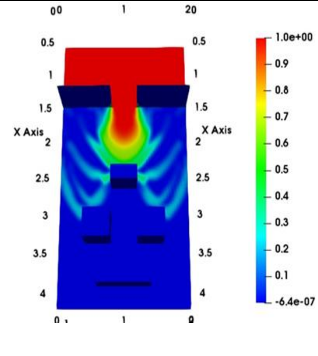
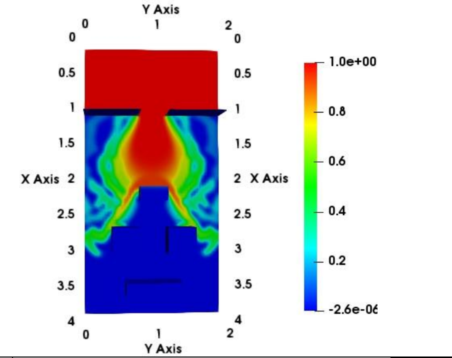
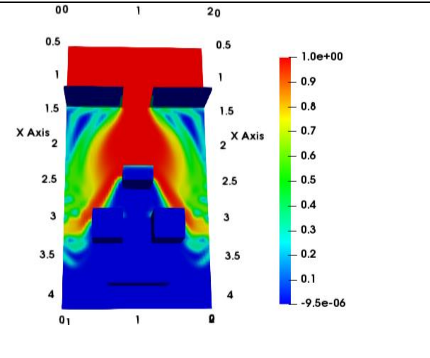
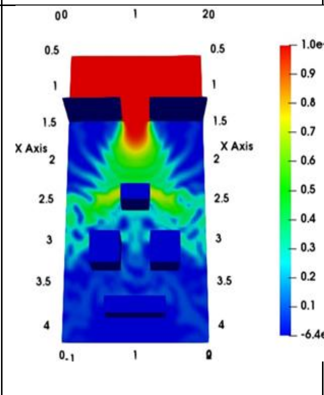
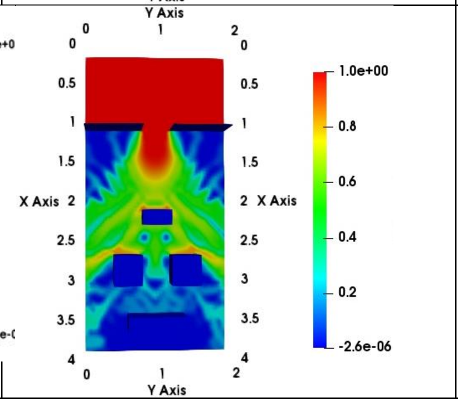
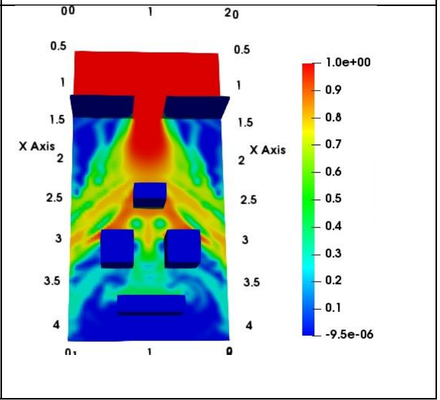
2- маселе. Шаардын моделиндеги суу ташкындарын моделдөө. Төрт бурчтуу каналдагы дамбанын симметриялуу бузулуу маселеси каралат Fraccarollo, L., Toro, E. F. (1995). Оң жактагы көлөмү 1м×2м×0.8м болгон суу сактагыч 0.6м бийиктиктеги суу мамычасына толтурулган. 3.7-сүрөт. каралып жаткан маселенин геометриясы көрсөтүлгөн.



3.7-сүрөт. Каралып жаткан маселенин геометриясы (үстүнөн көрүнүшү)

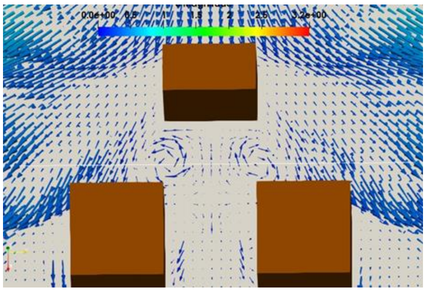
3.9-сүрөттө суу сактагычтагы суу колоннасынын ар кандай маанилериндеги суунун көлөмдүк үлүшүнүн бөлүштүрүлүшү көрсөтүлгөн.

***t*, с**	**alpha.water 0.2**	**alpha.water 0.4**	**alpha.water 0.6**
0			
5			

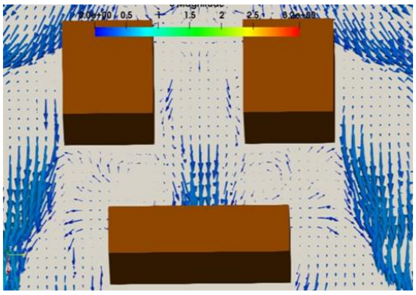
10			
50			

3.9-сүрөт. Суунун көлөмдүк үлүшүнүн бөлүштүрүлүшү

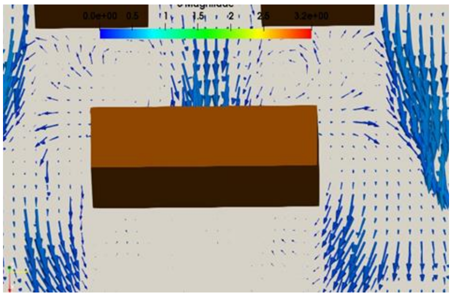
3.10-сүрөттө ылдамдык модулунун бөлүштүрүү талаасы көрсөтүлгөн, мында биринчи имараттан кийин кайтып келүүчү, рециркуляциялык агымдардын зоналары даана көрүнүп турат.



3.10а-сүрөт. Биринчи имараттан кийин ылдамдык модулунун талаасы

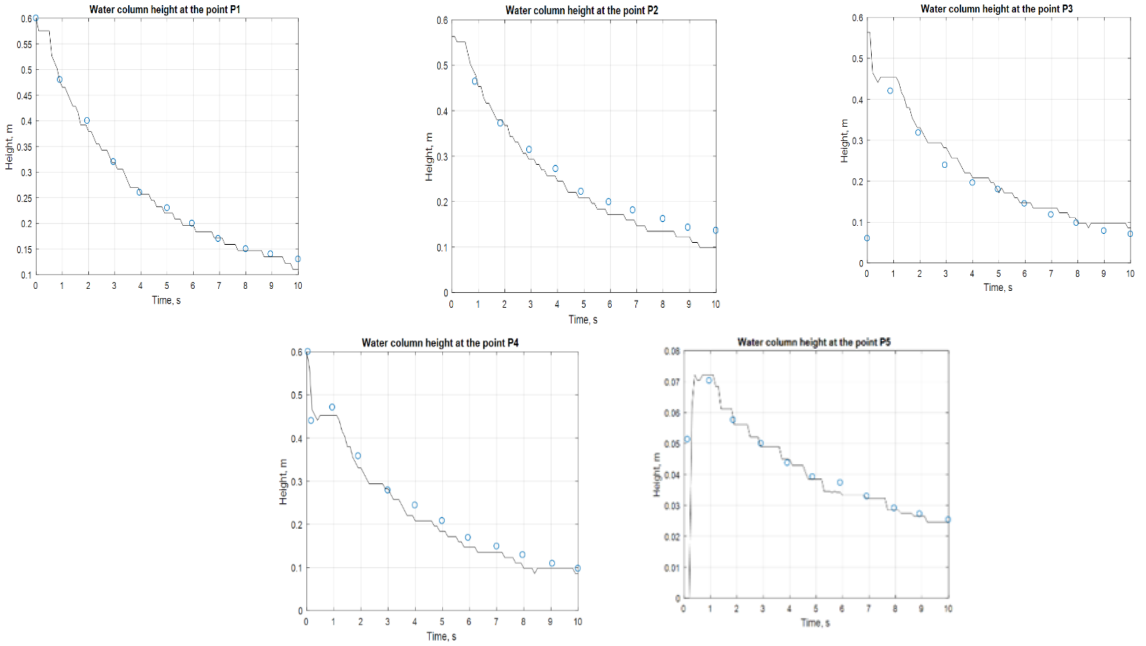


3.10б - сүрөт. Имараттардын экинчи катарынан кийинки ылдамдык модулунун талаасы



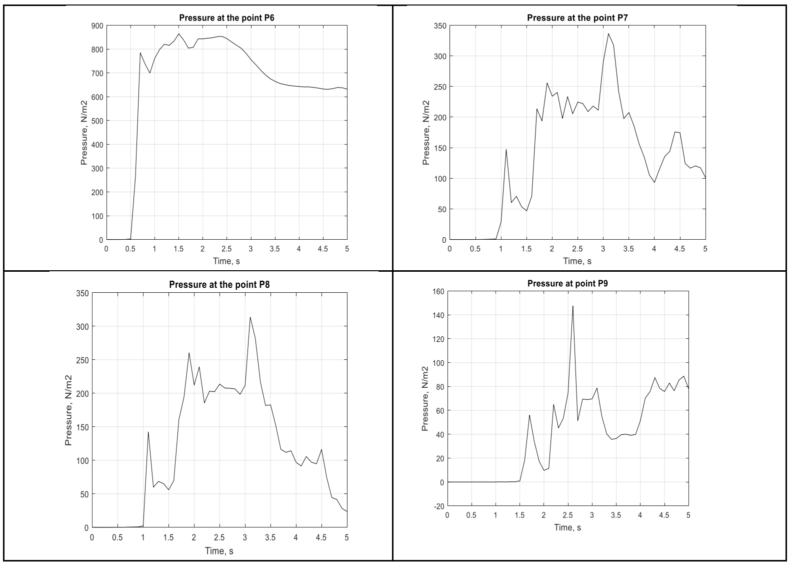
3.10в - сүрөт.Үчүнчү имараттын айланасындагы ылдамдык модулунун талаасы

3.12-сүрөттө суу агымынын бийиктигинин сандык натыйжаларынын (үзгүлтүксүз сызык) графиктери жана тиешелүү эксперименталдык маалыматтар (маркерлер) көрсөтүлгөн.

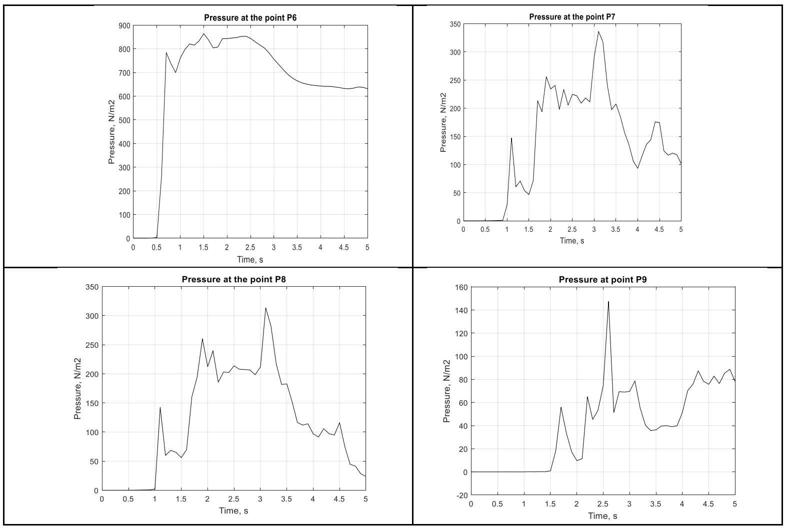


3.12-сүрөт – P1, P2, P3, P4 жана P5 чекиттериндеги суу агымдарынын бийиктигинин убакыт боюнча өзгөрүүсү

3.13-сүрөттө түздөн-түз имарат моделдеринин алдында жайгашкан P6, P7, P8 жана P9 чекиттериндеги басымдын убакыт эволюциясы резервуардагы суу мамысынын баштапкы бийиктиги H=0.2м жана H=0.4м ге барабар болгон учурда көрсөтүлгөн. Жеткирүү толкунунун алдыңкы чети биринчи имаратка 0.5 с ичинде жетет жана басым болжол менен 800 Н/м^2 мааниге жетет.



3.13а-сүрөт. P6, P7, P8 жана P9 чекиттериндеги басымдын өзгөрүшү. H=0.2м

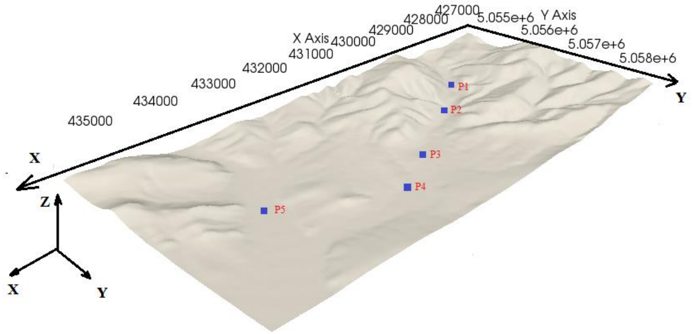


3.13б-сүрөт. P6, P7, P8 жана P9 чекиттериндеги басымдын өзгөрүшү. H=0.4м

t=3.1с убакыт моменти үчүн P7 жана P8 чекиттеринде максималдуу басымдын айырмасы 6.34% жана 18.5%, баштапкы бийиктиктер H=0.2м жана H=0.4м болгондугу аныкталган.

Сандык моделдөөнүн натыйжаларын тиешелүү эксперименттик маалыматтар менен салыштыруу алардын ортосундагы адекваттуу макулдашууну көрсөтөт.

3-маселе. Willow Creek, California, USA тоосундагы сел толкунунун таралуу процессин моделдөө. Ири масштабдуу гидродинамикалык эсептөөлөрдүн сандык моделдештирүү ыкмаларын иллюстрациялоо үчүн рельефи 3.14-сүрөттө көрсөтүлгөн АКШнын Willow Creek тоолуу аймагындагы сел процессин эсептөө маселесин карап көрөлү.

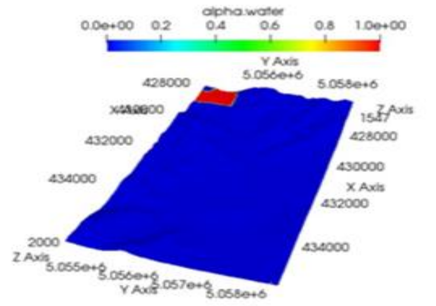
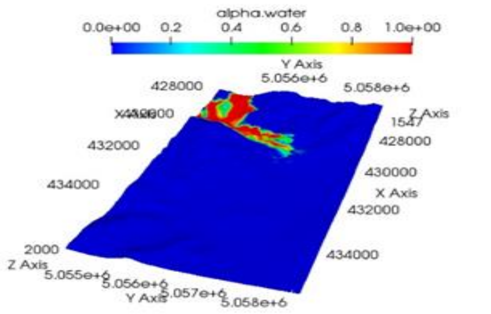
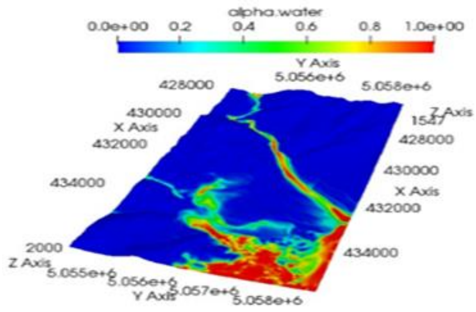
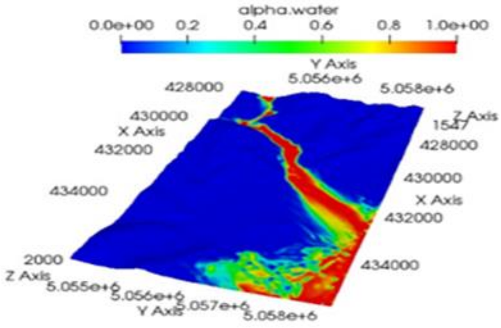


3.14-сүрөт. Willow Creek аймагы

Бул жерде баса белгилей кетүүчү нерсе, плотинанын чыныгы жарылып кетүүсүнүн жана төмөнкү деңгээлдеги аймактарды суу каптап кетүү жагдайы бул жерде моделдештирилбеген, бирок зарыл болгон топографиялык маалыматтар болгон учурда жогоруда аталган технологияны колдонуунун принципиалдуу мүмкүнчүлүгүн көрсөтүп

турат. Бул эсептөөлөр үчүн колдонулган Willow Creek топографиялык маалыматтар жана кийинчерээк stl форматына айландырылган. OpenFOAM blockMesh жана snappyHexMesh утилиталары менен түзүлгөн алты бурчтуу фондук тор сел процессин моделдөө үчүн колдонулган 3D бетине айландырылды. SnappyHexMesh утилитасын колдонгондон кийин эсептөө клеткаларынын акыркы жалпы саны 450705.

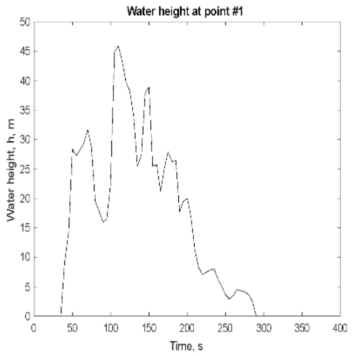
Суу колоннасынын H=20м баштапкы бийиктиги үчүн суунун көлөмдүк үлүшүнүн убакыттын ар кандай чекиттеринде бөлүштүрүлүшү 3.15аг-сүрөттө көрсөтүлгөн.

t, с	Суунун көлөмдүк үлүшү	t, с	Суунун көлөмдүк үлүшү
t=0с		t=11с	
t, с	Суунун көлөмдүк үлүшү	t, с	Суунун көлөмдүк үлүшү
t=20с		t=40с	

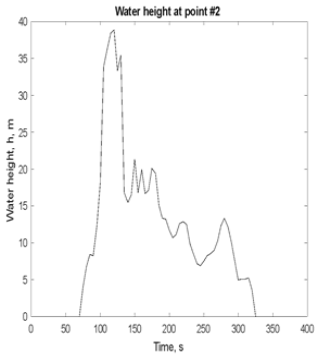
3.15-сүрөт.Убакыттын ар кандай учурларында суунун көлөмдүк үлүшү

Бул жерде кызыл түс суунун агымына, ал эми көк түс аба агымына туура келет (көк түстөгү аймактарда суу агымы жок).

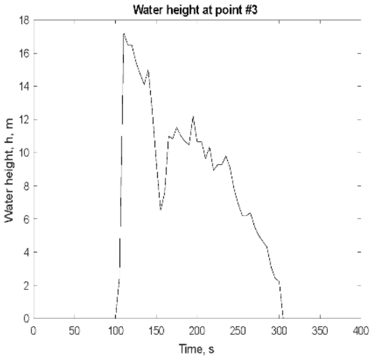
P1-P5 чекиттериндеги суу агымынын бийиктигинин өзгөрүүлөрү төмөнкү 3.16 ад- сүрөттөрүндө көрсөтүлгөн.



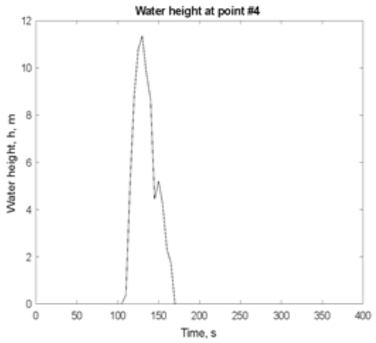
Р1 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги



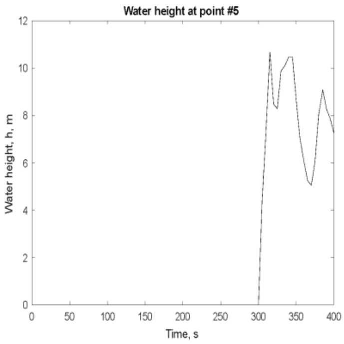
Р2 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги



Р3 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги



Р4 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги

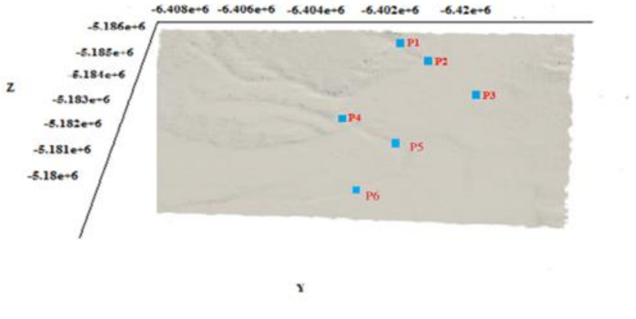


Р5 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги

3.16д- сүрөт. Р5 чекитиндеги суу агымынын бийиктиги

4-маселе. Кыргызстандагы Шамалды-Сай айылынын жанындагы ири масштабдуу суу ташкынынын математикалык моделдөө.

Колдонулган моделдердин жана компьютердик технологиялардын натыйжалуулугу Кыргызстандагы Шамалды-Сай айылынын жанындагы ири масштабдуу суу ташкынынын математикалык моделдөө маселесинде көрсөтүлгөн, анын рельефи 3.18-сүрөттө көрсөтүлгөн.



3.18-сүрөт. Үч өлчөмдүү эсептөө областы, Шамалды-Сай.

3.16. – табл.да 6 таяныч чекиттердин координаталары берилген.

3.16. –таблица. Таяныч чекиттердин координаталары

P #	X, м	Y, м	Z, м
P1	-6402567.7174	1231.22	-5185829.9539
P2	-6402878.2414	1232	-5185015.4648
P3	-6401595.5308	1236	-5183863.4583
P4	-6404659.4161	1232	-5183162.5515
P5	-6407039.6656	1196	-5180415.7243
P6	-6402524.4158	1235	-5184008.1862

Убакыттын ар кандай чекиттеринде суунун көлөмдүк үлүшүнүн бөлүштүрүлүшү 3.19-сүрөттөрүндө көрсөтүлгөн.

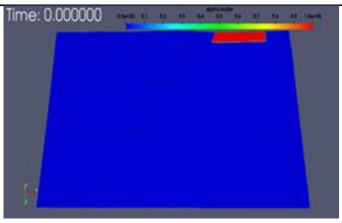
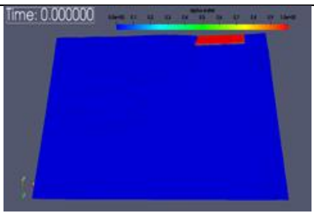
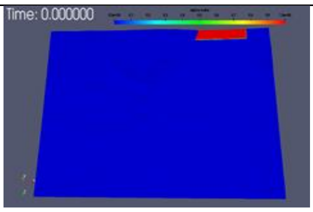
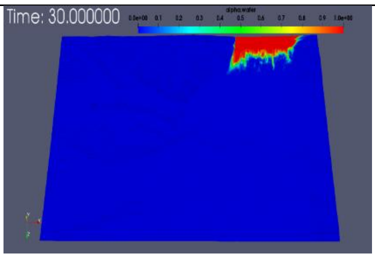
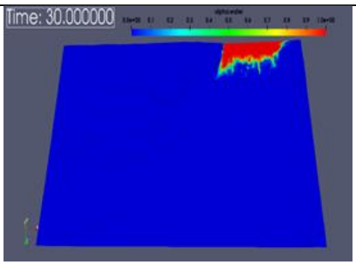
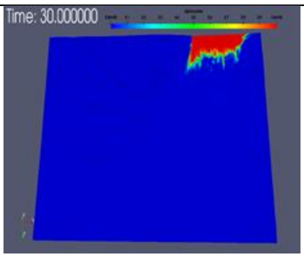
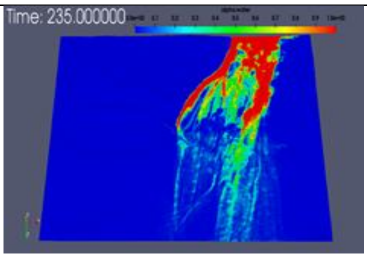
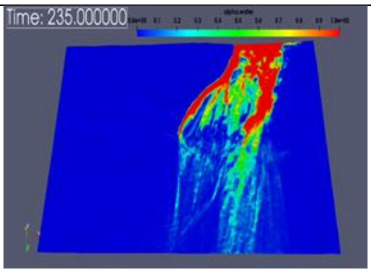
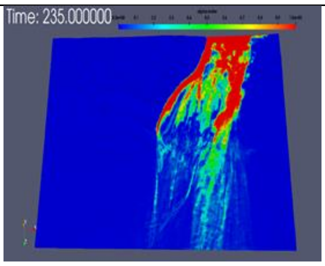
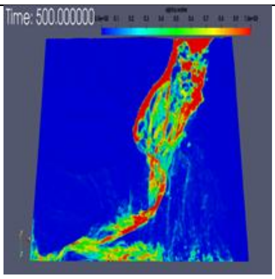
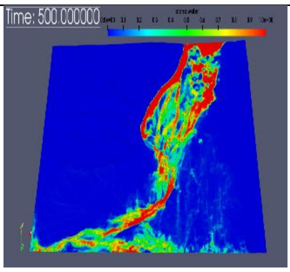
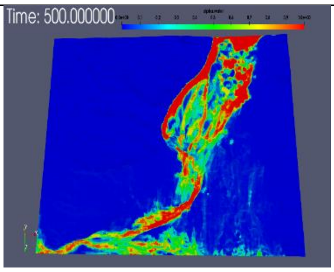
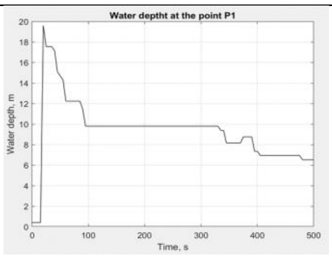
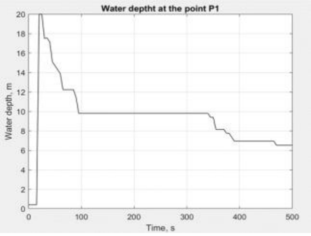
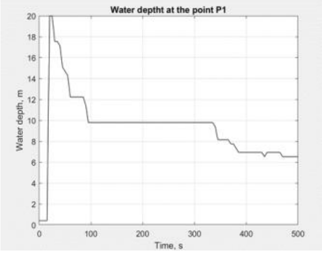
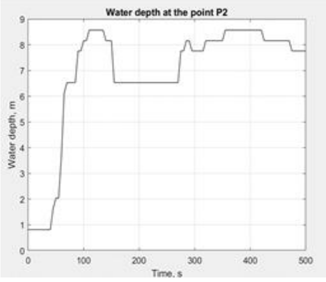
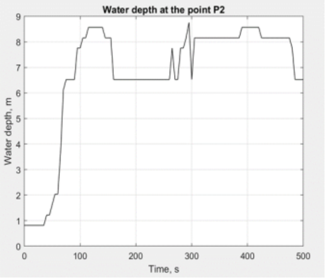
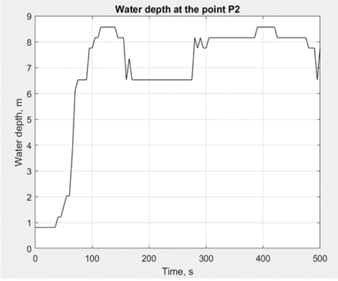
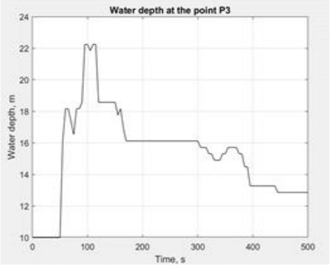
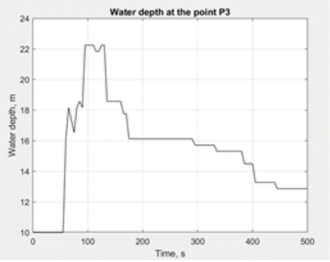
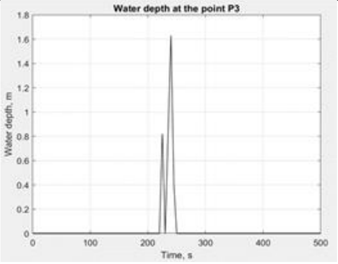
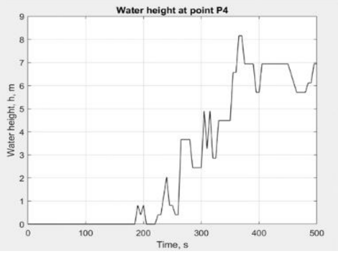
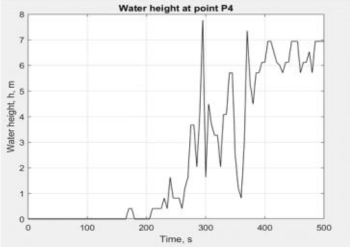
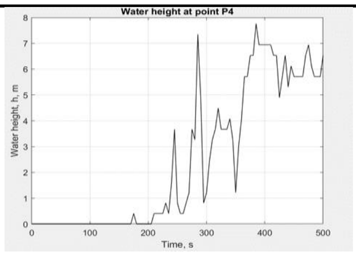
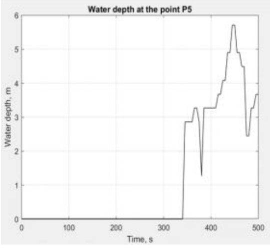
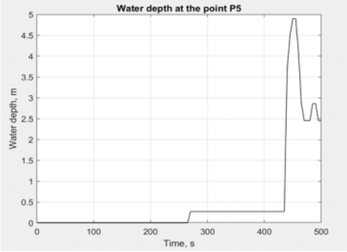
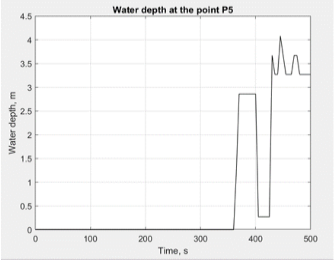
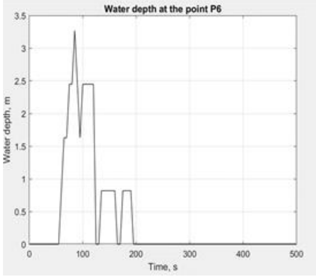
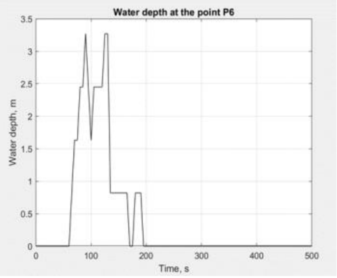
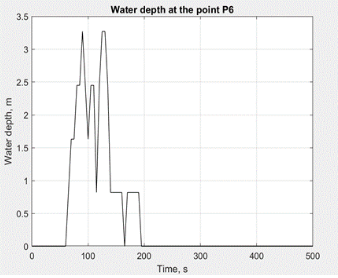
в/с	20м	25м	30м
0			
30			
160			
500			

Рисунок 3.19 - Убакыттын ар кандай чекиттеринде суунун көлөмдүк үлүшүнүн бөлүштүрүлүшү

Бул жерде кызыл түс таза суунун агымына, көк түс аба агымына туура келет (көк аймактарда суу агымы жок).

P1-P6 ар кандай чекиттердеги суунун агымынын бийиктигинин өзгөрүүсү 3.20-сүрөттө көрсөтүлгөн.

	20м	25м	30м
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			

3.20-сүрөт. P1-P6 ар кандай чекиттердеги суунун агымынын бийиктигинин өзгөрүүсү

Бул эмгекте суунун агымынын нугу жана ар кандай түзүлүштөр менен өз ара аракеттенүүсү эске алынган эмес.

КОРУТУНДУ:

Диссертациялык иштин негизги натыйжалары жана корутундулары болуп төмөнкүлөр саналат:

1. **Суу агымдарын моделдөөдө OpenFoam6 пакетиндеги interFoam жана interDyMFoam чечүүчүлөрдү бириктирүү физикалык көз караштан адекваттуу эмес сандык натыйжаларга алып келери көрсөтүлгөн. Ал эми OpenFOAM19.06, OpenFOAM20.06, OpenFOAM4 OpenFOAM5, OpenFOAM7 жана OpenFOAM8 аркылуу алынган сандык натыйжалар суунун агымына болжол менен бирдей эле сүрөтүн берет.**
2. **Баштапкы бийиктиктери H=0.2 м, H=0.4 м, H=0.6 м жана H=0.8 м болгондо, t=3.1с убакытта шаар аймагындагы селди моделдөөдө P7 жана P8 чекиттериндеги басымдын максималдуу маанилеринин айырмасы 6.34%, 18.5%, 16.37% жана 3.26%ти түздү.**
3. **Биринчи жолу АКШнын Willow Creek тоолуу аймагында жана Кыргызстандын Шамалды-Сай айылына жакын жерде суу ташкыны боюнча эсептөөлөр жүргүзүлдү. H_0 = 20м, 25м, 30м, 35м жана 40м суу мамычасынын беш түрдүү баштапкы бийиктиги үчүн сел аянты ар кандай мааниге ээ экендиги аныкталган - баштапкы бийиктиктин өсүшү менен топологияга жараша сел аянты көбөйөт.**
4. **Белгилүү бир чекитке рельефтик толкундун таралуу убактысы суу мамысынын баштапкы бийиктигинен көз каранды экени көрсөтүлгөн.**

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА БАСЫЛЫП ЧЫККАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ:

1. **Ойчуева Б.Р. Using openFoam multiphase solver interFoam for large scale modeling [Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б.Р. ,Максутов А.Р.,Ободоева Г.С.//Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, 22-24 October, 2019. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55973158400**
2. **Ойчуева Б.Р. Моделирование процесса наводнения в пакете OpenFoam [Текст] / Б.Р.Ойчуева, А.Ы.Курбаналиев, А.Ж. Жайнаков. // Материалы XV международной азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем»,26-30-августа2019г, Академгородок, Новосибирск, Россия. Сайт семинара: http://conf.nsc.ru/opcs2019. То же: [Электронный ресурс].**

– Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41540169&pff=1

3. Ойчуева Б.Р. Моделирование водослива методом контрольного объема [Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б. Р., Марс кызы Т.// ОшМУ Вестник, Илимий-методикалык журнал ISSN 1694-7452 Стр.32-37, 2020. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=43068358
4. Ойчуева Б.Р. Критическое сравнение различных версий пакета OPENFOAM на задаче моделирования водослива [Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б. Р., Калмурзаева А.Т., Жайнаков А.Ж., Култаев Т.Ч.// Вычислительные технологии. 2021г. Т. 26. ст. 44-57. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=45668393
5. Ойчуева Б.Р. Моделирования течения над широкими плотинами в двумерном и трехмерном приблжении. [Текст] / Ойчуева Б. Р., // Горный журнал КГГУ им. академика У.Асаналиева, 2021/10/8, том-1. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47387112
6. Ойчуева Б.Р. Численное моделирование двух фазного течения [Текст] / Ойчуева Б. Р., // Вестник КГУСТА, 2021. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vestnikksucta.kg/2021-2/
7. Ойчуева Б.Р. Turbulent Flow Modelling using open source packages OpenFOAM and Paraview [Текст] /Курбаналиев А. Ы., Ойчуева Б. Р., Калмурзаева А.Т., Турганбаева А.Б.// 5 th International Journal of Science Education and Technology. 2021. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/file/d/1AoYVR21NPQSyfHvnCILs2_Mb3048UBu7/view
8. Ойчуева Б.Р. Numerical Simulation of theTurbulent One and Two Phase Flows[Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б. Р., Калмурзаева А.Т., Акназарова С.С.// Международного конгресса тюркского мира по естественным наукам и медицине (firstcongress.oshsu.kg), 21 апреля 2019 год, Записи молодых ученых, стр.254-255. firstcongress.oshsu.kg. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://firstcongress.oshsu.kg/assets/documents/info.pdf
9. Ойчуева Б.Р. Mathematical Modeling and Visualization of Large-Scale Flooding in the Flood Plain of Naryn River Using OpenFOAM Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. V.503. – P. 357–365. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55973158400
10. Ойчуева Б.Р. Комплекс программ подготовки данных для математического моделирования и визуализаций последствий крупномасштабного наводнения в пойме реке Нарын, Кыргызстан. [Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б. Р.// Кыргыз

патент. Авторское свидетельство. Программа для ЭВМ. 2022г., №735, 15.03.2022. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://new2.patent.kg/wp-content/uploads/2022/08/%D0%98%D0%9C-62022.pdf

11. Ойчуева Б.Р. Программа для создания трёхмерной расчетной сетки с учётом сложной топологии реальной местности при помощи утилиты snappyHexMesh пакета OpenFOAM, р. Нарын, Кыргызстан. [Текст] /КурбаналиевА. Ы., Ойчуева Б. Р.// Кыргыз патент. Авторское свидетельство. Программа для ЭВМ. 2022г., №736, 15.03.2022. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://new2.patent.kg/wp-content/uploads/2022/08/%D0%98%D0%9C-62022.pdf
12. Ойчуева Б.Р. Моделирование турбулентного течения с использованием пакета OpenFOAM[Текст]. Ойчуева Б.Р.- XXIV Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Наука и образование: проблемы и перспективы», 15 апреля 2022 года на платформе GoogleMeet, Алтайский край, г. Бийск – наукоград Российской Федерации. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www2.bigpi.biysk.ru/wwwsite/doc/Proceedings_Science_and_Edu_2022.pdf

РЕЗЮМЕ

диссертации Ойчуевой Бурулгүл Рахманбердиевны на тему: «Трехмерное математическое моделирование процессов наводнения» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05- механика жидкости, газа и плазмы.

Ключевые слова: математическое моделирование, вычислительная гидродинамика, число Рейнольдса, уравнение Навье-Стокса, нестационарное течение, двухфазное течение, свободная граница, метод объема жидкости, наводнение, OpenFOAM, interFoam, Paraview, Нарын, Willow Greek.

Объектом исследования является двухфазные турбулентные течения несжимаемой жидкости и газа.

Предмет исследования заключается в моделировании процессов наводнения в реальных месностях.

Целью работы является создание комплекса математических моделей, прикладных программ и геоинформационных систем, позволяющих получать с помощью открытого пакета OpenFOAM устойчивые и достаточно точные численные решения (на примере моделированию

волны прорыва в горный местности Willow Greek, California, USA и посёлки Шамалды-Сай, Кыргызстан).

Методы исследования и аппаратура. математическое моделирование, численное решение уравнений вычислительной гидродинамики, вычислительный эксперимент с применением персональных ЭВМ.

Полученные результаты и их новизна.

- **Показано, что при моделировании задачи водослива показывают, что объединение решателей interFoam и interDyMFoam в пакете OpenFoam6 приводит к не адекватному, с физической точки зрения, численным результатам. А численные результаты, полученные с помощью OpenFOAM19.06, OpenFOAM20.06, OpenFOAM4 OpenFOAM5, OpenFOAM7 и OpenFOAM8 дают примерно одинаковую картину течения стразу за водосливом (вода не прилипает к правой, пологой стенке водослива), что соответствует принципу повторяемости результатов адекватного математического моделирования.**
- **Обнаружено, что при моделировании наводнения в модели городской местности для момента времени t=3.1с, разница в максимальных значениях давления в точках P7 и P8 состала 6.34%, 18.5%, 16.37% и 3.26% для начальных высот H=0.2 м, H=0.4 м, H=0.6 м и H=0.8 м соответственно.**
- **Впервые проведён расчет возможного наводнения в горной местности Willow Greek, USA и около поселка Шамалды-Сай, Кыргызстан. Обнаружено, что для трёх различных начальных высот водного столба H0= 20м, 25м, 30м, 35м и 40м площади затопления имеет разные значения с ростом начальной высоты растет площадь затопления в зависимости от топологии местности.**
- **Показано, что время распрстронения волны прорыва местности до определенной точки зависить от первоначальной высоты водного столба.**

Степень использования или рекомендации по использованию. Результаты иследования могут быть применены при разработке берегозащитных инженерно-технических сооружений и прогнозировании последствий при наводнениях.

Область применения. Результаты исследования внедрены в деятельность Министерства чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики для организации плановых и внеплановых сезонных сбросов с водохранилищ Нарынского каскада.

Ойчуева Бурулгүл Рахманбердиевна

01.02.05 - суюктуктун, газдын жана плазманын механикасы адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алууга жазган « Сел кубулуштарын

үч өлчөмдүү математикалык моделдөө» аттуу темадагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Ачкыч сөздөр: математикалык моделдештирүү, компьютердик моделдештирүү, суюктуктардын эсептөө динамикасы, Рейнольдс саны, Навье-Стокстун теңдемеси, туруксуз агым, эки фазалуу агым, эркин чек ара, суюктуктун көлөмү ыкмасы, сел, OpenFOAM, interFoam, Paraview, Willow Greek.

Изилдөөнүн объектиси кысылбай турган суюктуктун жана газдын эки фазалуу турбуленттик агымдары.

Изилдөөнүн предмети. Математикалык моделдөө, эсептөө гидродинамикасынын теңдемелерин сандык чечүү, персоналдык компьютерлерди колдонуу менен эсептөө эксперименти.

Бул диссертациялык иштин максаты. OpenFOAM ачык программалык пакетинин жардамы менен туруктуу жана так сандык чечимдерди алууга мүмкүндүк берген математикалык моделдердин, колдонмо программалардын жана геомаалыматтык системалардын комплексин өнүктүрүү болуп саналат. (АКШнын Калифорния штатындагы Willow Greek тоолуу аймагында жана Кыргызстандагы Шамалды-Сай айылына жакын жайгашкан сел толкундарын моделдөө мисалында).

Изилдөө ыкмалары жана жабдуулары: Стационардык эмес Навье-Стокстун теңдемелер системасын OpenFOAM пакетинин жардамында чечүү.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы.

- **Суу агымдарын моделдөөдө OpenFoam6 пакетиндеги interFoam жана interDyMFoam чечүүчүлөрдү бириктирүү физикалык көз караштан адекваттуу эмес сандык натыйжаларга алып келери көрсөтүлгөн. Ал эми OpenFOAM19.06, OpenFOAM20.06, OpenFOAM4 OpenFOAM5, OpenFOAM7 жана OpenFOAM8 аркылуу алынган сандык натыйжалар суунун агымына болжол менен бирдей эле сүрөтүн берет.**
- **Баштапкы бийиктиктери H=0.2 м, H=0.4 м, H=0.6 м жана H=0.8 м болгондо, t=3.1с убакытта шаар аймагындагы селди моделдөөдө P7 жана P8 чекиттериндеги басымдын максималдуу маанилеринин айырмасы 6.34%, 18.5%, 16.37% жана 3.26%ти түздү.**
- **Биринчи жолу АКШнын Willow Creek тоолуу аймагында жана Кыргызстандын Шамалды-Сай айылына жакын жерде суу ташкыны боюнча эсептөөлөр жүргүзүлдү. H0 = 20м, 25м, 30м, 35м жана 40м суу мамычасынын беш түрдүү баштапкы бийиктиги үчүн сел аянты ар кандай мааниге ээ экендиги аныкталган - баштапкы бийиктиктин өсүшү менен топологияга жараша сел аянты көбөйөт.**

- **Белгилүү бир чекитке рельефтик толкундун таралуу убактысы суу мамысынын баштапкы бийиктигинен көз каранды экени көрсөтүлгөн.**

Колдонуу даражасы же колдонуу боюнча сунуштар. Изилдөөнүн натыйжалары суу ташкындарынын кесепеттерин болжолдоодо колдонулушу мүмкүн.
Колдонуу чөйрөсү. Изилдөөнүн натыйжалары КР ӨКМнин Нарын каскадындагы суу сактагычтардан пландуу жана пландан тышкаркы сезондук агызууларды уюштуруу боюнча ишмердүүлүгүнө киргизилди.

RESUME

of the candidate dissertation of Oichueva Burulgul Rahmanbrdievna on the theme « Three-dimensional mathematical modeling of flood processes » for the degree of the candidate of physical and mathematical sciences, specialty 01.02.05 - Mechanics of liquid, gas and plasma.

Keywords: mathematical modeling, computational fluid dynamics, Reynolds number, Navier-Stokes equation, unsteady flow, two-phase flow, free boundary, fluid volume method, flood, OpenFOAM, interFoam, Paraview, Willow Greek.

The object of the study is two-phase turbulent flows of incompressible liquid and gas.

The subject of the study. Mathematical modeling, numerical solution of computational fluid dynamics equations, computational experiment using personal computers.

The purpose of the dissertation work. OpenFOAM is the development of a complex of mathematical models, application programs and geoinformation systems that allow obtaining stable and accurate numerical solutions using an open software package. (Using the example of modeling mudflow waves located in the mountainous area of Willow Greek, California, USA, and near the village of Shamaldy-Sai in Kyrgyzstan).

Research methods and equipment: solving a non-stationary system of Navier-Stokes equations using the OpenFOAM package.

The results obtained and their novelty.

- **It has been shown that combining the interFoam and interDyMFoam solvers in the OpenFoam6 package in modeling water flows leads to inadequate numerical results from a physical point of view. On the other hand, numerical results obtained using OpenFOAM19.06, OpenFOAM20.06, OpenFOAM4, OpenFOAM5, OpenFOAM7 and OpenFOAM8 give almost the same picture of water flow.**

- **When the initial heights are H=0.2 m, H=0.4 m, H=0.6 m and H=0.8 m, the difference of the maximum values of the pressure at points P7 and P8 in the simulation of urban flood at time t=3.1s is 6.34%, 18.5%, 16.37% and It was 3.26%.**
- **For the first time, flood estimates were made in the Willow Creek mountain region of the USA and near the village of Shamaldy-Sai in Kyrgyzstan. For five different initial heights of the water column H_0 = 20m, 25m, 30m, 35m and 40m, it was determined that the flood area has different values - with the increase of the initial height, the flood area increases depending on the topology.**
- **It is shown that the propagation time of a relief wave to a certain point depends on the initial height of the water column.**

Degree of use or recommendations for use. The results of the study can be used in predicting the effects of floods.

Scope of application. The results of the study were included in the activities of the Ministry of Education and Culture of the Kyrgyz Republic on the organization of planned and unplanned seasonal discharges from water reservoirs in the Naryn Cascade.