

**И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети**

**Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети**

Д 05.23.664 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

**УДК: 699.879.322**

**Тургунбаев Мелисбек Сыргабаевич**

**Таштарды камтыган топурактарды жер казуучу машиналардын жумушчу  
органдары менен кесүү теориясынын илимий негиздери**

05.05.04 - жол, курулуш жана көтөрүп-ташуучу машиналар

Техника илимдеринин доктору илимий даражасын изденип  
алуу үчүн жазылган диссертациянын  
**Авторефераты**

**Бишкек – 2024**

Диссертациялык иш И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин механика жана өнөр жай инженериясы кафедрасында аткарылган.

**Илимий Тургумбаев Женишбек Жумадылович**

**консультант:** техника илимдеринин доктору, профессор, И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин механика жана өнөр жай инженерия кафедрасынын профессору

**Расмий Мырзашев Сагатбек**

**оппоненттер:** техника илимдеринин доктору, профессор, М. Х. Дулати атындагы Тараз регионалдык университетинин мунай заты, газ жана тоо иштери кафедрасынын профессору

**Мауленов Жумадил Карбышевич**

техника илимдеринин доктору, профессор, Казак Республикасынын Л. Б. Гончаров атындагы Казак автомобиль-жол институтунун транспорттук техника жана ташууну уюштуруу кафедрасынын профессору

**Диметов Хаким Нишанбаевич**

техника илимдеринин доктору, профессор, Ўзбек Республикасынын SADE CGTH JSI компаниясынын корпоративдик мамилелер боюнча менеджери

**Жетектөөчү Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын машина таануу, автоматика жана геомеханика институту.**

Дареги: 720055, Кыргыз Республикасы, Бишкек шаары, Скрябин көчөсү, 23.

Диссертацияны коргоо 2025-жылдын 7-мартында саат 10:00дө И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин жана Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин алдындагы техника илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденүүгө диссертацияларды коргоого багытталган Д 05.23.664 диссертациялык кеңешинин отурумунда, 720020, Кыргыз Республикасы, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34,б, Чоң жыйындар залы дареги боюнча өтөт, [www.kstu.kg](http://www.kstu.kg), тел: 0(312) 543561, факс: 0(312) 545162. Диссертацияны коргоонун видеоконференциясына <https://vc.vak.kg/b/052-cxc-nsq-nbk> шилтемеси аркылуу кирүүгө болот.

Диссертация менен И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин (720044, Бишкек ш., Ч. Айтматов пр. 66) жана Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин (720000, Бишкек ш., Киев көч., 44) китепканаларында жана Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиянын [https://vak.kg/diss\\_sovety/d-01-22-652/](https://vak.kg/diss_sovety/d-01-22-652/) сайтында таанышууга болот.

Автореферат 2025-жылдын 5-февралында таркатылды.

Диссертациялык кеңештин  
илимий катчысы,  
тех. и. к., профессор



Маданбеков Н.Ж.

## **ЖУМУШТУН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ**

**Диссертация темасынын актуалдуулугу.** Кыргыз Республикасында (КР) курулуш, экономиканын интенсивдүү өнүгүп жаткан алдыңкы тармактарынын бири болуп саналат. Ар кандай имараттарды, курулуштарды курууда, тоо кен өнөр жайында жер казуучу машиналар (ЖМ) менен бир тектүү жана таштарды камтыган же таш кошундулуу байланышкан дисперстик топурактарды (ТКлуу топурактар) иштетүү боюнча жер иштеринин чоң көлөмү аткарылат.

Биздин изилдөөлөрдүн маалыматтары боюнча КР аймагында ТКлуу топурактардын салыштырма салмагы 20 % тен жогору, аларды иштетүүдө топурактардын талкаланышынын үлүштүк күч жана энергетикалык чыгымдары жогорулайт, ЖМдын жумушчу жабдууларынын металл конструкциясы үчүн кокустук, динамикалык күчтөр пайда болуп, алар мөөнөтүнөн мурда чарчап сынып башташат.

Бир тектүү жана ТКлуу топурактын кесүүгө каршы күчүн аныктоо боюнча Ю. А. Ветров (1951-1971-жж.), А. Н. Зеленин (1959-1975-жж.), Н. Г. Домбровский (1961-1985-жж.), В. И. Баловнев (1963-1981-жж.), R. Reese (1964-1985-жж.), К. А. Артемьев (1978-1989-жж.), Э. А. Кравцов (1985-1990-жж.) жана башкалар окумуштуулар иш жүргүзүшкөн. Топурак механикасы жана чачырама чөйрөнүн чектүү чыңалуу абалы (ЧЧА) теорияларынын негизинде иштелип чыккан учурдагы теориялар, ЖМнын жумушчу органдары менен ар кандай ТКлуу топурактардын талкалануу маселелерин карабайт. Ушуга байланыштуу топуракты кесүү процессин изилдөө, ЖМнын жумушчу органдары менен ТКлуу топурактарды талкалоонун негизги мыйзам ченемдүүлүктөрүн аныктоо бул диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугун негиздейт.

**Диссертация темасынын ири илимий программалар (долбоорлор) жана негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы:** «Кыргыз Республикасынын Талас аймагында жер казуучу машиналарды иштетүүнүн топурак шарттарын изилдөө» (каттоо № 0005335) жана "Топурактагы дубал" ыкмасы менен тар шаардык шарттарда жер астындагы мейкиндикти өздөштүрүү үчүн жер казуучу машиналардын жумушчу органдарын иштеп чыгуу" (каттоо № 0007833) мамлекеттик бюджеттик илимий-изилдөө иштери.

**Диссертациялык эмгектин максаты** болуп теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү, ТКлуу топурактардын талкалануу процессинин мыйзам ченемдүүлүгүн аныктоо жолу менен ЖМдын жумушчу органдары менен ТКлуу топурактарды кесүү теориясынын илимий негиздерин иштеп чыгуу саналат.

**Максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттерди аткаруу керек:**

- ЖМ менен топуракты кесүү процессинин учурдагы теорияларынын негизги жоболорун талдоо;
- ТКлуу топурактын стохастикалык моделин аныктоо;
- ЖМнын жумушчу органдары менен топуракты кесүү каршылык күчүн, энергияны, талкалануу оюгун жана талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун математикалык моделдөө;

- ар кандай ТКну камтыган топурактардын талкалануу математикалык регрессия моделдерин иштеп чыгуу;
- топурак кесүүнү физикалык моделдөө үчүн стенд иштеп чыгуу, теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжаларын талдоо, теориялык жоболордун ишенимдүүлүгүн баалоо;
- ЖМдын металлоконструкциясынын чарчоо чыдамкайлыгын жана өндүрүмдүүлүгүн эсептөө ыкмаларын иштеп чыгуу;
- ЖМнын натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган сунуштарды иштеп чыгуу.

**Алынган натыйжалар төмөнкү илимий жаңылыктарга ээ:**

- аныкталган ТКлуу топурактын пайда болуу ыктымалдыгы, анын физикалык-механикалык касиеттеринин өзгөрүү ыктымалдыгынын диапозону жана ТКнун классификациясы ЖМга болгон жүктөмдүн стохастикалык моделин калыптандырууга мүмкүндүк берет;
- аныкталган топурактын минералдык бөлүкчөлөрүнүн жана минералдарынын ыктымалдуулук бөлүштүрүү мыйзамына (БМ) жараша моделдик топурактын түзүлүшүн, гранулометриялык курамын, физикалык-механикалык касиеттерин калыптандырууга мүмкүндүк берүүчү окшоштук критерийлери иштелип чыккан;
- бир тектүү (толтургуч), шар /эллипсоид сымал ТКсу бар топуракты талкалоого каршылык күчүн аныктоочу топурактын, аны кесүү жана ТК параметрлерине көз каранды математикалык моделдер иштелип чыккан;
- биринчи жолу колдонулуп жаткан топуракты «кесүү узундугу» параметринин негизинде локалдык энергиянын, энергия сыйымдуулуктун жана талкалануу оюгунун математикалык моделдери түзүлдү;
- ТКлуу топуракты талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун топурактын, аны кесүү жана ТКнун параметрлерине көз каранды математикалык регрессиялык моделдери түзүлгөн;
- ЖМнын жумушчу органы менен топуракты талкалоонун көптөгөн түрлөрүн системалаштырууга мүмкүндүк берүүчү, кесүүчү жээкке салыштырмалуу жайгашкан ТКнун тереңдигине жараша, топурактын талкалануу түрлөрү аныкталган;
- топурактын талкалануу оюгунун көлөмүн эсептөөгө мүмкүндүк берген, оюктун геометриялык параметрлери аныкталган.

**Алынган натыйжалардын практикалык мааниси.** Стенд жумушчу органдын кесүү куралы менен топурак кесүү процессин физикалык моделдештирүүнү камсыз кылат, атайын тиштери бар чөмүч экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн 8... 12 % ке, ал эми сепрпилгич тиштери бар чөмүч экскаватордун жумушчу органынын металлоконструкциясынын чарчоо чыдамкайлыгын 5... 15 % га жогорулатат. Экскаватор чөмүчтөрү КР Транспорт жана коммуникациялар министрлигине караштуу «Автожол» мамлекеттик ишканасынын Талас филиалына, № 47 ЖЭИга, Талас шаарынын коммуналдык кызмат көрсөтүү муниципалдык ишканасына жана И. Раззаков атындагы КМТУнун окуу процессине киргизилди.

**Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси.** Экскаватордун чөмүчүнүн тиштеринин конструкциялары ТКлуу топуракты казуу убактысын 15... 20 % ке кыскартат, экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн 8... 12 % ке жана экскаватордун чөмүчүнүн металлоконструкциясынын чарчоо чыдамкайлыгын 5... 15 % ке узартат.

**Коргоого коюлган диссертациянын негизги жоболору:**

- КРнын топурак фонунда ТКлуу топурактардын салыштырма салмагы, ТКнун классификациясы;
- аныкталган БМна жана окшоштук критерийлерине ылайык топурактын түзүлүшүн, физикалык-механикалык касиеттерин моделдөө;
- топуракты талкалоодо кесүүгө каршылык күчүнүн, энергиянын, оюктун жана талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун математикалык моделдери;
- ЖМнын жумушчу органы менен ар кандай ТКну камтыган топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулуктун математикалык регрессиялык моделдери;
- ЖМнын жумушчу органынын кесүү жээгине карата, ТКнун тереңдигине жараша топурактын талкалануу түрлөрү;
- таш кошундулуу топурактарды иштетүүдө ЖМнын жумушчу органынын металлоконструкциясынын чарчоо чыдамкайлыгынын жана бир чөмүчтүү экскаваторлордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн эсептөө методикасы.

**Издөөнүүчүнүн жеке салымы.** Теориялык изилдөөлөрдү автор илимий консультанты менен биргеликте жүргүзүлгөн. Физикалык моделдөө үчүн стенд, чөмүч тиштеринин конструкциясын иштеп чыгуу, лабораториялык жана талаа шарттарында ТКлуу топуракты кесүү боюнча эксперименталдык изилдөөлөр автор тарабынан жеке жүргүзүлгөн.

**Диссертациянын жыйынтыгын апробациялоо.** Иштин негизги жоболору жана айрым бөлүмдөрү баяндалды: ЭИПК «Транспорт системасын мамлекеттин экономикасынын өсүшүнүн катализатору катары өнүктүрүү» (Красноярск, 2016-ж.); ЭИПК «Илимий камсыздоо суу чарбасын туруктуу өнүктүрүүнүн фактору катары» (Тараз, 2016-ж.); ЭИПК «Жогорку технологиялар. Экология» (Воронеж, 2020-ж.); ЭИПК «Курулуш илими жана билим берүү: жогорку окуу жайларынын илимин өлкөнүн туруктуу инновациялык өнүгүүсүнө интеграциялоо» (Бишкек, 2022-ж.).

**Диссертациянын жыйынтыгын басылмаларда чагылдыруунун толуктугу.** Диссертациялык эмгектин темасы боюнча 34 илимий макала, анын ичинде 2 макала "Scopus" МБга кирген журналдарда жарыяланган, ойлоп табууга жана пайдалуу моделге КРнын 8 патенти алынган.

**Диссертациянын структурасы жана көлөмү.** Диссертация кириш сөздөн, алты бөлүмдөн, корутундан жана тиркемелерден турат, 243 барак машинкалуу тексттен, 85 сүрөттөн, 33 таблицадан турат. Колдонулган адабияттардын тизмеси 228 аталыштан турат.

Автор илимдин доктору, профессор Р.А.Мендекеевге баалуу консультациялар, ошондой эле Талас мамлекеттик университетинин жана жогоруда аталган ишканалардын кызматкерлерине изилдөөлөрдү жүргүзүүдө жана бул ишти даярдоодо жардам бергени үчүн чоң ыраазычылык билдирет.

## ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө теманын актуалдуулугу, изилдөөлөрдүн багыты жана диссертациялык эмгектин жалпы мүнөздөмөсү негизделет. Изилдөөнүн максаттары, милдеттери, илимий жаңылыктары жана алынган натыйжалардын практикалык маанисин баалоо көрсөтүлгөн.

**«Таштарды камтыган топурактарды иштетүүчү жер казуучу машиналардын натыйжалуулугун жогорулатуу көйгөйлөрү»** аттуу биринчи бөлүмдө, изилденип жаткан көйгөйдүн азыркы абалы каралган жана талданган.

Курулуш иштерин жүргүзүүдө ири көлөмдөгү жер жумуштары аткарылат, алар ЖМ менен бир тектүү жана ТКлуу топурактарды иштетүү менен түздөн-түз байланыштуу. Өндүрүштүк шарттарда металлоконструкцияны изилдөөнүн жыйынтыктарын талдоо, ЖМнын жумушчу жабдууларынын, жумушчу органынын металлоконструкциясынын сынышынын негизги үлүшү чарчоо чыдамкайлыгын жетишсиздигинен келип чыкканын көрсөтөт.

ТКлуу топурактарды казууда ЖМнын жумушчу жабдууларынын, жумушчу органынын металлоконструкциясы кокустук, динамикалык жүктөө процесстерине дуушар болушат. Бул кокустук процесстердин түзүлүшү топурактын физикалык-механикалык касиеттерине жана гранулометриялык курамына жараша болот. Топуракта ТК түрүндө, ири тоо сыныктарынын, чыңалуу концентраторлорунун болушу, туура эмес иштетүүдөн улам конструкциялардын ашыкча жүктөлүшү жана кесүү куралынын мокок болушу убакыт боюнча тез өзгөрүүчү жүк режимдеринин пайда болушуна түздөн-түз таасирин тийгизет. ЖМнын паркынын оптималдуу курамын түзүүнүн маанилүү жана зарыл шарты болуп топурак шарттары, анын ичинде ТКлуу топурактын стохастикалык мүнөздөмөлөрү жөнүндө толук маалыматтардын болушу саналат. Топурак маалыматтары жер казуу процесстерин автоматташтырууда да керек болот.

ЖМнын жумушчу органынын казып жаткан чөйрө менен өз ара аракеттенүүсүн системалуу талдоо, бул системанын чыгым параметрлери болуп топурактын талкалануусунун үлүштүк күч жана энергетикалык чыгымдары саналаарын жана ТКнын аларга тийгизген таасирин изилдөө актуалдуу милдет экенин көрсөтөт.

ЖМнын жумушчу органы менен топуракты кесүүдө каршылык күчүн ар кандай теориялардын негизинде болжолдоонун мурда белгилүү болгон эки жана үч өлчөмдүү моделдери каралып чыккан жана талдоо жүргүзүлгөн. ЖМнын жумушчу органы менен иштелип жаткан чөйрөнүн өз ара аракеттенүү процессин чагылдырган белгилүү теорияларды 3 топко бөлүүгө болот: негизинен эксперименттик изилдөөлөрдүн натыйжаларына негизделген теориялар, алар факторлордун жеке айкалышын гана аныктайт, математикалык катаалдыгы менен айырмаланган чачырама чөйрөнүн ЧЧА теориясынын жоболоруна негизделген теориялар, алар топурактын негизги физикалык-механикалык касиеттерин жана кесүү параметрлеринин топурактын кесүү каршылык күчүнө тийгизген таасирин эске алат жана көпчүлүк чет өлкөлүк изилдөөчүлөр

колдонгон жер казуунун фундаменталдык теңдемесинин (ЖФТ) негизиндеги теориялар.

Н. Г. Домбровский, А. Н. Зеленин, Ю. А. Ветров ж. б. моделдери эксперименттик изилдөөлөрдүн жыйынтыгына негизделген теорияларга кирет, Ю. А. Ветровдун, В. И. Баловневдин, К. А. Артемьевдин моделдери ЧЧА теориясына таянат, ал эми А. R. Reese, M.S. Osman, E. McKyes, J. O'Callaghan жана К. Farrelly, R. Godwin жана G. Spoor, Perumpral - Grisso - Desai моделдердери ЖФТнин негизинде иштелип чыккан. Топурактын физикалык-механикалык касиеттери жана гранулометриялык курамы стохастикалык мыйзам ченемдүүлүктөргө баш ийет, алар бир чекиттен экинчи чекитке өзгөрөт. Ушуга байланыштуу топурактын ар түрдүүлүгүн, анын ичинде курамында ТКсу бар топурактардын үлүштүк күч жана энергетикалык чыгымдарын эксперименталдык изилдөөлөр менен аныктоо мүмкүн болбой калат.

Топурак, кыртыш фонунга арналган белгилүү эмгектер: А. М. Мамытов КР жер кадастрын, Р. А. Кабашев Казакстандын топурак фонун аныктаган, С. Мырзашев, Н. Т. Сурашов ЖМдын, жер казуу-транспорттук машиналардын топурак шартына ылайыкташкан жумушчу органын түзүшкөн, ошону менен алар топуракты иштетүүнүн натыйжалуулугун жогорулаткан, О. Ж. Рабат кесүү куралынын жешилишинин «топурак-суюктук» системасына тийгизген таасирин изилдеген, Ж. К. Мауленов тарабынан кыргыздын чөмүчүнүн оптималдуу формалары жана параметрлери аныкталган. ТКлуу топурактын талкаланышына каршылык күчүн болжолдоо Э. А. Кравцов, Z. Korzenдин иштеринде каралган.

Үзгүлтүксүз чөйрөнүн механикасы теориясынын, пластикалык теориясынын жана чачырама чөйрөнүн ЧЧАнын негизинде иштелип чыккан учурдагы теориялар салыштырма күч чыгымдарын эске алуу менен ЖМнын жумушчу органы менен бир тектүү топуракты кесүүнү карайт, ар кандай ТКну камтыган топуракты кесүү маселелерин карабайт. Ушул жоболорго байланыштуу ТКлуу топурактын талкалануу негизги мыйзам ченемдүүлүктөрүн аныктоо максатында топуракты кесүү процессин изилдөө, бул диссертациялык иштин темасынын негизделген актуалдуулугун белгилейт. Диссертациялык иш ЖМнын жумушчу органы менен ТКлуу топурактын кесүү каршылык күчүнүн, энергиянын, оюктун көлөмүн жана топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун математикалык моделдерин иштеп чыгууга арналган.

Туура аналитикалык моделди иштеп чыгуу жана анын түзүмүн, курамын тактоо үчүн жумушчу орган тарабынан иштелип жаткан чөйрө менен өз ара аракеттенүү процесстерин физикалык-математикалык, физикалык моделдөөлөр колдонулат. ЖМнын жумушчу органынын топурак менен өз ара аракеттенүүсүн моделдөө маселелери В. И. Баловневдин, Ж. Ж. Тургумбаевдин, С. Мырзашевдин жана башкалардын эмгектеринде чагылдырылган. Жалпысынан алганда, топурактын тышкы механикалык таасирге каршылыгы, системага көрсөтүлгөн каршылык күчтөрдүн таасири менен шартталган (1):

$$P_r = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (1)$$

мында  $P_1$  - топурактын көлөмдүү салмагы менен шартталган каршылык;  $P_2$  - илешкек, жылышуу жана ажыратуу, ж.б. күчтөрдөн келип чыккан каршылык;  $P_3$  - ККнын өлчөмүнө пропорционалдуу күч менен шартталган каршылык;  $P_4$  - ТКнун өлчөмүнө пропорционалдуу күчтөр менен шартталган каршылык.

Теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжалары боюнча ЖМнын жумушчу органы менен топуракты кесүүгө каршылык күчүнүн (1) түзүмү, түрү жана топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугуну такталат.

«Таштарды камтыган топурактардын стохастикалык модели» деген экинчи бөлүмдө "Кыргызгипроводхоз", "Кыргыздорттранспроект" жана КР геология башкармалыгынын изилдөөлөрүнүн маалыматтарынын негизинде 1000ден ашуун топурак паспортторун колдонуу менен ТКлуу топурактардын пайда болуу ыктымалдыгы, алардын физикалык-механикалык касиеттеринин өзгөрүү ыктымалдык диапозону аныкталды. Топурактын стохастикалык параметрлери «Statistica» заманбап программалык системада эсептелген. Курамында ТКсу бар топурак - чөкмө байланышкан дисперстүү топурак, анын түзүлүшү майда бүртүкчөлүү (2 ммден кичине) жана ири бүртүкчөлүү (2 ммден чоң) минералдардын жана минералдык бөлүкчөлөрдүн механикалык аралашмасынан турат, алардын ортосунда физикалык, физикалык-химиялык жана механикалык байланыштар бар, ТКсу түзгөн каркастан, толтургучтан, боштуктарда (тешиктерде) кысылган нымдуулуктан жана абадан турат (сүрөт 1).



Сүрөт 1 - КР аймагы боюнча үстүнкү 6 м калыңдыкта топурактын ар кандай түрлөрүн бөлүштүрүү гистограммасы: а) - I курулуш-климаттык район; б) - II курулуш-климаттык район; в) - III курулуш-климаттык район; г) - IV курулуш-климаттык район



Кабыл алынган божомолдордун негизинде Пуассондун БМна (2) баш ийген минералдардын жана минералдык бөлүкчөлөрдүн ыктымалдуулугунун БМы аныкталган (2):

$$P(f) = \frac{m^f}{f!} e^{-m} \quad (f = 0, 1, 2 \dots n) \quad (2)$$

мында  $m$  - математикалык күтүү,  $f$  -  $i$ -өлчөмдөгү минералдык бөлүкчө.

2 ммден ири бөлүкчөлөрдүн көбөйүшү майда шагыл, шагыл жана чоң таштардын пайда болуу ыктымалдыгынын жогорулатат, чаң-чопо бөлүкчөлөрүнүн курамы азаят, ал эми кум бөлүкчөлөрүнүн саны адегенде көбөйөт, андан кийин азаят.

Топурактардын паспортторунда келтирилген касиеттерди статистикалык иштетүүнүн негизинде курамында ТКсу бар топурактардын физикалык-механикалык касиеттеринин өзгөрүү ыктымалдык диапазондору аныкталган.

Топурактын ТКсун системалаштырууга мүмкүндүк берүүчү, өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен: механикалык бекемдик (абдан бекем, бекем, орточо бекем, аз бекем жана төмөн бекем); өлчөмү (майда таштар, чоң таштар); формасы (шар сымал, эллипсоид, жумуртка сымал, жалпак, туура эмес формада); жумуруулук даражасы (жумуру, жумуру эмес); бетинин бүдүрлүгү (жылмакай, бүдүрлүү) классификация түзүлгөн Топурактын кесүүгө каршылык күчүн практикалык эсептөөлөрдө, шар сымал геометриялык форманы кысуу коэффициентинин негизинде алынган ТКнун формалары сунушталат (3,4,5):

$$k_x = \frac{a_e - a_e}{a_e}, \quad (3)$$

$$k_y = \frac{a_e - b_e}{a_e}, \quad (4)$$

$$k_z = \frac{a_e - c_e}{a_e}, \quad (5)$$

$a_e$  - эллипсоиддин чоң жарым огу,  $b_e$ ,  $c_e$  - эллипсоиддин кичинекей жарым огу.

ТКлуу топурактын минералдарынын жана минералдык бөлүкчөлөрүнүн аныкталган БМ, лабораториялык шарттарда эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн топурактардын структурасын жана физикалык-механикалык касиеттерин моделдөөгө мүмкүндүк берет. Моделдик топурактардын  $I_p$  пластикалык саны (кумдуу чопо, чополуу, чопо), курамында 2 мм ири болгон минералдык бөлүкчөлөрдүн саны 30 %, 73 % түзөт, толтургучтун консистенциясы  $I_L = 0 \dots 0,25$  (жарым катуу),  $I_L = 0,5 \dots 0,75$  (жумшак жана агымдуу пластикалык), ал эми ТКнун формасы шар түрүнөн кысылган эллипс түрүнө

чейин өзгөрөт. Өндүрүштүк жана лабораториялык шарттарда топуракты кесүү процесстеринин окшоштугун камсыз кылуу үчүн тиешелүү окшоштуктук критерийлери иштелип чыккан. ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчү төмөнкү факторлордон көз каранды функция катары берилет (6):

$$P_{md} = f(C, v_c, a_e, b, I_p, I_L, \varphi, \varphi_0, d_1, d_2), \quad (6)$$

мында  $C$  – топурактын үлүштүк илешкектиги,  $v_c$  - кесүү ылдамдыгы,  $a_e$  - ТКнун өлчөмү,  $b$  - кесүү туурасы,  $I_p$  - пластикалык сан,  $I_L$  - консистенция,  $\varphi$  - ички сүрүлүү бурчу,  $\varphi_0$  - сырткы сүрүлүү бурчу,  $d_1$  - 2 мм кичине минералдык бөлүкчөлөрдүн саны, %,  $d_2$  - 2 мм ири минералдык бөлүкчөлөрдүн саны, %.

$I_p, I_L, \varphi, \varphi_0, d_1, d_2$  параметрлери өлчөөсүз чоңдуктар сыяктуу окшоштуктун өзүнчө критерийлери болуп саналат. Тажрыйбалык кесүү ылдамдыгы өндүрүштүк шарттарда ТКлуу топурак кесүү ылдамдыгын диапозонуна туура келет. Өлчөмдөрдү талдоонун негизинде таасир этүүчү факторлор менен топурактын каршылык күчүнүн ортосундагы көз карандылыктын жалпы түрү аныкталган (7):

$$P_{md} = C a_e^{2-d} b^d, \quad (7)$$

мында  $C$  – топурактын үлүштүк илешкектиги,  $a_e$  - ТКнун өлчөмү,  $b$  - кесүү туурасы.

Көрсөтүлгөн көз карандылыкты тактоо максатында ЖМнын жумушчу органы менен ТКлуу топуракты кесүү боюнча теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү талап кылынат. Топурактардын негизги касиеттери болуп топурактын көлөмдүк салмагы жана оордук күчү саналат. Бекемдиктин окшоштук критерийи топурактын үлүштүк илешкектигинин -  $C$  анын үлүштүк көлөмдүк салмагына -  $\gamma$  болгон катышынын негизинде аныкталат (8):

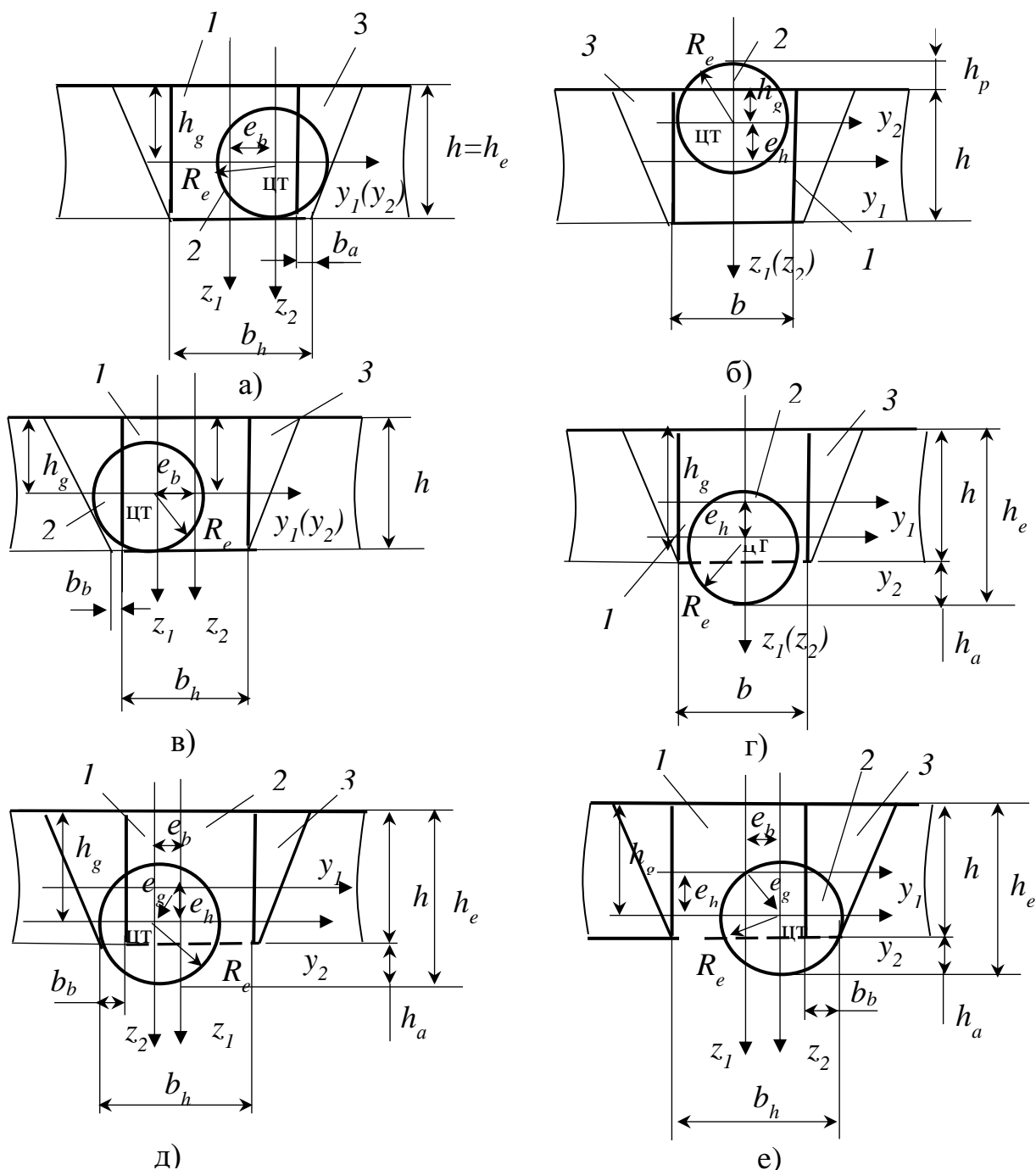
$$P_2 = \frac{C}{\gamma l}, \quad (8)$$

мында  $l$  - мүнөздүү масштаб.

Толтургучтун физикалык-механикалык касиеттеринин жана кесүү режиминин окшоштугу, окшоштуктун 6 критерийи, ал эми минералдардын жана минералдык бөлүкчөлөрүнүн саны, окшоштуктун 9 критерийи менен камсыз кылынат. Нормативдик ички сүрүлүү бурчу жана үлүштүк илешкектик белгилүү көз карандылыктардын негизинде аныкталат.

Үчүнчү бөлүм «Жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү процессин теориялык

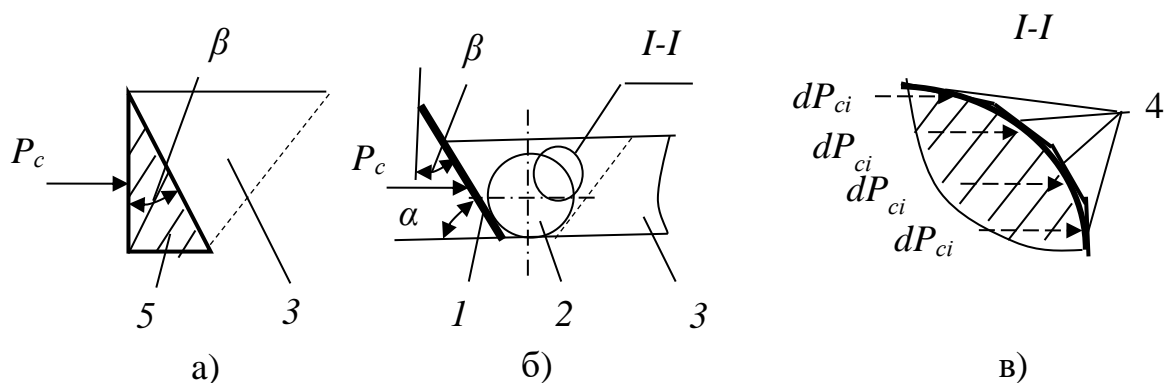
**изилдөөлөр» ЖМнын жумушчу органы менен ТКлуу топурактарды кесүү теориясынын негизин иштеп чыгууга арналган.**



Сүрөт 2 - Шар сымал ТКнун оордук борборунун эксцентрик жайгашуусу: 1- кесүү куралы, 2 - ТК, 3 – талкалануу оюгу,  $R_e$  - ТКнун радиусу,  $h$  - кесүү тереңдиги,  $h_e$  – ТКнун жайгашуу тереңдиги,  $h_p$  – ТКнун пассивдүү бийиктиги,  $h_a$  - ТКнун кошумча тереңдиги,  $h_g$  - ТКнун оордук борборунун координаталары,  $b$  - кесүү туурасы,  $b_h$  - таш зонасынын кесүү туурасы,  $b_b$  - кесүү туурасына ТК тийгизген таасири,  $e_b$  - кесүү туурасынын эксцентриситети,  $e_h$  - кесүү тереңдигинин эксцентриситети, а)  $e_b > 0$ ,  $e_h = 0$ ; б)  $e_b = 0$ ,  $e_h < 0$ ; в)  $e_b < 0$ ,  $e_h = 0$ ; г)  $e_b = 0$ ,  $e_h > 0$ ; д)  $e_b < 0$ ,  $e_h > 0$ ; е)  $e_b > 0$ ,  $e_h > 0$

Талкалануу оюгунун симметриясына карата ТКнун оордук борборунун жайгашуу мыйзам ченемдүүлүктөрү аныкталган (2-сүрөт), чачырама чөйрөнүн ЧЧА теориясы менен аныкталган топурактын пассивдүү басымынын чектүү жүктөмүн ЖМнын жумучу органы менен ТКлуу топуракты кесүү теориясына колдонулушу негизделет.

Жалпысынан, геометриялык жактан окшош таяныч дубалдын, кесүү куралынын жана ТКнун бетиндеги элементардык таяныч дубалдын таасири астында топурактын талкаланышы бирдей физикалык мүнөзгө ээ, бирдей дифференциалдык тең салмактуулук теңдемелери, ажырагыстык шарттары, абалдын теңдемелери менен сүрөттөлөт, топурак ЧЧАна жетиши менен таяныч дубалдын, кесүү куралынын жана ТКнун жылма бети аркылуу талкаланат, бул болсо баштапкы жана чек ара шарттарынын окшоштугун көрсөтөт. Таяныч дубалынын, кесүү куралынын жана элементардык таяныч дубалынын жумушчу беттери да окшош касиеттерге ээ (3-сүрөт).



Сүрөт 3 - Топурактын өз ара аракеттенүү схемасы: а) - таяныч дубал менен; б) - кесүү куралы менен; в) - ТКнун бетиндеги элементардык таяныч дубалдар менен  $P_c$  - кесүү күчү,  $dP_{ci}$  - элементардык кесүү күчү,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\beta$  - жумушчу беттин эңкейиш бурчу, 1 - кесүү куралы, 2 - ТК, 3 - топурак, 4 - элементардык таяныч дубалдар, 5 - таяныч дубал

Топуракты кесүү – ЖМнын жумушчу органынын кесүү куралы менен элементтик оюктун пайда болушуна энергияны сарптоо менен негизги массивден белгилүү калыңдыктагы ТКлуу топурактын катмарын бөлүп алуу.

**Изилдөө объектиси:** жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү.

**Изилдөө предмети:** жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү теориясы жана анын талкалануу мыйзам ченемдүүлүктөрү.

**Изилдөө ыкмалары:** системалык ыкма, системалык талдоо, математикалык статистика жана ыктымалдык теориясы, математикалык моделдөө, системалаштыруу, классификациялоо, бир жана көп факторлуу эксперименттер, статистикалык моделдөө ыкмалары колдонулган.

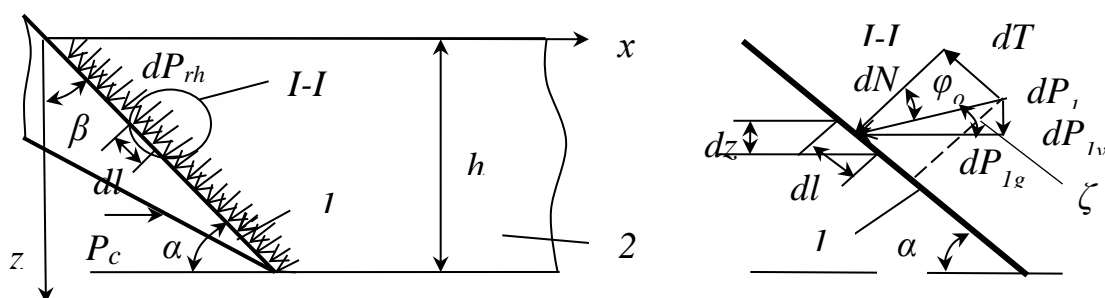
Топуракты кесүү процессине таасир этүүчү бардык көп факторлорду эсепке алуу кыйынчылыгынан улам, топурактын кесүүгө каршылык көрсөтүү күчүн аналитикалык аныктоо жакындоо менен жүргүзүлөт. Иштелип чыккан математикалык моделдер топурактын кесүү ылдамдыгынын таасирин эске албайт, анткени өндүрүштүк шарттарда байкалган кесүү ылдамдыгынын өзгөрүү диапазондору топуракта илешкектик кубулушунун пайда болушуна алып келбейт.

ТКнун геометриялык формасы, өлчөмү жана топурак массивиндеги жайгашуу тереңдиги стохастуулугу менен мүнөздөлөт, анын оордук борборунун талкалануу оюгуна салыштырмалуу жайгашуусу да кокустук мүнөзгө ээ (2-сүрөт). ТКнун пайда болушу менен толтургучтун бир тектүүлүгү өзгөрөт, бирок майда минералдык бөлүкчөлөрдүн жана ТКнун бетинин ортосундагы бекем структуралык байланыштар бузулбайт, ТК чыңалуунун концентратору, топурактын ЧДАнын жогорулашынын очогу болуп калат. Ушуга байланыштуу, шарттуу түрдө ЧДАды бир тектүү бөлүктүн (толтургучтун) жана ТКнун айланасындагы ЧДА деп бөлсөк болот, мындай учурда ТКлуу топуракты кесүүгө жалпы каршылык күчү (9) көз карандылык менен аныкталат:

$$P_{dm} = P_{rh} + P_{re} + P_{rg}, \quad (9)$$

мында  $P_{rh}$  - бир тектүү (толтургуч) зонанын кесүүгө каршылык күчү,  $P_{re}$  - таштуу зонанын кесүүгө каршылык күчү,  $P_{rg}$  - талкалануу зонасынан ТКну түртүп чыгарууга каршылык күчү.

Эгерде ТК жок болсо, топурак бир тектүү болуп калат, (9) формуланын экинчи жана үчүнчү компоненттери нөлгө барабар, бул учурда ЖМнын жумушчу органына бир тектүү топурактын (толтургучтун) көрсөткөн каршылык күчүн аныктайбыз (4-сүрөт).



Сүрөт 4 - Бир тектүү топуракты кесүү схемасы 1 – кесүү куралы, 2 - топурак,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\beta$  - кесүү куралынын энкейиш бурчу,  $h$  - кесүү тереңдиги,  $P_c$  - кесүү күчү,  $dP_{rh}$  - топурактын кесүүгө элементардык каршылык күчтөрү,  $dl$  - кесүү куралынын элементардык узундугу,  $dN$  - нормалдык компонент,  $dT$  - жаныма компонент,  $dP_{lg}$  - кесүү траекториясына жаныма компонент,  $dP_{lv}$  - кесүү траекториясына нормалдык компонент,  $\varphi_0$ ,  $\zeta$  - жалпыланган күчтүн нормалдуу компоненттен жана кесүү траекториясын жанымасынан четтөө бурчу

Кесүү күчүнүн таасири астында топурак тыгыздоо, кысуу, жылышуу деформацияларына дуушар болот жана ЧЧАна жеткирилет, кесүү күчүнүн кичине көбөйүшү топурактын бир нече жылма тегиздиктер боюнча талкаланышына алып келет,  $\varphi_0$  тышкы сүрүлүү бурчуна барабар деп кабыл алынат. Талкалануу мейкиндик мүнөзгө ээ, топурактын талкаланышынын каптал жактары бар. Талкаланган топурактын жалпы көлөмү оюктун борбордук бөлүгүнүн жана каптал бөлүгүнүн көлөмдөрүнөн турат (10):

$$V_{dm} = V_c + n_s V_s, \quad (10)$$

$$\eta_{sp} = \frac{n_s V_s}{V_c}, \quad (11)$$

мында  $V_c$  - оюктун борбордук бөлүгүнүн көлөмү,  $V_s$  – оюктун каптал бөлүгүнүн көлөмү,  $n_s$  - оюктун каптал бөлүгүнүн саны,  $\eta_{sp}$  - мейкиндик коэффициенти.

Эркин кесүүдө  $n_s = 0$ , жарым бөгөттөлгөн кесүүдө  $n_s = 1$ , толук бөгөттөлгөн кесүүдө  $n_s = 2$ . Топурактын каптал бөлүгүндөгү каршылык күчү, топурактын каршылык күчү менен талкаланган топурактын көлөмү функционалдык көз карандылыкта деген божомолдоонун негизинде табылат (12), ал эми топурактын жалпы каршылык күчү (13) формула менен аныкталат:

$$P_{rs} = P_{rc} \eta_{sp}, \quad (12)$$

$$P_{rc} (1 + \eta_{np}) = \begin{cases} P_{dm} = P_{rh}, & \text{ТКсу жок кезде,} \\ P_{dm} = P_{rh} + P_{re} + P_{rg}, & \text{ТКсу бар кезде} \end{cases} \quad (13)$$

мында  $P_{rc}$  - талкалануу оюгунун борбордук бөлүгүнүн кесүүгө каршылык күчү,  $\eta_{sp}$  - мейкиндик коэффициенти,  $P_{rh}$  - бир тектүү зонанын кесүүгө каршылык күчү,  $P_{re}$  - таштуу зонанын кесүүгө каршылык күчү,  $P_{rg}$  - талкалануу зонасынан ТКну түртүп чыгарууга каршылык күчү.

Талкалануу оюгунун борбордук бөлүгүнүн кесүүгө каршылык күчү, чачырама чөйрөнүн ЧЧА теориясынын негизинде В. В. Соколовский тарабынан тегиздикте табылган (14), (15), (16), топурактын пассивдүү басымынын чектүү жүгүн колдонуу менен аныкталат. Бир тектүү топурактын талкаланууга каршылык күчү (17) көз карандылык менен табылат:

$$\sigma_n + H = (\gamma h + p + H) a_\beta, \quad (14)$$

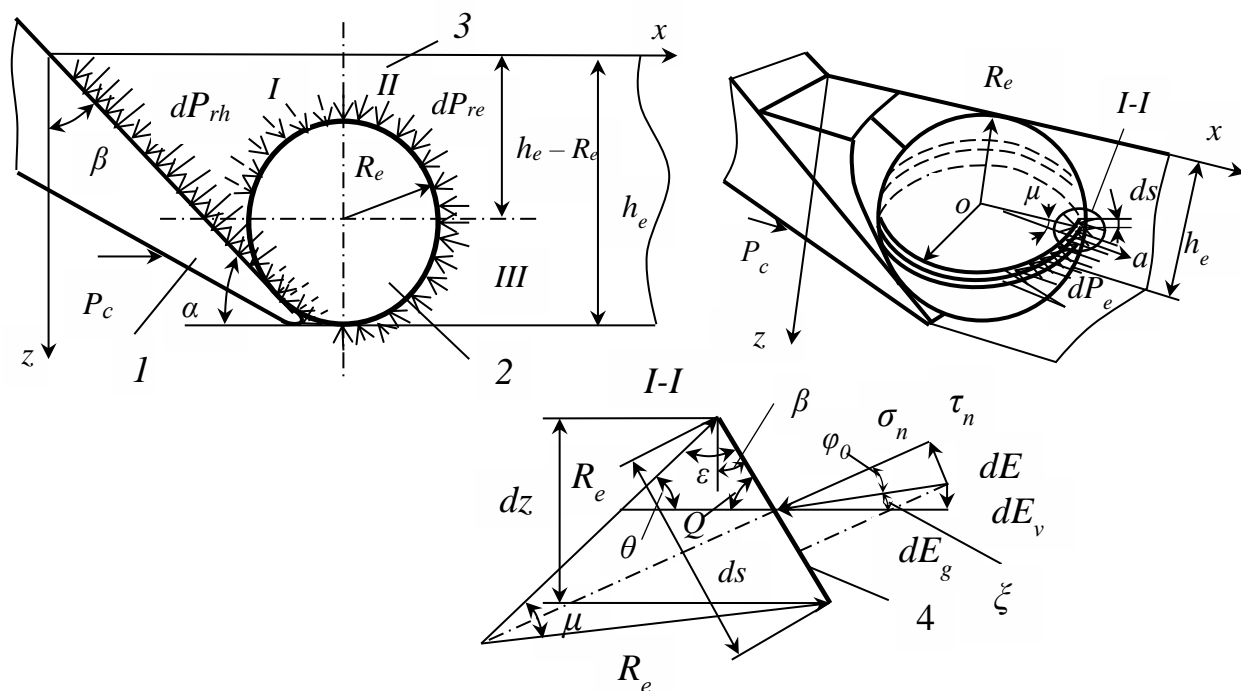
$$|\tau_n| = (\sigma_n + H) \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (15)$$

$$H = C \operatorname{ctg} \varphi, \quad (16)$$

$$P_{rh} = \left[ b \sqrt{\left( A - \frac{Hh}{\sin \alpha} \right)^2 + (A \tan \varphi_0)^2 \sin(\alpha + \varphi_0)} \right] (1 + \eta_{sp}), \quad (17)$$

$$A = \frac{a_{\beta i} (0,5 \gamma h^2 + ph + Hh)}{\sin \alpha},$$

мында  $\sigma_n$ ,  $\tau_n$  – чектүү келтирилген нормалдуу жана жаныма чыңалуу, тиешелүүлүгүнө жараша,  $H$  – ар тараптуу бирдей чоюлууга убактылуу каршылык,  $\gamma$  – топурактын көлөмдүк салмагы,  $h$  – кесүү тереңдиги,  $p$  – жүктөмө,  $a_{\beta i}$  – таяныч дубалдын эңкейиш бурчунун коэффициенти,  $\varphi_0$  – жалпыланган күчтүн нормалдуу компоненттен четтөө бурчу,  $C$  – илешкек,  $\varphi$  – ички сүрүлүү бурчу,  $b$  – кесүү туурасы,  $\alpha$  – кесүү бурчу,  $\eta_{sp}$  – мейкиндик коэффициенти.



Сүрөт 5 – Шар сымал ТКну камтыган топуракты кесүүгө каршылык күчүн аныктоо үчүн эсептөө схемасы 1- кесүү куралы, 2 - ТК, 3 - топурак, 4 - элементардык алкак, I – толтургуч зонасы, II, III - таш зонасындагы топурактын пассивдүү басымы,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\beta$  - тик бурчтан эңкейиш бурчу,  $h_e$  - ТКнун жайгашуу тереңдиги,  $P_c$  - топурак кесүү күчү,  $dP_{re}$  - топурактын кесүүгө элементардык каршылык күчтөрү,  $R_e$  - ТКнун радиусу,  $ds$  - элементардык узундук,  $\mu$ ,  $\varepsilon$ ,  $\theta$ ,  $Q$  - элементардык таяныч дубалынын тиешелүү бурчтары,  $\varphi_0$ ,  $\zeta$  – жалпыланган чыңалуунун нормалдуу компоненттен жана кесүү траекториясына жанымадан четтөө бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша

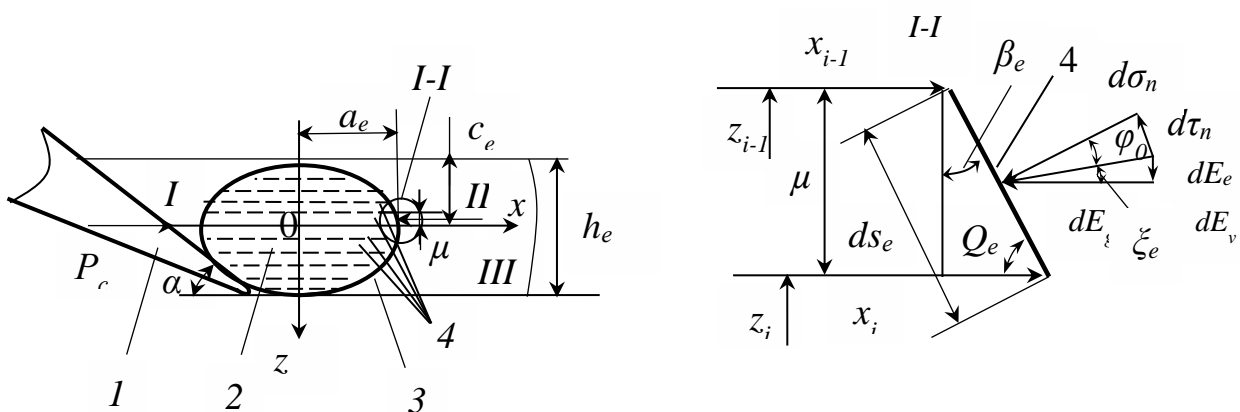
Таяныч дубал  $\beta$  жараша тик, аралык, жантайыңкы, сынган аймактарда жайгашышы мүмкүн (сүрөт 3а, б), геометриялык окшоштукту, жайгашкан аймактардын чек ара маанилерин аныктоо үчүн, ТКнун бети элементардык алкактарга бөлүнөт жана аларга топурактын пассивдүү басымынын чектүү жүктөмү жүктөлөт (сүрөт 5).

Шар сымал ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчү (18), (9) жараша аныкталат (5-сүрөт):

$$P_{dm} = \left[ b \sqrt{\left( A - \frac{Hh}{\sin \alpha} \right)^2 + (A \tan \varphi_0)^2 \sin(\alpha + \varphi_0)} \right] (1 + \eta_{sp}) + \sum_{j=1}^{j=4} \left[ 2\pi R_e^2 k_c \sin\left(\frac{\mu}{2}\right) \sum_{i=1}^{i=n} dE_i (\cos \theta_i + \cos \theta_{i+1}) \cos \xi_i \right] + \frac{4\pi R_e^3 \gamma_e f_e}{3}, \quad (18)$$

$$A = \frac{a_{\beta i} (0,5 \gamma h^2 + p h + H h)}{\sin \alpha},$$

мында  $b$  - кесүү туурасы,  $H$  - ар тараптуу бирдей чоюлууга убактылуу каршылык,  $h$  - кесүү тереңдиги,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\eta_{sp}$  - мейкиндик коэффициенти,  $a_{\beta i}$  - таяныч дубалдын энкейиш бурчунун коэффициенти,  $\gamma$  - топурактын көлөмдүк салмагы,  $p$  - жүктөмө,  $R_e$  - ТКнун радиусу,  $k_c$  - элементардык алкактын узундугунун коэффициенти,  $\mu$ ,  $\theta$  - элементардык таяныч дубалынын тиешелүү бурчтары,  $\varphi_0$ ,  $\xi$  - нормалдуу компоненттен жана кесүү траекториясына жанымадан четтөө бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша,  $\gamma_e$  - ТКнун көлөмдүк салмагы,  $f_e$  - ТКнун сүрүлүү коэффициенти.



Сүрөт 6 - Эллипсоид ТКсун камтыган топуракты кесүү схемасы 1 - кесүү куралы, 2 - ТК, 3 - топурак, 4 - элементардык алкактар, I, II, III - топурактын пассивдүү басымы таасир этүүчү зоналар,  $P_c$  - кесүү күчү,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $h_e$  - ТКнын жайгашуу тереңдиги,  $a_e$  - чоң жарым огу,  $c_e$  - кичинекей жарым огу,  $d\sigma_n$ ,  $d\tau_n$ ,  $dE_e$ ,  $dE_g$ ,  $dE_v$  - топурактын пассивдүү басымынын нормалдуу, жаныма,



жалпылама, горизонталдык, вертикалдык компоненттери,  $\mu$  - кесүүчү тегиздиктин бөлүү кадамы,  $ds_e$  - элементардык узундук,  $\beta_e$  - вертикалдан четтөө бурчу,  $Q_e$  - горизонталдан четтөө бурчу,  $\varphi_0$ ,  $\xi$  - нормалдуу компоненттен жана кесүү траекториясына жанымадан четтөө бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша

(9) ылайык эллипсоид ТКсун камтыган топурак кесүүгө каршылык күчү (19) көз карандылык менен аныкталат (6-сүрөт):

$$P_{dm} = \left[ b \sqrt{\left( A - \frac{Hh}{\sin \alpha} \right)^2 + (A \tan \varphi_0)^2 \sin(\alpha + \varphi_0)} \right] (1 + \eta_{sp}) +$$

$$+ \pi k_c \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=4} \sqrt{d\sigma_{n_i}^2 + d\tau_{n_i}^2} \cos \xi_{e_i} \left[ 3(x_{ic} + y_{ic}) - \sqrt{(3x_{ic} + y_{ic})(x_{ic} + 3y_{ic})} \right] \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + \mu^2} + \quad (19)$$

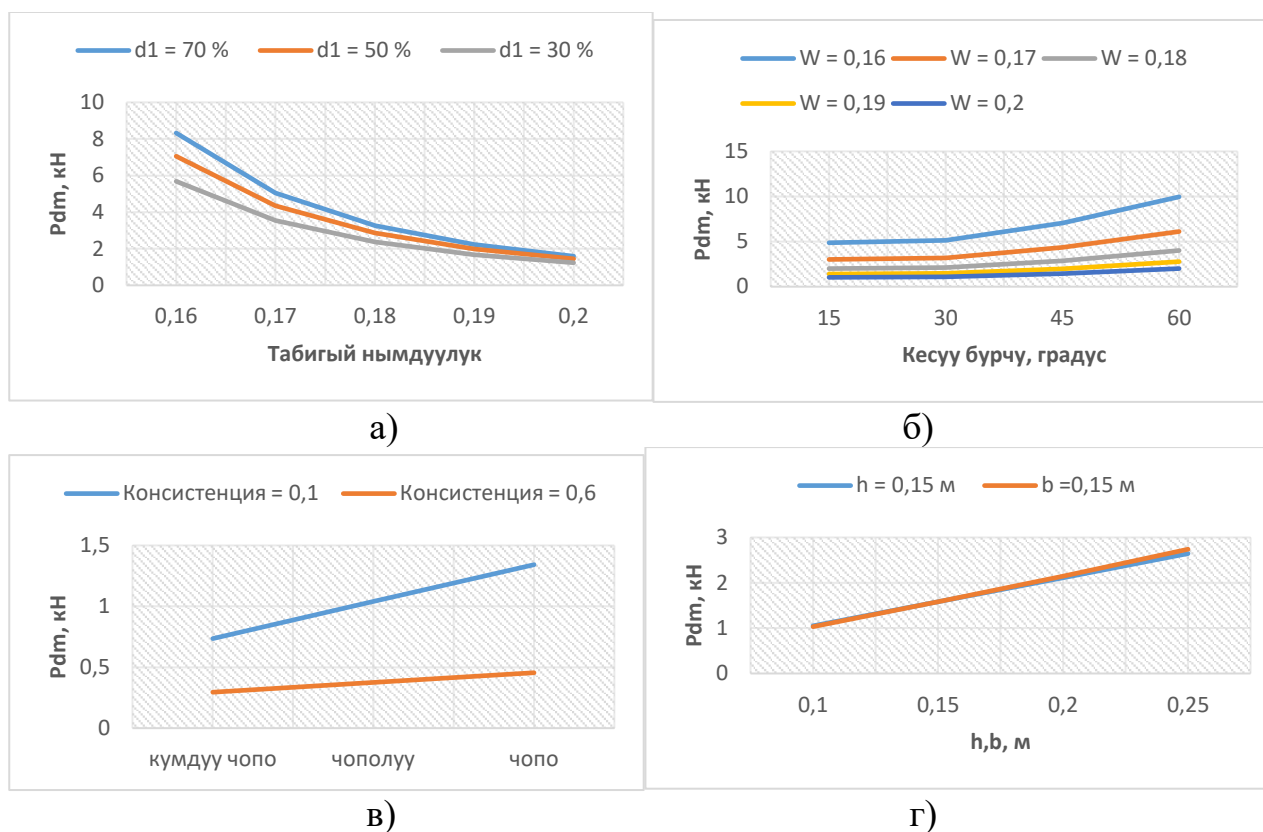
$$+ \frac{4\pi a_e b_e c_e \gamma_e f_e}{3}, A = \frac{a_{\beta_i} (0,5\gamma h^2 + ph + Hh)}{\sin \alpha},$$

мында  $b$  - кесүү туурасы,  $H$  - ар тараптуу бирдей чоюлууга убактылуу каршылык,  $h$  - кесүү тереңдиги,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\varphi_0$  - нормалдуу компоненттен четтөө бурчу,  $\eta_{sp}$  - мейкиндик коэффициенти,  $a_{\beta_i}$  - таяныч дубалдын эңкейиш бурчунун коэффициенти,  $\gamma$  - топурактын көлөмдүк салмагы,  $p$  - жүктөмө,  $C$  - илешкек,  $\varphi$  - ички сүрүлүү бурчу,  $k_c$  - элементардык алкактын узундук коэффициенти,  $d\sigma_n$ ,  $d\tau_n$  - топурактын пассивдүү басымынын нормалдуу, жаныма компоненттери,  $\xi_e$  - кесүү траекториясына жанымадан жалпылама чыналуунун четтөө бурчу,  $\mu$  - кесүүчү тегиздиктин бөлүү кадамы,  $a_e$  - чоң жарым огу,  $c_e$  - кичинекей жарым огу,  $f_e$  - ТКнун сүрүлүү коэффициенти.

(18), (19) көз карандылыктарды талдоо, кесүү каршылык күчүнө топурактын бекемдигинин жана аны кесүүнүн параметрлери, ТКнун өлчөмү жана формасы таасир этээрин көрсөтөт.

Топурактын табигый нымдуулугу кесүүгө каршылык күчүнүн маанисине сызыктуу эмес терс (сүрөт 7, а), кесүү бурчу сызыктуу эмес оң таасирин тийгизет, оптималдуу кесүү бурчу деп  $25...30^\circ$  кабыл алса болот (сүрөт 7, б), топурактын ийкемдүүлүгүнүн, кесүү тереңдигинин жана туурасынын өсүшү менен каршылык күчү көбөйөт, кесүү тереңдигинин топурактын каршылык күчүнө тийгизген таасири сызыктуу эмес жол менен ишке ашат (сүрөт 7, г).

McKyes - Ali моделдеринин негизинде бир тектүү жана курамында ТКсу бар топурактын талкаланышынын үч өлчөмдүү модели иштелип чыккан.



Сүрөт 7 - Топуракты кесүүгө каршылык күчтүн көз карандылыгы: а) - табигый нымдуулуктан, б) - кесүү бурчунан, в) - топурактын түрүнөн, г) - кесүү тереңдигинен жана туурасынан

Теориялык изилдөөлөрдүн натыйжаларын ырастоо, курамында ТКсу бар топурактын талкаланышынын физикалык маңызын, мыйзам ченемдүүлүктөрүн аныктоо жана ЖМдын натыйжалуулугун жогорулатуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу үчүн эксперименталдык изилдөөлөр жүргүзүлүп, анын жыйынтыктары **«Жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү процессин эксперименталдык изилдөөлөр»** деген төртүнчү бөлүмдө берилген.

Эксперименталдык изилдөөлөр Талас мамлекеттик университетинин техникалык процесстердин технологиясы кафедрасынын илимий лабораториясында жүргүзүлдү. Эксперименттик изилдөөлөрдүн милдеттери: эксперименттик изилдөөлөрдү жүргүзүү программасын иштеп чыгуу, стенди даярдоо жана ЖМнын жумушчу органдары менен ТКну камтыган топуракты кесүү процессин физикалык изилдөө үчүн шарттарды түзүү, эксперименттин планын ишке ашыруу, анын натыйжаларын талдоо жана ТКлуу топуракты талкалоо процессинин негизги мыйзам ченемдүүлүктөрүн, оюктун геометриялык параметрлерин аныктоо жана ЖМнын натыйжалуулугун жогорулатуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.

Программаны ишке ашыруунун жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн максаттарына жетүүнүн негизги куралы болуп курамында ТКсу бар топуракты кесүү процессин физикалык моделдөө саналат. ТКсу менен топуракты кесүүнү

жакындаштырып физикалык моделдөө окшоштуктун критерийлерин сактоо менен жүргүзүлөт, моделдик топурактын бекемдиги анын тыгыздыгынын көрсөткүчү боюнча көзөмөлдөнөт.

8-сүрөттө ТКлуу топуракты моделдөө жана кесүүдө колдонулган атайын стенд, жабдуулардын, түзмөктөрдүн, өлчөө приборлорунун жыйындысы, ал эми топуракты кесүү куралы болуп жөнөкөй клин саналат, анткени ал көптөгөн ЖМдын ЖОнын кесүүчү бөлүгүнүн прототиби болуп саналат (экскаваторлор, топуракты борпоң жасоочулар ж.б.).



а)



б)

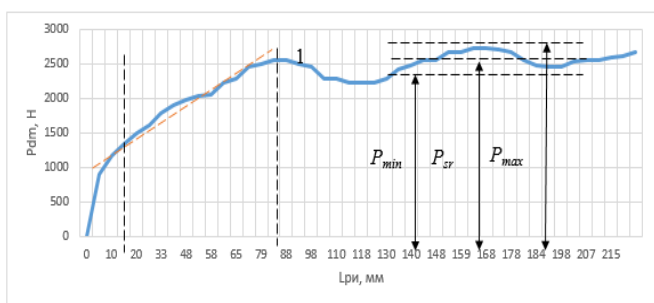


в)

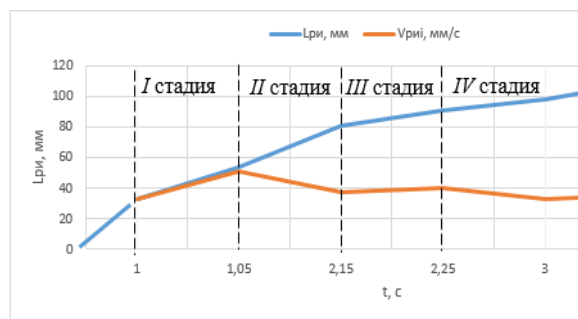
Сүрөт 8 - а) - насосдук станциясы бар ТКлуу топуракты кесүүчү стенддин жалпы көрүнүшү, б) - кесүү куралы, в) - моделдик топуракты калыптандыруу

Бир факторлуу экспериментти ишке ашыруунун жыйынтыгы боюнча ЖОдын кесүү куралы менен топуракты талкалоонун физикалык маңызы аныкталды (9-сүрөт).

Стенд ар кандай ТКлуу топуракты ар кандай кесүү куралы менен кесүү режиминин өзгөрүшү аркылуу, топурактын талкалануусун физикалык моделдештирүүгө мүмкүндүк берет. Стендде теорияга жана практикага жетиштүү тактык менен салыштырмалуу кыска убакытта ТКлуу жана бир тектүү топуракты кесүү процессинин мыйзам ченемдүүлүктөрүн жана физикалык картинасын алууга болот. Моделдик топурактын керектүү гранулометриялык курамы, түзүлүшү, физикалык жана бекемдик касиеттери операцияларды, тиешелүү окшоштуктук критерийлеринин, мамлекеттик стандарттардын жана микроагрегаттардын, минералдык бөлүкчөлөрдүн БМнын талаптарын аткаруу менен камсыз кылынат.



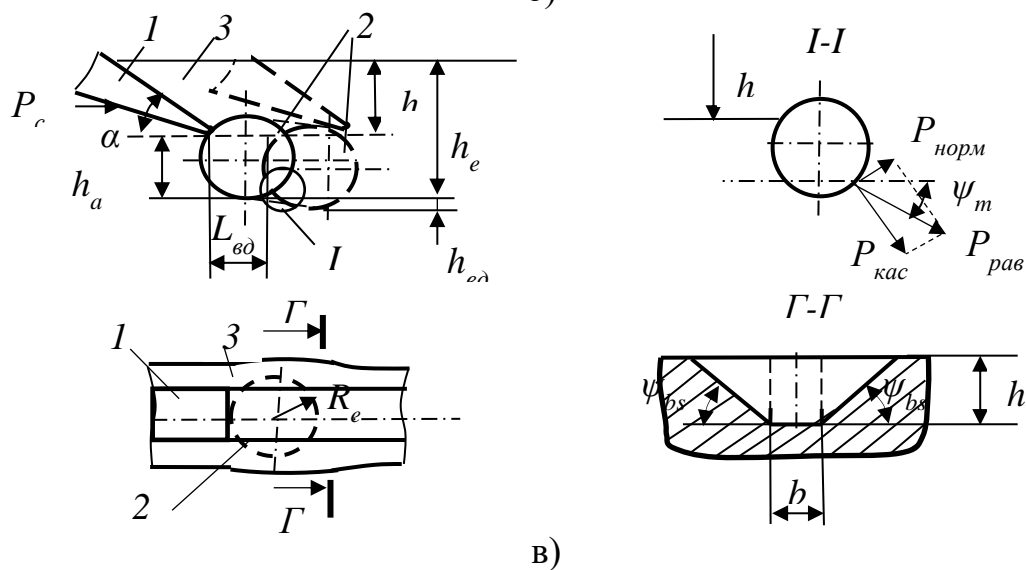
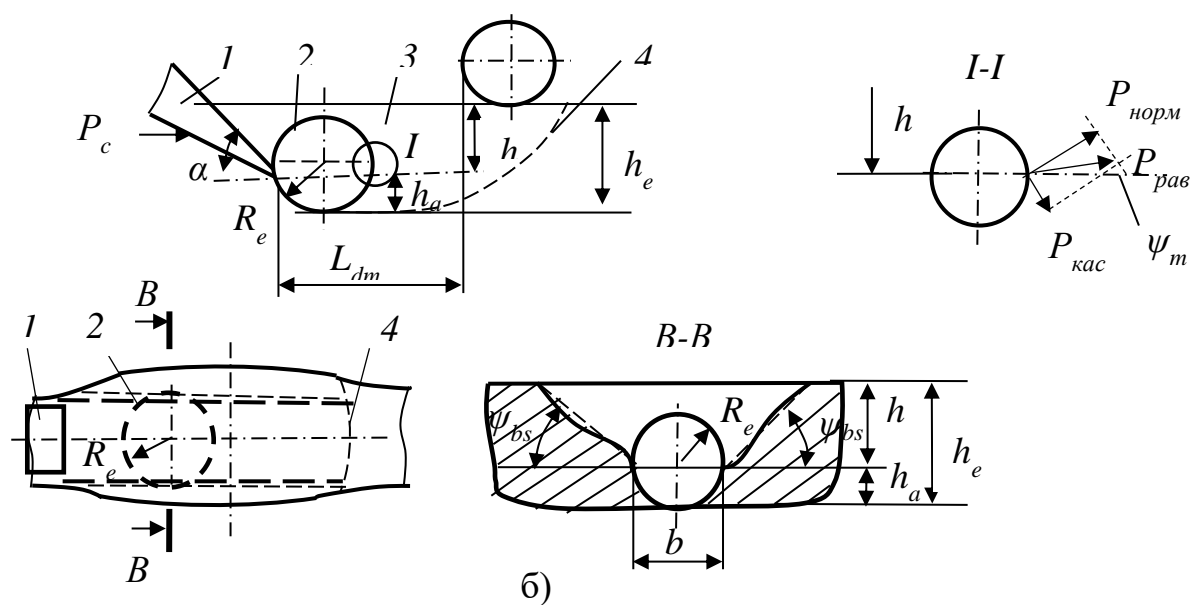
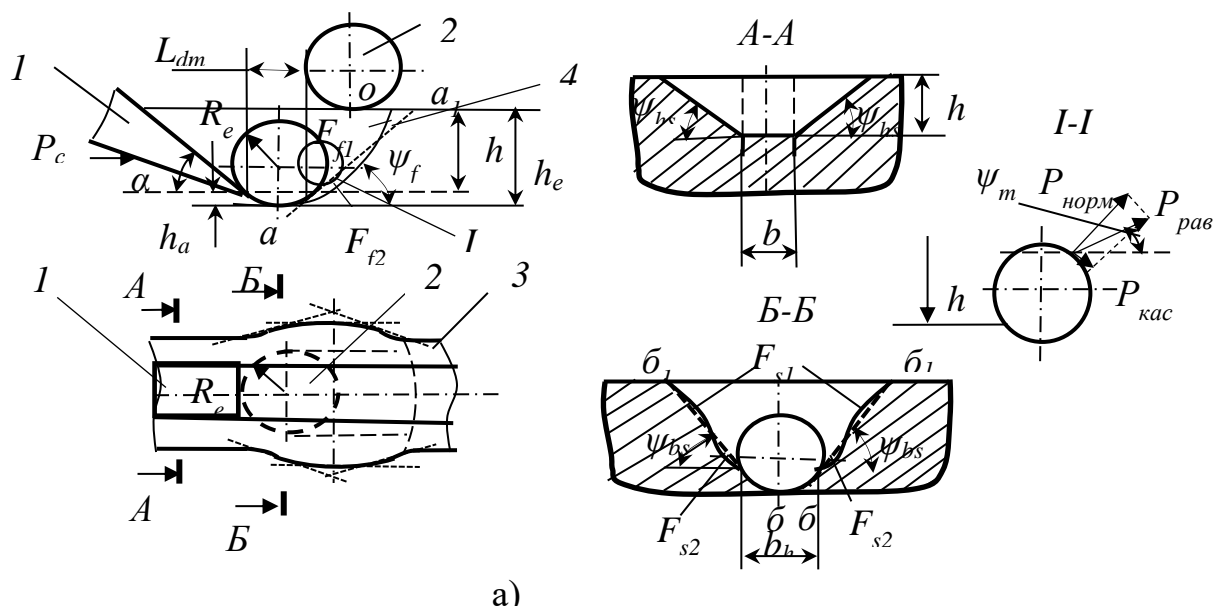
а)

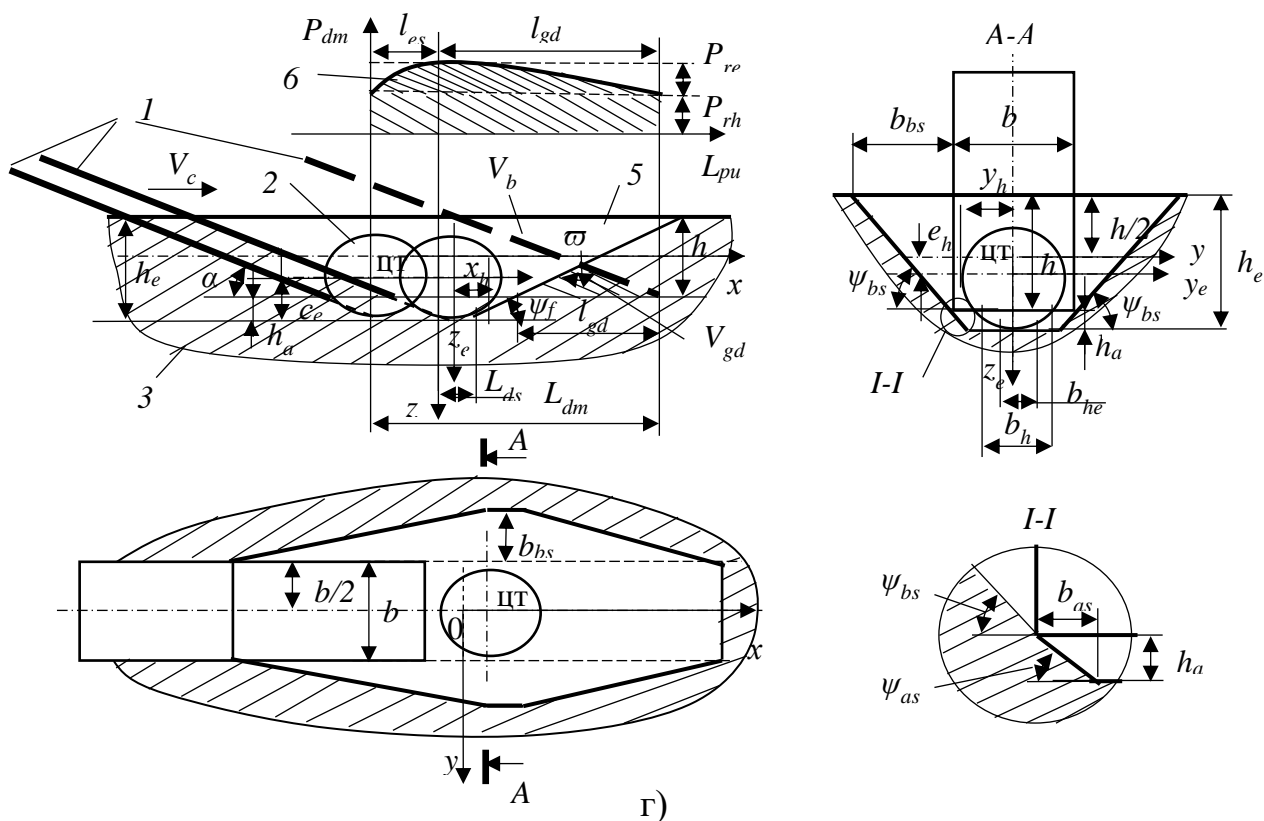


б)

Сүрөт 9 - Кесүү күчүнүн жана топурактын талкалануу стадияларынын өзгөрүшү 1- жаныма, I этап - топурактын кысылышы, топурактын жылышынын башталышы, II этап - топурактын жылышынын очокторунун көбөйүшү, III этап - топурактын талкаланышы, IV этап - топурактын сүрүлүшү жана талкаланган призмасынын жылышы

Алгачкы учурда кесүү куралы топуракка тиет, топурак алдын ала тыгыздалат, андан кийин кесүү куралынын таасири астында топурак кысыла баштайт, жылышуунун болочок очоктору пайда болот (I стадия), деформациянын II стадиясында топурактын структурасында жылышуу очокторунун саны көбөйөт, топурактын белгилүү бир көлөмүндө ЧЧАы түзүлөт жана андан ары көп сандаган жылышуу беттери боюнча топурактын көлөмү талкаланат (III этап). IV этапта топурактын талкаланган көлөмү кесүү куралынын бети боюнча жылып, топурактын үстүнкү бетинде орун алат. Топурактын талкалануу стадияларын талдоо көрсөткөндөй, топурактын тыгыздалышынын, кысылышынын стадияларында (I, II стадиялар) кесүү күчүнүн өзгөрүшү, сызыктуу көз карандылыкка жакын болот, бул болсо пропорционалдуулук чегинде топурактын кесүүгө каршылык күчүн теориялык жактан аныктоо үчүн, ийкемдүүлүк теориясынын жоболорун колдонуунун тууралыгын тастыктайт.





Сүрөт 10 – Топурактын талкаланышынын үч өлчөмдүү модели: а) интенсивдүү талкалануу; б) экстенсивдүү талкалануу; в) ТКну ныгыруу менен талкалануу; г) эллипсоиддуу ТКлуу топурактын интенсивдүү талкаланышы 1 – кесүү куралы, 2 - ТК, 3- топурак, 4 - жылышуу бети, 5 – талкалануу оюгу, 6 - кесүүгө каршылык күчүнүн графиги,  $P_c$  - кесүү күчү,  $P_{норм}$  - нормалдуу күч,  $P_{кас}$  - жаныма күч,  $P_{рав}$  - жалпыланган күч,  $V_c$  - кесүү ылдамдыгы,  $R_e$  - ТКнун радиусунун орточо өлчөмү,  $L_{dm}$  - кесүү узундугу,  $L_{ds}$  – оюктун узундугу,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $b$  - кесүү туурасы,  $b_h$  - таш таасири менен өзгөргөн кесүү туурасы,  $h$  - кесүү тереңдиги  $h_e$  – ТКнун жайгашуу тереңдиги,  $h_a$  - кошумча аймактын бийиктиги,  $\psi_f$  – алдынкы талкалануу бурчу,  $\psi_m$  - кесүү багытынын жана жалпыланган күчтүн ортосундагы бурч,  $\psi_{bs}$  - негизги аймактын каптал жагындагы талкалануу бурчу,  $\psi_{as}$  - кошумча аймактын каптал жагындагы талкалануу бурчу,  $e_h$  - кесүү тереңдиги боюнча эксцентриситет,  $b_{he}$  - кошумча аймактын кесүү туурасы,  $a-a_1$ ,  $b-b_1$  - жакындатуучу тегиздиктер

Белгилей кетсек, топуракты кесүү күчү убакыт боюнча өзгөрөт, бул топурактын бекемдик касиеттеринин өзгөрмөлүүлүгүнө байланыштуу болот.

Жакын шар сымал ТКсун камтыган топуракты кесүүнүн натыйжалары боюнча кесүүнүн туурасына карата, ТКнун оордук борбору симметриялуу жайгашканда топурактын талкалануу оюгунун үч өлчөмдүү модели жана анын геометриялык параметрлери алынган (10-сүрөт). Оюктун алдыңкы жана каптал беттери ийри сызыктуу контурга ээ, эгерде түз тегиздикти оюктун төмөнкү бөлүгүндөгү чекиттери (а, б чекити) жана кеңейүүчү бөлүгүндөгү (а<sub>1</sub>, б<sub>1</sub> чекити) аркылуу өткөрсө, анда алдыңкы  $\psi_f$  жана каптал бетинин  $\psi_s$  эңкейиш талкалануу

бурчтарын аныктоого болот. Ушундай жол менен кыйшык беттерди түпкү беттерге жакын жана жөнөкөй көрүнүшү бар түз беттерге жакындатууга болот, мындай аныктамада олуттуу ката киргизилбейт, анткени түз беттин оң жана терс четтөөлөрү өз ара жоюлат.

Кесүү жээгине жараша ТКнун жайгашуу тереңдигинин өсүшү таштын кыймылынын траекториясын өзгөртөт. ТКнын кыймылынын траекториясы топурактын күндүзгү бетине карай жакын түз сызык (сүрөт 10, а), аралаш сызык: күндүзгү бетине параллель сызык, андан кийин күндүзгү бетке карай жакын түз сызык (сүрөт 10, б) жана топурак массивинин тереңдигин карай жакын түз сызык (сүрөт 10, в) болот. 10, а, б, в сүрөттөрүнүн анализи көрсөткөндөй, кесүүчү жээктин ТКга таасир этүү чекити, таштын оордук борборунан канчалык жогору болсо, ТКнун жалпыланган күчүнүн вектору топурак массивинин тереңдигин карай бурула баштайт, жалпыланган күч, ТКну топурак массивинен түртүп чыгаруучу күчтөн, аны топурак массивине ныгыруучу күчкө айланат. Мунун кесепетинен топурактын талкаланышынын күч жана энергетикалык чыгымдары кыйла жогорулайт. Белгилей кетсек, ТКнун алдыңкы бөлүгүндө тыгыздалган топурактан өзөк пайда болот, кесүүчү четине карата ТКнун тереңдигинин өсүшү менен өзөктүн көлөмү көбөйө баштайт. Албетте, таштын жайгашуу тереңдигинин өсүшү менен элементардык алкактын активдүү узундугу өсөт, ал болсо ТКнун бетиндеги элементардык алкактын узундук коэффициенти -  $k_c$  менен бааланат.

Топурактын талкаланышынын ар түрдүүлүгүн системалаштыруу максатында, тажрыйбанын жыйынтыгы менен  $k_{ha} = 0... 0,25$  болгондо, топурак ТКну топурактын күндүзгү бетине интенсивдүү (бат) чыгаруу менен талкаланат (10-сүрөт, а),  $k_{ha} = 0,25... 1,75$  болгондо, топурак ТКну топурактын күндүзгү бетине экстенсивдүү (жай) чыгаруу менен талкаланат (10-сүрөт, б), жана  $k_{ha} = 1,75... 2,0$  болгондо топурак ташты топурак массивине ныгыруу менен талкаланат (сүрөт 10, в). 10-сүрөттүн талдоосу көрсөткөндөй, кесүүнүн негизги өзгөчөлүгү болуп ТКлуу топуракты кесүү үчүн кесүү куралынын жолунун бир бөлүгү талап кылынат, андагы сарпталган энергия (жумуш) талкалануунун оюгун түзүүгө жумшалат.

Кесүү узундугу - бул кесүү куралынын жолунун бир бөлүгү (кесинди), анын ичинде кесүү күчү максималдуу мааниге чейин жогорулайт жана андан кийин ал толтургучту кесүү деңгээлине чейин төмөндөйт. Кесүүнүн максималдуу күчүнүн саны топурактагы ЧЧАнын пайда болушуна туура келет, кесүү күчүнүн андан ары кичине эле жогорулашы көптөгөн жылышуу беттери аркылуу топурактын талкаланышына алып келет. Кесүү узундугу скалярдык чоңдук болуп саналат жана (20) туюнтма менен аныкталат, анын түзүүчүлөрү тажрыйба жолу менен табылат:

$$L_{dm} = l_{ess} + l_{gd} , \quad (20)$$

мында  $l_{ess}$  - ЧЧАнын башталышына туура келген кесүү куралынын жолу,  $l_{gd}$  - топурактын талкаланышына жана анын алдын ала деформациясына туура келген кесүү куралынын жолу.

Мындай учурда ТКлуу топуракты талкалоого жумшалган энергия (жумуш) (9) ылайык (21) көз карандылык менен аныкталат:

$$\mathcal{E}_{dm} = \mathcal{E}_{rh} + \mathcal{E}_{re} + \mathcal{E}_{rg}, \quad (21)$$

мында  $\mathcal{E}_{rh}$  – толтургуч зонанын талкалануу энергиясы,  $\mathcal{E}_{re}$  - таштуу зонанын талкалануу энергиясы,  $\mathcal{E}_{rg}$  - кесүү зонасынан ТКну чыгаруу энергиясы.

Талкалануу оюгу шарттуу түрдө борбордук бөлүктөн ( $c$ ), каптал бөлүктөн ( $s$ ), негизги аймактан ( $b$ ), кошумча аймактан ( $a$ ) турат жана туура геометриялык фигуралардын жыйындысы болуп саналат: трапецеидалдык призма, тик бурчтуу үч бурчтуу призма, тик бурчтуу үч бурчтуу пирамида. Талкалануу тегиздигин схемалаштыруу аркылуу талкалануу оюгунун төмөнкү геометриялык параметрлери аныкталган: кесүү бурч ( $\alpha$ ), кесүү тереңдиги ( $h$ ), кесүү туурасы ( $b$ ), ТКнун жайгашуу тереңдиги ( $h_e$ ), кесүү жээгине карата ТКнун жайгашуу тереңдиги ( $h_a$ ), кесүү узундугу ( $L_{dm}$ ), алдыңкы талкалануу бурчу ( $\psi_f$ ), негизги аймактын каптал талкалануу бурчу ( $\psi_{bs}$ ), кошумча аймактын каптал талкалануу бурчу ( $\psi_{as}$ ), ТКнун таасири менен өзгөргөн кесүү туурасы ( $b_h$ ), талкалануу оюгунун узундугу ( $L_{ds}$ ), талкалануу оюгунун туурасы ( $b_{he}$ ), ТКну ныгыруу узундугу ( $L_{\phi d}$ ). Ар кандай ТКну камтыган топурактын теориялык жана эксперименталдык каршылык күчтөрүнүн ортосундагы айырмачылык 15 % ти түзөт.

ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун математикалык регрессиялык моделдерин түзүү үчүн топуракты кесүү боюнча толук фактордук эксперименттин (ТФЭ) планы иштелип чыкты. Көз каранды өзгөрмө - топурактын каршылык күчү, кесүүнүн узундугу жана топурактын каптал талкалануу бурчу, ал эми кесүү процессине таасир этүүчү көз карандысыз башкарылуучу факторлор болуп төмөнкүлөр саналат: топурактын тыгыздыгы,  $\rho$ , т/м<sup>3</sup> –  $x_1$  (топурактын бекемдигинин, физикалык абалынын интегралдык мүнөздөмөсү), шар сымал ТКнун радиусунун орточо өлчөмү,  $R_e$ , м –  $x_2$  жана кесүү туурасы,  $b$ , м –  $x_3$ . Априордук маалыматтардын негизинде кесүүнүн оптималдуу тереңдиги болуп  $h = 0,15$  м кабыл алынат, ал эми ТКлуу топуракты оптималдуу кесүү бурчу  $\alpha = 30^\circ$  деп белгиленет.

ТФЭти ишке ашыруунун жыйынтыгы боюнча курамында 2 мм ири минералдык бөлүкчөлөрдүн саны 30 %, 73 % болгон, интенсивдүү, экстенсивдүү жана ТКсун топурак массивине ныгыруу менен талкаланган, жарым катуу жана жумшак пластикалык консистенцияга ээ болгон, кумдуу чопо, чополуу жана чопону кесүү боюнча эмпирикалык статистикалык жыйынды түзүлгөн. Экстенсивдүү талкалануунун интенсивдүү талкаланууга өтүүсү, ТКну топуракка ныгырууда кесүү куралынын таштын бетин жанып өтүү мүмкүнчүлүктөрү,



ТКлуу топурактарды талкалоо энергиясын азайтуучу жолдор катары карасак болот.

**«Жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактардын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуугун болжолдоо»** деген бешинчи бөлүм ЖМдын жумушчу органы менен ТКлуу топурактардын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун математикалык регрессиялык моделдерин иштеп чыгууга арналган.

Ю. А. Ветров, McKyes - Али, К. А. Артемьев, В. И. Баловнев жана автордун ыкмалары боюнча бир тектүү чополуунун каршылык күчүн болжолдоонун эки өлчөмдүү моделдерине, автордун жана McKyes, Perumpral - Grisso - Desaidын бир тектүү топурактын каршылык күчүн болжолдоонун үч өлчөмдүү моделдерине, ошондой эле автордун жана Э. Кравцовдун ТКлуу топурактын каршылык күчүн эсептөө ыкмалары боюнча салыштырмалуу талдоо жүргүзүлгөн. Э. Кравцов жана автордун каршылык күчүн болжолдоо ыкмаларынын ортосундагы айырмачылыктар, Э. Кравцовдун ыкмасы боюнча кесүүгө каршылык күчү кесүү бурчунун, кесүү туурасынын таасирлерин, топурактын пассивдүү басымынын нормалдуу жана жаныма компоненттеринин өзгөчөлүктөрүн эске албастан аныкталгандыгы менен шартталган.

Топурак ТКну күндүзгү бетке интенсивдүү же экстенсивдүү чыгаруу менен талкаланганда, анын жергиликтүү энергия сыйымдуулугу (22) көз карандылык менен аныкталат:

$$E_{dm_{u,\varepsilon}} = \frac{\varepsilon_{dm_{u,\varepsilon}}}{V_{dm_{u,\varepsilon}}}, \quad (22)$$

бул жерде  $\varepsilon_{dm_{u,\varepsilon}}$  – топурактын ТКну интенсивдүү же экстенсивдүү чыгаруу менен талкалануу энергиясы;  $V_{dm}$  - ТКлуу топурактын талкалануу көлөмү.

Топурак ТКну массивке ныгыруу менен талкаланганда, анын жергиликтүү энергия сыйымдуулугу (23) көз карандылык менен аныкталат:

$$E_{dm_s} = \frac{\varepsilon_{rh}}{V_b} + \frac{\varepsilon_{\varepsilon d}}{V_{am}}, \quad (23)$$

мында  $\varepsilon_{rh}$  - толтургуч зонанын талкалануу энергиясы,  $\varepsilon_{\varepsilon d}$  – ТКну ныгыруу энергиясы,  $V_b$  - негизги аймактын оюгунун көлөмү,  $V_{am}$  - ТКну ныгыруу учурундагы топурактын деформацияланган көлөмү.

ТКны интенсивдүү же экстенсивдүү чыгаруу менен топурактын талкалануу жергиликтүү энергиясын (24) көз карандылык менен аныктоого болот:

$$\mathcal{E}_{dm_{u,\gamma}} = (P_{rh} + P_{rg})L_{dm} + \sum_{i=1}^{i=n} dp_{rei} dl_{dmi}, \quad (24)$$

мында  $P_{rh}$  - толтургуч зонанын каршылык күчү,  $P_{rg}$  – ТКну кесүү зонасынан чыгарууга каршылык күчү,  $L_{dm}$  - кесүү узундугу,  $dp_{rei}$  - таштуу зонанын элементардык каршылык күчтөрү,  $dl_{dmi}$  - таштуу зонанын элементардык кесүү узундугу.

Таштуу зонанын  $dp_{rei}$  элементардык каршылык күчүнүн мааниси төмөнкү теңдеме менен жакындаштырылат (25):

$$dp_{re} = k_{p_{re}} P_{re}, \quad (25)$$

мында  $k_{pre}$  - таштуу зонанын элементардык каршылык күчүнүн коэффициенти,  $P_{re}$  - таштуу зонанын кесүүгө каршылык күчү.

ТКну топурак массивине киргизүү менен талкаланганда, талкалуунун жалпы энергиясы шарттуу түрдө толтургучтун талкалануу энергиясынан -  $\mathcal{E}_{rh}$  жана ТКну топурактын массивине ныгырууга каршылык энергиясынан турат –  $\mathcal{E}_{\delta\partial}$  (26):

$$\mathcal{E}_{dm_{\delta\partial}} = \mathcal{E}_{rh} + \mathcal{E}_{\delta\partial} = P_{rh}L_{\delta\partial} + \sum_{i=1}^{i=n} dp_{\delta\partial i} dl_{\delta\partial i}, \quad (26)$$

мында  $P_{rh}$  - толтургуч зонанын каршылык күчү,  $L_{\delta\partial}$  – ТКну ныгыруу узундугу,  $dp_{\delta\partial i}$  – ТКну ныгырууга элементардык каршылык күчтөрү,  $dl_{\delta\partial i}$  - ТКну элементардык ныгыруу узундугу.

ТКлуу топурактын талкаланган жалпы көлөмү (10-сүрөт) (27):

$$V_{dm} = V_b + V_a + V_{gd}, \quad (27)$$

$$V_b = V_{bc} + V_{bs}, \quad V_a = V_{ac} + V_{as}, \quad (28)$$

$$V_{bc} = \frac{bh^2(ctg\alpha + ctg\psi_f)}{2} + A_vbh, \quad (29)$$

$$A_v = h_a(ctg\alpha + ctg\psi_f) + L_{de} \approx L_{dm}, \quad (30)$$

$$V_{bs} = \frac{b_{bs}h^2(ctg\alpha + ctg\psi_f)}{6} + \frac{b_{bs}h}{2} A_v, \quad (31)$$

$$V_{ac} = b_{he} h_a \left( \frac{A_v + L_{de}}{2} \right), \quad (32)$$

$$V_{as} = \frac{2b_{as} h_a^2 (ctg \alpha + ctg \psi_f) + 3b_{as} h_a L_{de}}{6}, \quad (33)$$

$$V_a = V_{ac} + n_s V_{as}, \quad (34)$$

$$V_{gd} = \frac{l_{gd}^2 \sin \psi_f \sin \alpha}{2 \sin \varpi}, \quad (35)$$

$$b_{he} = \begin{cases} b - 2b_{as}, & \text{когда } b_h < b \\ b_h - 2b_{as}, & \text{когда } b_h \geq b \end{cases}, \quad (36)$$

$$b_{bs} = h ctg \psi_{bs}, \quad b_{as} = h_a ctg \psi_{as}, \quad (37)$$

$$\eta_{sp} = \frac{n_s V_{bs}}{V_{bc} + V_a + V_{gd}}, \quad (38)$$

мында  $V_b$  - оюктун негизги аймагынын көлөмү,  $V_a$  - оюктун кошумча аймагынын көлөмү,  $V_{gd}$  – алдын ала деформацияланган топурактын көлөмү,  $V_{bc}$  – оюктун негизги аймагынын борбордук бөлүгүнүн көлөмү,  $V_{bs}$  - оюктун негизги аймагынын каптал бөлүгүнүн көлөмү,  $V_{ac}$  – оюктун кошумча аймагынын борбордук бөлүгүнүн көлөмү,  $V_{as}$  - оюктун кошумча аймагынын каптал бөлүгүнүн көлөмү,  $b$  - кесүү туурасы,  $h$  - кесүү тереңдиги,  $\alpha$  - кесүү бурчу,  $\psi_f$  – алдынкы талкалануу бурчу,  $h_a$  - кошумча аймактын бийиктиги,  $L_{ds}$  – оюктун узундугу,  $L_{dm}$  – топуракты кесүү узундугу,  $b_{bs}$ ,  $\psi_{bs}$  - негизги аймактын каптал бөлүгүнүн туурасы, талкалануу бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша,  $b_{as}$ ,  $\psi_{as}$  - кошумча аймактын каптал бөлүгүнүн туурасы, талкалануу бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша,  $b_h$ ,  $b_{he}$  - кесүү туурасы кесүү тереңдигинин деңгээлиндеги, ТКнун жайгашуу тереңдигинин деңгээлиндеги,  $\eta_{sp}$  - мейкиндик коэффициенти,  $n_s$  - талкалануунун каптал бөлүгүнүн саны,  $l_{gd}$ ,  $\varpi$  – кесүү куралынын жолу, топурактын алдын ала кысуу бурчу, тиешелүүлүгүнө жараша.

ТФЭтин негизинде түзүлгөн эмпирикалык жыйын заманбап "Statistic" программалык комплексинде корреляциялык, дисперстик жана регрессиялык талдоодон өттү. Баштапкы статистикалык маалыматтардын нормалдуу бөлүштүрүлүшү Колмогоров-Смирнов критерийи, саптык дисперсиялардын бирдейлиги - Кохран критерийи, регрессиялык моделдин коэффициенттеринин статистикалык мааниси - Стьюдент критерийи, жалпысынан математикалык регрессиялык моделдин шайкештиги - Фишер критерийи менен текшерилет.

Регрессиялык моделдин коэффициенттеринин ортосунда мультиколлинеардуулуктун жоктугу ТФЭтин планы менен камсыз кылынат.

Жакын шар түрүндөгү ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун математикалык регрессиялык моделдери жана эллипсоид/тар эллипсоид ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун коэффициентинин регрессиялык моделдери төмөнкү моделдердин (39), (40) негизинде аныкталган:

$$E_{dm} = a_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_{31} + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3, \quad (39)$$

$$k_{f04} = a_0 + e^{b_0+b_1\rho+b_2a_e+b_3b}, \quad k_{f08} = a_0 + e^{b_0+b_1\rho+b_2a_e+b_3b} \quad (40)$$

мында  $a_0$ ,  $b_0$  - эркин коэффициенттер,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ ,  $b_5$ ,  $b_6$ ,  $b_7$  - регрессиялык моделдин коэффициенттери.

Талкалануунун үлүштүк күч жана энергетикалык чыгымдардын өз ара функционалдык байланышы жөнүндө жөнөкөйлөштүрүүнү кабыл алуу, эллипсоиддик (41) жана тар эллипсоиддик (42) ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун коэффициентин аныктоого мүмкүндүк берет:

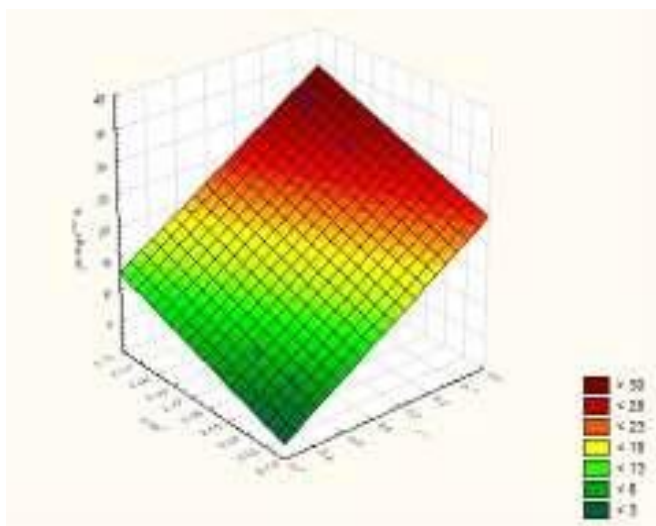
$$k_{f04} = \frac{P_{dm04}}{P_{dm}}, \quad (41)$$

$$k_{f08} = \frac{P_{dm08}}{P_{dm}}, \quad (42)$$

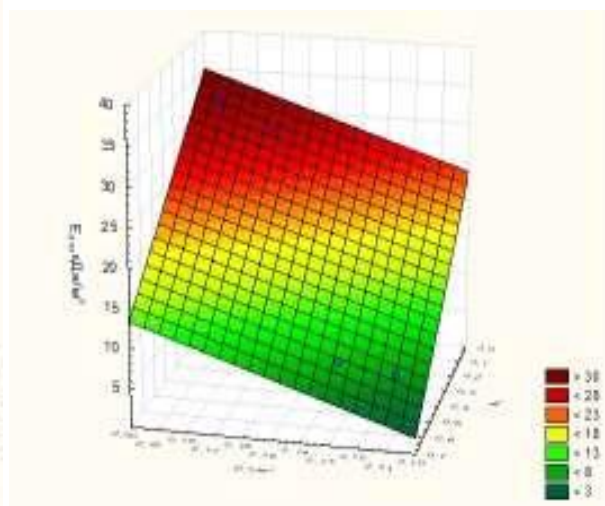
мында  $P_{dm}$  – шар сымал ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчү;  $P_{dm04}$  - эллипсоиддик ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчү,  $P_{dm08}$  – тар эллипсоиддик ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчү.

Ошентип, теориялык-эксперименталдык ыкманы колдонуу менен ар кандай ТКлуу топурактардын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун математикалык регрессиялык моделдерин аныктоого болот, алар топурактын тыгыздыгына, таштын өлчөмүнө жана кесүү туурасына жараша талкалануу үлүштүк энергетикалык чыгымдарын болжолдоого жардам берет (1-таблица - 6-таблица).

Ар кандай консистенциядагы, формадагы жана өлчөмдөгү ТКды камтыган, ар кандай схема боюнча талкалануучу кумдуу чопонун, чополуунун жана чопонун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун аныктоо үчүн номограммалар иштелип чыккан (11-сүрөт - 14-сүрөт).

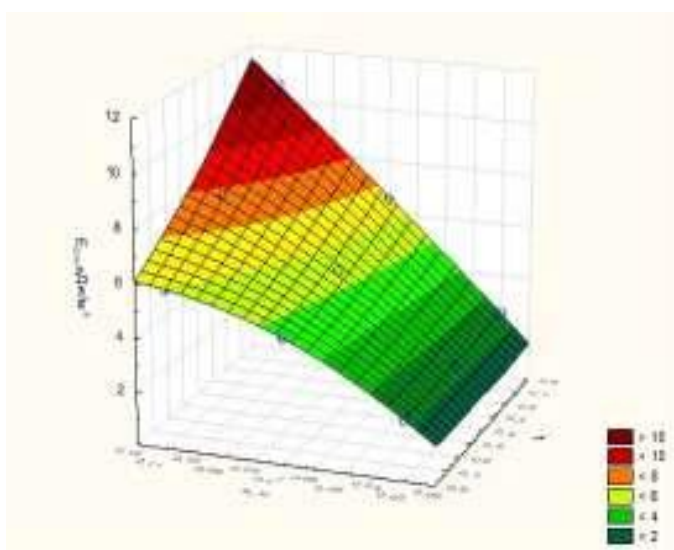


а)

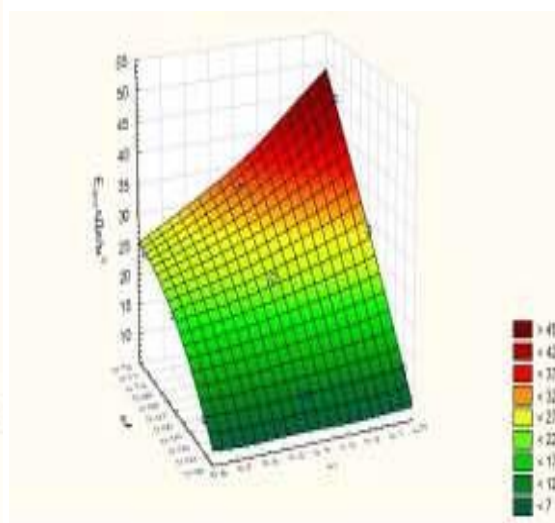


б)

Сүрөт 11 – Талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун тыгыздыкка жана консистенцияга көз карандылыгы: а) кумдуу чопо, 2 мм ден ири минералдык бөлүкчөлөрдүн саны – 30 %; б) чопо, 2 мм ден ири минералдык бөлүкчөлөрдүн саны – 50 %



а)



б)

Сүрөт 12 - Талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун ТКнун формасына жана өлчөмүнө көз карандылыгы: а) чополуу, толтургучтун консистенциясы - 0,6; б) чопо, толтургучтун консистенциясы - 0,1

Таблица 1 – ТКлуу кумдуу чопонун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
Кумдуу чопо					0,07		30	0,1	2,06...2,1	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	17,399	-8,687	-2117,9	202,033	1156,834	-101,553	-25634,8	12761,85	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	27,635	-14,242	-2745,01	399,958	1505,412	-200,835	-36922,9	18411,88	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	94,161	-49,364	-10653,0	1617,694	5789,864	-776,531	-144968	72082,10	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-11,3216	2,4969	0,0051	-0,2372	0,0335	0,999	99,97
$k_{f08}$				-1,5596	1,1048	-0,091	-2,0784	0,2677	0,999	99,77

Таблица 2 – ТКлуу кумдуу чопонун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
Кумдуу чопо					0,07		30	0,6	2,03...2,07	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	7,723	-3,952	-841,587	14,924	460,382	-8,359	-4514,79	2323,976	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	8,371	-4,382	-830,724	121,21	463,204	-61,795	-11190,9	5665,2	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	30,018	-15,988	-3394,13	516,408	1875,273	-251,510	-46253,2	23346,59	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-10,9539	2,4663	0,0053	-0,2446	0,0345	0,999	99,97
$k_{f08}$				-18,5506	2,9574	0,0058	-0,2423	0,0333	0,999	99,97

Таблица 3 – ТКлуу чополуунун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
Чополуу					0,1536		30	0,1	2,06...2,1	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	8,255	-4,151	-2656,2	35,57	1439,9	-18,176	-20144,5	9998,67	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	101,347	-50,161	-5753,31	-550,418	2999,360	266,059	-14181,1	7246,542	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	65,041	-35,374	-14010,5	750,153	7548,804	-336,594	-119756	59371,29	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-12,9385	2,6109	0,0101	-0,2065	0,0272	0,99	99,91
$k_{f08}$				-22,0882	3,1161	0,0100	-0,2051	0,0268	0,99	99,915

Таблица 4 – ТКлуу чополуунун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
Чополуу					0,1536		30	0,6	2,03...2,07	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	4,7412	-2,333	-780,262	-12,0679	426,379	5,373	-4148,32	2128,266	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	53,097	-26,084	-2160,53	-302,550	1114,588	145,841	137,005	116,270	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	-205,768	100,395	4086,641	2789,567	-1817,00	-1369,51	-113515	56526,2	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-4,9039	1,7248	0,0212	-0,4931	0,0692	0,999	99,92
$k_{f08}$				-22,2882	3,1267	0,0089	-0,2101	0,0296	0,99	99,915

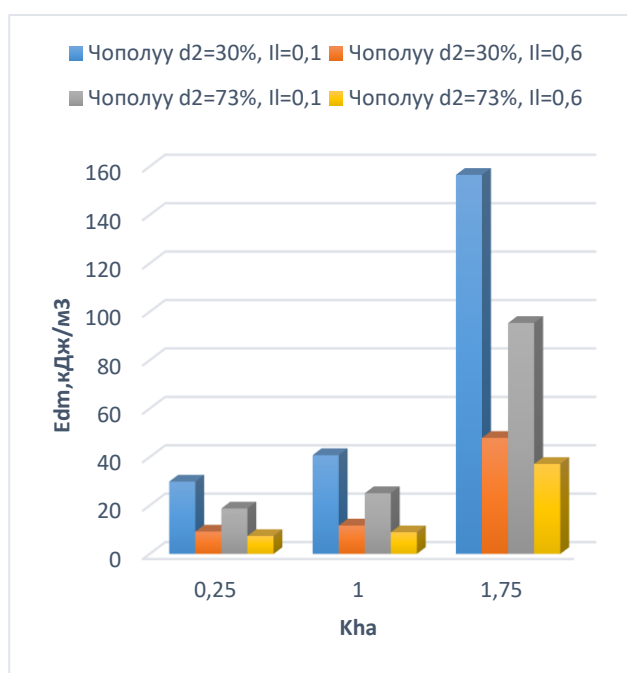
Таблица 5 - ТКлуу чопонун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
<i>Чопо</i>					0,209		73	0,1	2,26...2,28	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	-51,586	22,992	-2581,9	802,4377	1233,911	-358,15	-49399,8	22080,43	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	5,322	-2,639	-5086,63	404,604	2378,479	-183,505	-52468,1	23556,83	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	85,02162	-40,491	-22515,6	1035,377	10461,83	-438,932	-185938	83140,56	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-13,7225	2,6386	0,0214	-0,1848	0,0237	0,999	99,882
$k_{f08}$				-22,5379	3,107447	0,021604	-0,188657	0,024051	0,999	99,875

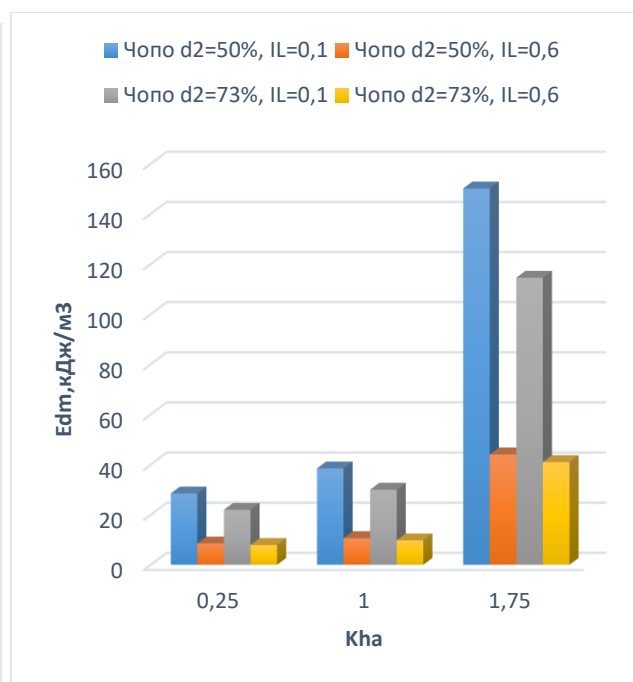
Таблица 6 – ТКлуу чопонун талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун регрессия моделинин параметрлери

Аталышы					$I_p$		$d_2, \%$	$I_L$	$\rho, m/m^3$	
<i>Чопо</i>					0,209		73	0,6	2,24...2,26	
$y$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$R$	$k_{ha}$
$E_{dmu}$	39,714	-17,806	1965,44	-177,11	913,942	77,631	-6520,74	2993,65	1,0	0,25
$E_{dmэ}$	1,714	-0,858	-1638,66	130,381	773,4630	-59,674	-16909,0	7660,498	1,0	1,0
$E_{dmөд}$	30,136	-14,490	-7982,66	367,383	3743,912	-157,078	-65945,6	29753,02	1,0	1,75
$y$				$a_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R$	$R^2$
$k_{f04}$				-11,2757	2,4471	0,0257	-0,2221	0,0285	0,999	99,881
$k_{f08}$				-23,1564	3,1351	0,0210	-0,18378	0,0234	0,999	99,875



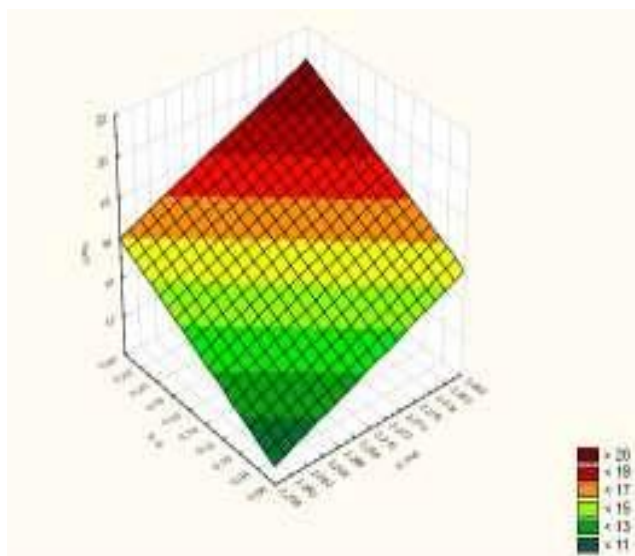


а)

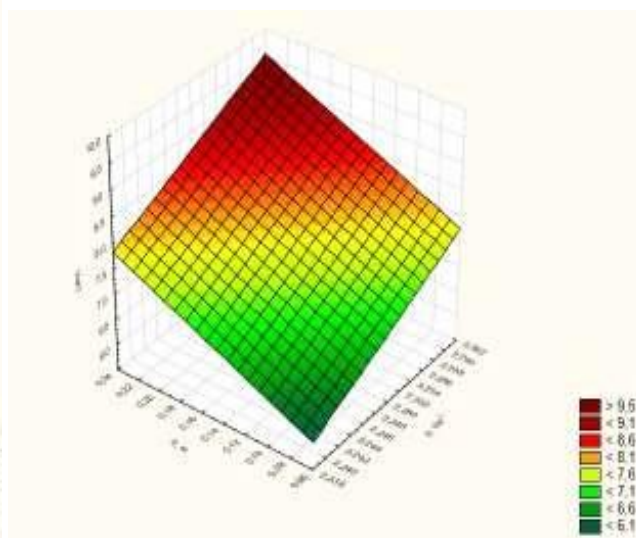


б)

Сүрөт 13 - Кесүү жээгине карата ТКнун терендигине жараша талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун динамикасы: а) чополуу; б) чопо



а)



б)

Сүрөт 14 - Топурактын тыгыздыгына жана кесүү туурасына жараша талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугунун динамикасы: а) кумдуу чопо, толтургучтун консистенциясы - 0,1; б) чопо, толтургучтун консистенциясы - 0,6

ЖМнын натыйжалуулугун жогорулатуу, ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун азайтуу үчүн жумушчу органдын кесүү куралынын конструкциясын өркүндөтүү зарыл: ТКну топурактын үстүнө түртүп чыгаруу энергиясын, кесүү узундугун төмөндөтүү максатында кесүү куралынын жумушчу узундугун узартуу керек (топурак экстенсивдүү талкалануудан интенсивдүү талкаланууга өтөт); ТКны топурак массивине ныгыруу энергиясын төмөндөтүү максатында кесүү куралы ийкемдүү болушу керек (ТК топурак массивине аз өлчөмдө ныгырылат).

**«Жер казуучу машиналар менен таштарды камтыган топурактарды иштетүүнүн натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган практикалык сунуштар»** деген алтынчы бөлүмдө ТКлуу топурактарды ЖМлар менен иштетүүнүн натыйжалуулугун жогорулатуучу техникалык чечимдер жана теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн натыйжаларын практикалык пайдаланууга багытталган иш-чаралар иштелип чыккан.

Жумушчу жабдуунун элементтерине, жумушчу органга кесүүнүн капитал күчүнөн пайда болгон динамикалык жүктөмдөрдү азайтуу максатында, экскаватор чөмүчүнүн долбоорлору иштелип чыккан, алар ойлоп табууга КР патенттери менен корголгон. Тиштердин арасына ТКсу кептелгенде, тиешелүү тиштерге капитал жүктөмү көбөйөт жана ал бул тиштердин пружиналарынын серпилгичтик күчүнөн жогору болгондо, тиштер октордун тегерегинде бурулат. Экскаватор чөмүчүнүн тиштери ТКну кыйгап өткөндөн кийин, пружиналардын таасири астында бурулган тиштер баштапкы абалына кайтып келет да, топуракты казуу улантылат.

Тышкы күчтүн таасир координатын өзгөртүү, топуракты кесүү энергиясын азайтуу максатында экскаватор чөмүчүнүн долбоору иштелип чыккан, ал ойлоп табууга КР патенти менен корголгон. ТКлуу топуракты талкалоо шарттарына ыңгайлашуу үчүн ийкемдүү тиштери бар экскаватор чөмүчү сунушталат, ал ойлоп табууга КР патенти менен корголгон. Кесүү куралы (тиштер), бири-бирине көз карандысыз чөмүчтүн тегиздигине карата, кесүү бурчун өзгөртүү мүмкүнчүлүгүнө ээ. Тиш ТКга тийгенде, анын кесүүчү чети бурулат да, таштын ийри сызыктуу бетин айланып өтүү кыймылын пайда болот, башкача айтканда, тиштин ылайыкташтырылган кыймылы жасалат. Мындай адаптацияланган кыймыл тиштин багытын өзгөртүүгө мүмкүндүк берет, мында ТКсу аз тереңдикке ныгырылат, ЖМнын чөмүчү менен топуракты казуу энергиясы азаят.

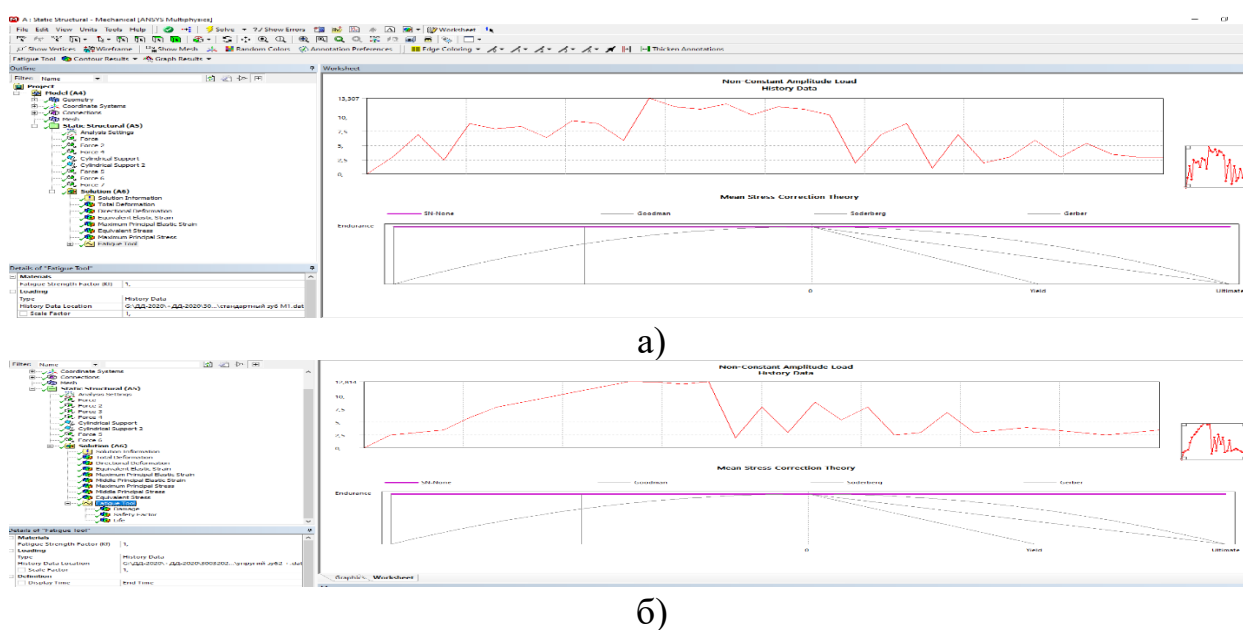
Топуракты иштетүүнүн натыйжалуулугун жогорулатуу, тиштин конструкциясын жөнөкөйлөтүү, ишенимдүүлүгүн жана бышыктыгын жогорулатуу максатында атайын тиштери бар экскаватордун чөмүчү иштелип чыккан, ал пайдалуу моделге КР патенти менен корголгон. Жумушчу бети ТКнун эң өкүлчүлүктүү формасын эске алуу менен эллипсоиддик контурга ээ болгон тиштер, күч сызыктарынын ТКнун бетине жаныма чекиттерин өзгөртүүгө мүмкүндүк берип, тыгыздалган топурактын өзөгүнүн узундугун жана ТКлуу топуракты иштетүүнүн энергия сыйымдуулугун төмөндөтүүгө өбөлгө түзөт, ал эми тиш узундугунун 20... 25 % га узарышы, тиштердин таасир этүүчү

чекитин төмөндөтүп, ТКну топурактын бетине интенсивдүү чыгарат, бул учурда топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугу төмөндөйт.

Жол-транспорттук, айыл чарба машиналарын пайдалануунун топурак шарттарын болжолдоо, машиналардын жумушчу органы менен ТКлуу топурактын өз ара аракеттенүүсүн компьютердик моделдөө үчүн, топурактагы таштардын санын аныктоочу прибор иштелип чыгып, ойлоп табууга КР патенти алынган.

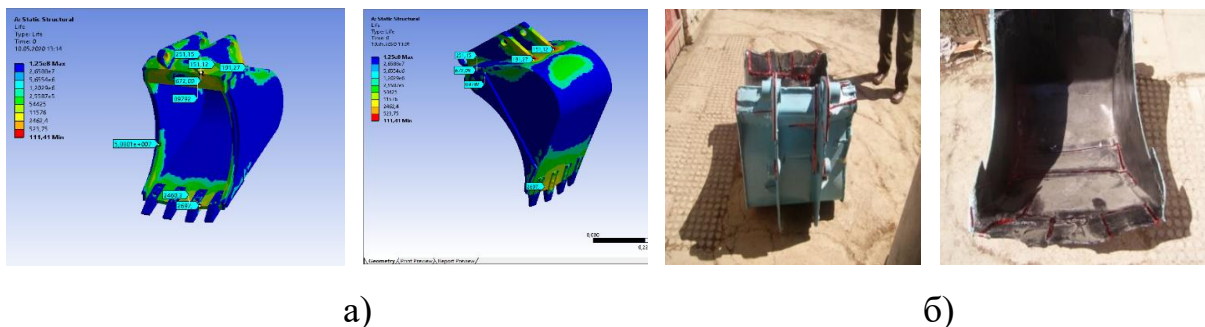
Изилдөөлөрдүн натыйжаларын практикалык колдонуу үчүн, ТКлуу топурактын кесүүгө каршылык күчүн эсептөө ыкмасы, Microsoft Visual Basic программасында автоматташтырылган. Топурактын пассивдүү басымынын максималдуу жүктөмү кесүү куралынын жана ТКнун элементардык беттерине жүктөлөт. Эгерде ТКсу жок болсо, бир тектүү топурактын кесүүгө каршылык күчү ( $P_{rh}$ ) эсептелинет. Мейкиндик коэффициентин ( $\eta_{sp}$ ) аныктоо максатында талкаланган топурактын борбордук ( $V_c$ ) жана каптал ( $V_s$ ) бөлүктөрүндөгү көлөмү эсептелинет. Элементардык жалпыланган каршылык күчтүн ( $dP_{dmi}$ ) кесүү траекториясынын жанымасына болгон проекциясы элементардык шар алкактары жана алардын жайгашкан аймактары боюнча кошулат ( $P_{dm}$ ). Ошентип, эсептелген кесүүгө жалпы каршылык күчү, ар кандай ТКлуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун эсептөө методикасында колдонулат.

Чарчоо бекемдиги ЖМнын жумушчу органынын металлоконструкциясынын жергиликтүү аймактарына реалдуу жүктөө тарыхынын негизинде аныкталган. Чөмүчтүн серпилгич тиши жүктөө тарыхын өзгөртөт, ЖОдын жергиликтүү аймактарына таасир этүүчү жүктөрдүн динамикасын азайтат (сүрөт 15, б).



Сүрөт 15 - Топурак массивине ТКну ныгырууда кесүүгө каршылык күчүнүн өзгөрүшү: а) - топуракты стандарттык тиш менен кесүү; б) - топуракты серпилгич тиш менен кесүү

SolidWorks программалык комплексинде даярдалган ЭО-2621А экскаваторунун чөмүчүнүн 3D модели, чөмүчтүн жергиликтүү участокторунун чарчоо чыдамкайлыгын аныктоо максатында Ansys Workbench системасында иштетилет. Чарчоо чыдамкайлыгын эсептөөнүн натыйжалары жана чөмүчтү өндүрүштүк шарттарда иштетүүдө байкалган зыяндар жана сыныктар сапаттык жактан окшош жыйынтыктарды берет (16-сүрөт).



Сүрөт 16 - а) - эсептөөнүн натыйжалары; б) – чөмүчтү өндүрүштүк шарттарда иштетүүдө байкалган зыяндар жана сыныктар: кызыл сызыктар - сынуу зоналары

ТКлуу топуракты казууда бир чөмүчтүү экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн эсептөө методикасы иштелип чыккан. Топурактын бекемдигине, аны кесүүнүн жана ТКнун параметрлерине, ошондой эле топурактын талкалануу түрлөрүнө жараша талкалануу жергиликтүү энергиясы жана топуракты казуу узактыгы өзгөрөт (43):

$$T_{\kappa_i} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} \mathcal{E}_{dm_i} n_{dm_i}}{N \eta_{mp} \xi}, \quad (43)$$

мында  $\mathcal{E}_{dm_i}$  –  $i$ -түрүндөгү топурактын талкалануу энергиясы,  $n_{dm_i}$  –  $i$ -түрүндөгү талкалануу саны,  $N$  – базалык машинанын кыймылдаткычынын кубаттуулугу,  $\eta_{mp}$  – келтиргичтин пкк,  $\xi$  – топурак казууда кыймылдаткычтын кубаттуулугун пайдалануу коэффициентти.

Экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн (44) көз карандылык менен аныктоого болот:

$$P = \frac{3600 \frac{qk_{nan}}{k_{раз}}}{\sum_{i=1}^{i=3} \frac{\mathcal{E}_{dmi} n_{dmi}}{N\eta_{np}\zeta} + T_{не} + T_{е} + T_{нз}}, \quad (44)$$

мында  $q$  – чөмүчтүн сыйымдуулугу,  $k_{nan}$ ,  $k_{раз}$  – чөмүчтү толтуруу жана топурактын борпондоо коэффициенттери, тиешелүүлүгүнө жараша,  $\mathcal{E}_{dmi}$  –  $i$ -түрүндөгү топурактын талкалануу энергиясы,  $n_{dmi}$  –  $i$ -түрүндөгү талкалануу саны,  $N$  – базалык машинанын кыймылдаткычынын кубаттуулугу,  $\eta_{np}$  – келтиргичтин пкк,  $\zeta$  – топурак казууда кыймылдаткычтын кубаттуулугун пайдалануу коэффициенти,  $T_{не}$  – топуракты төгүүгө бурулуу узактыгы,  $T_{е}$  – төгүү узактыгы,  $T_{нз}$  – казууга кайра бурулуу узактыгы.

## КОРУТУНДУ

1. Кыргыз Республикасынын аймагы боюнча таштуу кошундуларды камтыган байланышкан дисперстүү топурактардын пайда болуу ыктымалдыгы 0,19... 0,31 түзөт, аларды казуу жетишерлик татаал болуп саналат, ал эми физикалык-механикалык касиеттердин өзгөрүшүнүн аныкталган ыктымалдык диапозону, таштуу кошундулардын классификациясы жер казуучу машиналардын жүктөмүнүн стохастикалык моделин түзүүгө мүмкүндүк берет.

2. Биринчи жолу топурактын пассивдүү басымынын максималдуу жүктөмүн колдонуу менен топурактын, аны кесүүнүн жана таштын параметрлерин эске алуу менен, бир тектүү жана шар/эллипсоид сымал таш кошундулуу байланышкан дисперстик топурактын кесүүгө каршылык күчүнүн математикалык моделдери иштелип чыккан. Биринчи жолу киргизилген топурак «кесүү узундугу» параметрин колдонуу менен таш кошундулуу топурактын талкалануу жергиликтүү энергиясынын, энергия сыйымдуулугунун жана оюгунун математикалык моделдери түзүлдү.

3. Топурактын, кесүүнүн жана таштын параметрлерине жараша ар кандай таш кошундулуу байланышкан дисперстик топурактардын үлүштүк талкалануу энергия чыгымдарын болжолдоочу жергиликтүү энергия сыйымдуулуктун математикалык регрессиялык моделдери түзүлгөн.

4. Болжолдуу физикалык моделдөө топурактын физикалык-механикалык касиеттерин, структурасын, гранулометриялык курамын, сызыктуу өлчөмдөрүн окшоштуруунун 15 критерийинин негизинде ишке ашырылат, алар өндүрүштүк жана лабораториялык шарттарда жер казуучу машинанын жумушчу органы менен таштуу кошундулуу байланышкан дисперстик топуракты кесүү процесстеринин окшоштугун камсыз кылат.

5. Топурактын талкаланышынын 3 түрү аныкталган: топурактын бетине ташты интенсивдүү чыгаруу менен талкалануу ( $k_{ha} = 0...0,25$ ); топурактын

бетине ташты экстенсивдүү чыгаруу менен талкалануу ( $k_{ha} = 0,25 \dots 1,75$ ); жана топурактын массивине ташты ныгыруу менен талкалануу ( $k_{ha} = 1,75 \dots 2,0$ ). Топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугу топурактын тыгыздыгынын жогорулашы менен 20... 32 % ке өсөт, кесүү туурасынын өсүшү менен 22... 34 % ке өсөт, таштуу кошундунун өлчөмүнүн өсүшү менен - 280... 333 % ке өсөт, кесүү жээгине салыштырмалуу таштын жайгашуу тереңдигинин жогорулашы менен 23... 38 % ке өсөт, топурак экстенсивдүү талкаланганда, 400 % тен жогорука өсөт, топурак ташты ныгыруу менен талкаланганда, ал эми толтургучтун консистенциясынын жогорулашы (жарым катуудан жумшак пластикалык абалга өтүшү) топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун 10... 25 % ке азайтат, 2 мм ири минералдык бөлүкчөлөрдүн санынын 30 % тен 73 % ке өсүшү, топурактын талкалануу жергиликтүү энергия сыйымдуулугун 5... 20 % ке азайтат.

6. Чыныгы жүктөө тарыхын колдонуу менен экскаватордун жумушчу органынын металлоконструкциясынын жергиликтүү участокторунун чарчоо бекемдигин болжолдоого мүмкүндүк берүүчү чарчоо чыдамкайлыгын баалоо методикасы иштелип чыкты.

7. Жергиликтүү талкалануу энергиясына көз каранды, топурак казуунун узактыгына негизделген бир чөмүчтүү экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн эсептөө методикасы иштелип чыккан.

8. Талаа сыноолорунан өтүштү, экскаватордун атайын тиштери бар чөмүчтүн тажрыйбалык үлгүсү, ал таштуу кошулмалуу топурактарды казуу мөөнөтүн 15... 20 % ке кыскартат, экскаватордун техникалык өндүрүмдүүлүгүн 7,4... 12,4 % га жогорулатат жана серпилгич тиштери бар чөмүч, ал экскаватор чөмүчүнүн металл конструкциясынын жергиликтүү участокторунун чарчоо чыдамкайлыгын 5... 15 % ке жогорулатат.

## ДИССЕРТАЦИОННЫХ ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Пат. 900 С1 КР, E02F 9/28 (2006.1). Ковш экскаватора [Текст] / М. С. Тургунбаев, К. Т. Шамуратов; Бишкек. - № 20050091.1; заявл. 22.08.2005; опубл. 31.10.2006, Бюл. № 10. - 6 с.: ил.
2. Тургумбаев, Ж. Ж. Грунтовые условия эксплуатации землеройной техники на территории Кыргызской Республики [Текст]: монография / Ж. Ж. Тургумбаев, М. С. Тургунбаев. - Бишкек: Бишкектранзит, 2008. - 80 с.
3. Тургунбаев, М. С. Исследование крупнообломочных включений грунтов [Текст] / М. С. Тургунбаев // Известия КГТУ им. Раззакова. - Бишкек, 2009. - № 16. - С. 122-126.
4. Тургумбаев, Ж. Ж. Пылеватые и глинистые грунты с крупнообломочными включениями [Текст] / Ж. Ж. Тургумбаев, М. С. Тургунбаев // Известия КГТУ им. Раззакова. - Бишкек, 2009. - № 16. - С. 151-154.
5. Пат. 1133 С1 КР, E02F 9/28 (2006.1). Ковш экскаватора [Текст] / М. С. Тургунбаев, К. Т. Шамуратов; Бишкек. - № 20070139.1; заявл. 05.11.2007; опубл. 31.01.2009, Бюл. № 1. - 5 с.: ил.
6. Тургунбаев, М. С. Грунты, содержащие крупные обломки [Текст] / М. С. Тургунбаев. // Наука и ее роль в современном мире. - Караганды: Болашак-Баспа, 2010. - Том 4. - С. 17-21.
7. Пат. 113 КР, G01N 3/00 (2010.01), G01N 3/58 (2010.01), G01M 7/00 (2010.01). Стенд для исследования процесса резания грунта [Текст] / М. С. Тургунбаев, К. Т. Шамуратов; Бишкек. - № 20100014.2; заявл. 27.04.2009; опубл. 30.09.2010, Бюл. № 9. - 4 с.: ил.
8. Тургумбаев, Ж. Ж. Определение закономерностей распределения каменистых включений в грунте [Текст] / Ж. Ж. Тургумбаев, М. С. Тургунбаев // Известия КГТУ им. Раззакова. - Бишкек, 2011. - № 22. - С. 7-10.
9. Пат. 1454 С1 КР, E02F 9/28 (2011.1). Ковш экскаватора [Текст] / М. С. Тургунбаев; Бишкек. - № 20100108.1; заявл. 14.10.2010; опубл. 31.05.2012, Бюл. № 5. - 5 с.: ил.
10. Тургунбаев, М. С. Особенности разрушения пород, содержащих каменистые включения / М. С. Тургунбаев // Горное оборудование и электромеханика. - Москва, 2014. - № 11(108). - С. 34-40. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22537429>.
11. Пат. 1662 С1 КР, E02F 3/00 (2014.01) E02F 9/00 (2014.01). Ковш экскаватора с адаптируемыми зубьями [Текст] / М. С. Тургунбаев, И. А. Абдрахманов, А. К. Темиралиев; Бишкек. - № 20140004.1; заявл. 23.01.2014; опубл. 29.08.2014, Бюл. № 8. - 9 с.: ил.
12. Пат. 1679 С1 КР, E02F 3/00 (2014.01) E02F 9/00 (2014.01). Ковш экскаватора с упругими зубьями [Текст] / М. С. Тургунбаев, Р. А. Мендекеев, И. А. Абдрахманов, А. К. Темиралиев; Бишкек. - № 20140033.1; заявл. 17.03.2014; опубл. 30.09.2014, Бюл. № 9. - 6 с.: ил.



13. **Тургунбаев, М. С.** Снижение энергоемкости процесса разрушения породы с каменистым включением упругим режущим органом ковша [Текст] / М. С. Тургунбаев // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2014. - № 32 (часть II). – С. 217-221.
14. Мендекеев, Р. А. К определению силы сопротивления разрушению породы, содержащей каменистое включение, рабочим органом землеройной машины [Текст] / Р. А. Мендекеев, **М. С. Тургунбаев** // Механизация строительства. – Москва, 2015. - № 8. - С. 24-26. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23925721>
15. Пат. 1456 С1 КР, G01B 5/02 (2011.01). Прибор для определения содержания камней в грунте [Текст] / М. С. Тургунбаев; Бишкек. - № 20100109.1; заявл. 14.10.2010; опубл. 31.05.2015, Бюл. № 5. - 4 с.: ил.
16. Мендекеев, Р. А. Классификационные признаки крупных обломочных включений грунтов [Текст] / Р. А. Мендекеев, **М. С. Тургунбаев** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2016. - № 2 (52). - С. 100-104.
17. **Тургунбаев, М. С.** Критерии подобия процесса разрушения грунта, содержащего обломочно-каменное включение [Текст] / М. С. Тургунбаев // Известия ВУЗов Кыргызстана. - Бишкек, 2016. - № 11. - С. 48-52.
18. **Тургунбаев, М.С.** Методика расчета усталостной долговечности ковша экскаватора в среде Ansys 15.0 [Текст] / М. С.Тургунбаев // Машиноведение. – Бишкек, 2016. - № 1(3). - С. 72-81. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27175411>.
19. **Тургунбаев, М. С.** Техническая производительность экскаватора при разработке грунтов с обломочными включениями [Текст] / М. С. Тургунбаев // Известия ВУЗов Кыргызстана. – Бишкек, 2016. - № 11. - С. 53-55.
20. **Тургунбаев, М. С.** К вопросу особенности разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения рабочим органом землеройной машины [Текст] / М.С. Тургунбаев // Науковедение: научный электронный журнал. – Москва, 2017. - том 9, № 3. - URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN317.pdf>.
21. Мендекеев, Р. А. Энергоемкость разрушения однородного грунта рабочим органом землеройной машины [Текст] / Р. А. Мендекеев., **М. С. Тургунбаев** // Механизация строительства. – Москва, 2017. - № 1. - С. 45-48. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27648489>.
22. **Тургунбаев, М. С.** К вопросу закона распределения минеральных частиц грунта [Текст] / М. С.Тургунбаев // Высокие технологии в строительном комплексе. – Воронеж, 2020. - № 1. - С. 134-141. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42992561>.
23. **Тургунбаев, М. С.** Оценка сопротивления усталости локальных участков конструкции ковша экскаватора ЭО-2621 с использованием конечно-элементного анализа [Текст] / М. С.Тургунбаев // Высокие технологии в строительном комплексе. – Воронеж, 2020. - № 1. - С. 141-151. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42992562>.
24. Turgumbayev J. J. Predicting the resistance force of homogeneous ground



to cutting [Text] / J. J. Turgumbayev, **M. S. Turgunbayev** // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2021. – Volume 4, Number 448. P. 91-98. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=57431490600&zone=>. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.86>.

25. Turgumbayev J. J. Prediction of the cutting resistance force of the soil containing stony fractions [Text] / J. J. Turgumbayev, **M. S. Turgunbayev** // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. – 2021. – Volume 5, Number 449. P. 161-169. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=57431490600&zone=>. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.110>.

26. Тургумбаев, Ж. Ж. Модель прогнозирования силу сопротивления резанию грунта, содержащего различные каменные включения [Текст] / Ж. Ж. Тургумбаев, **М. С. Тургунбаев** // Высокие технологии в строительном комплексе. – Воронеж, 2021. – № 2. – С. 130-138. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47403693>.

27. Тургумбаев, Ж. Ж. Геометрические параметры прорези разрушенного грунта с каменным включением по результатам резания грунта узким режущим элементом землеройной машины [Текст] / Ж. Ж. Тургумбаев, **М. С. Тургунбаев** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2022. – № 3 (77). – С. 1233-1242. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49803705>.

28. **Тургунбаев, М. С.** Влияние эксцентричного расположения центра тяжести каменного включения на объем разрушенного грунта [Текст] / М. С. Тургунбаев, З. Б. Тургунбаева, М. Н. Осмонов // Известия ВУЗов Кыргызстана. – Бишкек, 2022. – № 5. – С.32-36. EDN: [WWRLLF](https://www.wrllf.com)

29. Пат. 342 КР, E02F 3/40 (2022.01) E02F 9/28 (2022.01). Экскаваторный ковш [Текст] / Ж. Ж. Тургумбаев, М. С. Тургунбаев, Т. М. Мелисбеков; Бишкек. – № 20220010.2; заявл. 24.12.2021; опубл. 30.08.2022, Бюл. № 8. – 5 с.: ил.

30. **Тургунбаев, М. С.** Длина резания дисперсного грунта с каменным включением режущим инструментом землеройной машины [Текст] / М. С. Тургунбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2023. – № 4. – С. 17-23. DOI: [10.26104/NNTIK.2023.61.91.004](https://doi.org/10.26104/NNTIK.2023.61.91.004)

31. **Тургунбаев, М. С.** Моделирование структуры дисперсного грунта с каменным включением [Текст] / М. С. Тургунбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2023. – № 4 – С. 23-29. DOI: [10.26104/NNTIK.2023.68.68.005](https://doi.org/10.26104/NNTIK.2023.68.68.005)

32. **Тургунбаев, М. С.** Структурный эффект дисперсного грунта с каменными включениями [Текст] / М. С. Тургунбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2023. – № 5. – С. 32-37. DOI: [10.26104/NNTIK.2023.55.73.007](https://doi.org/10.26104/NNTIK.2023.55.73.007)

33. **Тургунбаев, М.С.** Статистический анализ результатов резания дисперсного грунта с каменным включением режущим инструментом землеройной машины [Текст] / М. С. Тургунбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2023 – № 5. – С. 27-32. DOI: [10.26104/NNTIK.2023.68.15.006](https://doi.org/10.26104/NNTIK.2023.68.15.006)

34. **Тургунбаев, М. С.** Математические регрессионные модели составляющих локальной энергоемкости разрушения суглинка, содержащего каменистое включение. [Текст] / М. С. Тургунбаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2023. - № 9. – С. 19-22.  
DOI: [10.26104/NNTIK.2023.63.59.004](https://doi.org/10.26104/NNTIK.2023.63.59.004)

**Тургунбаев Мелисбек Сыргабаевичтин 05.05.04 – жол, курулуш жана көтөрүп-ташуучу машиналар адистиги боюнча техникалык илимдердин доктору окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн «Таштарды камтыган топурактарды жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен кесүү теориясынын илимий негиздери» темасына жазылган диссертациясынын**

### **КЫСКАЧА МАЗМУНУ**

**Негизги сөздөр:** байланышкан дисперстүү топурак, таш кошундусу, кесүү теориясы, жер казуучу машина, жумушчу орган, топурактын кесүүгө каршылык күчү, талкалануунун жергиликтүү энергия сыйымдуулугу, математикалык регрессиялык моделдер, иштетүүнүн натыйжалуулугу.

**Изилдөө объектиси:** жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү.

**Изилдөө предмети:** жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү теориясы жана анын талкалануу мыйзам ченемдүүлүктөрү.

**Иштин максаты:** теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүү, таштарды камтыган топурактардын талкалануу процессинин мыйзам ченемдүүлүктөрүн аныктоо аркылуу жер казуучу машиналардын жумушчу органдары менен таштарды камтыган топурактарды кесүү теориясынын илимий негиздерин иштеп чыгуу.

**Изилдөө методдору жана аппаратура:** системалык анализ, математикалык статистика жана ыктымалдуулук теориясынын, математикалык моделдөөнүн ыкмалары, системалаштыруу, классификация, бир жана көп факторлуу эксперименттер, статистикалык моделдөө.

Эксперименталдык изилдөөлөр заманбап ченөөчү аппараттардын жана приборлордун комплексин колдонуу менен жүргүзүлдү.

**Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы:** Таш кошундунун бети элементардык алкактарга бөлүнүшү, аларга топурактын пассивдүү басымынын чектүү жүктөмүнүн жүктөлүшү жана элементардык күчтөрдүн вектордук суммасы топурактын кесүүгө каршылык жалпы күчүн бериши менен айырмаланган формула сунушталды. Биринчи жолу колдонулуп жаткан топурак «кесүү узундугу» параметрин негизинде математикалык регрессиялык моделдер аныкталган, алар таш кошундулуу топурактын талкалануусунун локалдык энергия сыйымдуулугун болжолдойт. Ыңгайлуу жана атайын тиштери бар чөмүч иштелип чыккан, алар ташты жер бетине интенсивдүү түрдө чыгарышы, ташты ныгырууда, анын үстүн жанып өтүшү менен айырмаланат.

**Пайдалануу даражасы:** иштин жыйынтыгы КР ТжК министрлигине караштуу "Автожол" МИ Таластагы филиалы, №47 ЖЭИ, Талас шаарынын коммуналдык кызматтарды көрсөтүү боюнча МИ жана И. Раззаков атындагы КМТУнун окуу процессине кабыл алынды.

**Колдонуу чөйрөсү.** Таш кошундулуу топурактарды казуу, таш кошундулуу топурактарды иштетүүдө техникалык чечимдерди жана технологияларды комплекстүү баалоо, жер казуучу машиналар менен таш кошундулуу топурактарды казууну автоматташтыруу.

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Тургунбаева Мелисбека Сыргабаевича на тему: «Научные основы теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины**

**Ключевые слова:** связный дисперсный грунт, каменистое включение, теория резания, землеройная машина, рабочий орган, сила сопротивления грунта резанию, локальная энергоемкость разрушения, математические регрессионные модели, эффективность разработки.

**Объект исследования:** резание грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин.

**Предмет исследования:** теория резания и закономерности разрушения грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин.

**Цель работы:** разработка научных основ теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин путем проведения теоретических и экспериментальных исследований, установления закономерностей процесса разрушения грунтов с каменистыми включениями.

**Методы исследования и аппаратура:** методы системного подхода, системного анализа, математической статистики и теории вероятностей, математического моделирования, систематизация, классификация, одно и многофакторный эксперименты, статистическое моделирование.

Экспериментальные исследования проводились с использованием комплекса современных измерительных аппаратур и приборов.

**Полученные результаты и их новизна:** Предложена формула, отличающаяся тем, что поверхность каменистого включения разбиваются на элементарные пояса, на которые действуют отпор грунта, векторная сумма которых, формирует общую силу сопротивления грунта резанию. Предложены математические регрессионные модели, отличающиеся тем, что прогнозируют локальную энергоемкость разрушения грунтов с каменистыми включениями, на основе впервые введенного и используемого параметра «длины резания» грунта. Разработаны конструкции ковшей с адаптируемыми и специальными зубьями, отличающиеся тем, что при разрушении грунта, каменистое включение интенсивно выводится на дневную поверхность и поверхность камня обходится при вдавливании его в массив грунта, приводящие к снижению локальной энергоемкости разрушения грунтов.

**Степень использования:** результаты работы приняты к внедрению Таласским филиалом ГП «Автожол» и ДЭП №47 при МТи К КР, муниципальным предприятием по оказанию коммунальных услуг г. Талас. Результаты исследований используются в учебном процессе КГТУ им. И. Раззакова.

**Область применения.** Разработка грунтов с каменистыми включениями, комплексная оценка совершенства технических решений и технологии, автоматизация разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами.

## SUMMARY

**of Turgunbaev Melisbek Syrgabaevich dissertation on the topic: «Scientific foundations of the theory of cutting soils with stony inclusions by working bodies of earthmoving machines» for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.05.04 – road, construction and lifting and transport machines**

**Keywords:** cohesive dispersed soil, rocky inclusion, cutting theory, earthmoving machine, working body, strength of soil resistance to cutting, local energy intensity of destruction, mathematical regression models, development efficiency.

**The object of the study:** cutting of soils with rocky inclusions by working bodies of earthmoving machines.

**Subject of research:** the theory of cutting and the patterns of destruction of soils with rocky inclusions by the working bodies of earthmoving machines.

**The purpose of the work:** to develop the scientific foundations of the theory of cutting soils with stony inclusions by working bodies of earthmoving machines, by conducting theoretical and experimental studies, establishing patterns of the process of destruction of soils with stony inclusions. The destruction of a cohesive dispersed soil by the working body of an earthmoving machine.

**Research methods and equipment:** Methods of a systematic approach, system analysis, mathematical statistics and probability theory, mathematical modeling, systematization, classification, single and multifactorial experiments were used. Experimental studies were carried out using a complex of modern measuring instruments and instruments.

**The results obtained and their novelty:** A formula has been proposed, characterized in that the surface of a rocky inclusion is divided into elementary spherical belts, which are subject to soil resistance, the vector sum of which forms the total force of soil cutting resistance. Mathematical regression models are proposed, which differ in that they predict the local energy intensity of destruction of soils with rocky inclusions, based on the first introduced and used parameter - the length of soil cutting. Designs of buckets with adaptable and special teeth have been developed, characterized in that when the soil is destroyed, the rocky inclusion is intensively brought to the surface and the surface of the stone is bypassed when it is pressed into the soil mass, leading to a decrease in the local energy intensity of soil destruction.

**Degree of use:** the results of the work were accepted for implementation by the Talas branch of the State Enterprise «Автожол» under the Ministry of Transport and Communications of the Kyrgyz Republic, road maintenance enterprise 47, municipal utility company Talas. The research results are used in the educational process of I. Razzakov KSTU in the training of specialists in the field of «Ground transport and technological machines and complexes».

**The scope of application:** Development of soils with rocky inclusions, comprehensive assessment of the perfection of technical solutions and technology, automation of the development of soils with rocky inclusions by earthmoving machines.

## **КЫСКАРТУУЛАРДЫН ЖАНА БЕЛГИЛӨӨЛӨРДҮН ТИЗМЕСИ**

Диссертациянын авторефератында төмөнкү кыскартуулар жана белгилер кабыл алынган:

- ФЕЕ - жер казуу ишинин фундаменталдык теңдемеси;
- БМ - бөлүштүрүү мыйзамы;
- ЖМ - жер казуучу машина;
- ЖЭИ - жол-эксплуатациялык ишкана;
- КР - Кыргыз Республикасы;
- ТК - таштуу кошунду;
- Топурак - байланышкан дисперстик топурак;
- ТФЭ - толук фактордук эксперимент;
- ЧДА - чыңалган деформацияланган абал;
- ЧЧА - чектүү чыңалуу абалы;
- ЭИПК - эл аралык илимий-практикалык конференция.

**Тургунбаев Мелисбек Сыргабаевич**

**Таштарды камтыган топурактарды жер казуучу  
машиналардын жумушчу органдары менен кесүү  
теориясынын илимий негиздери**

05.05.04 - жол, курулуш жана көтөрүп-ташуучу машиналар

Техника илимдеринин доктору илимий даражасын изденип  
алуу үчүн жазылган диссертациянын  
**Авторефераты**

Редактор: А.Б.Аманкулова

Басып чыгарууга кол коюлду 05.02.2025-ж.  
Форматы 60x84 1/16. Көлөмү 2,5 эсеп-басма табак.  
Офсеттүү басма. Офсеттүү кагаз  
Нускасы 100 даана. Буйрутма 136

---

720020, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34, б  
И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети