

**МИЛЛИЙ ТЕХНОЛОГИК ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ
«МИСИС» НИНГ ОЛМАЛИҚ ШАҲРИДАГИ ФИЛИАЛИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
ТУЗИЛГАН БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

РАХИМОВ ШЕРЗОД ШАВКАТОВИЧ

**ЕР УСТИ ЛАЗЕРЛИ СКАНЕРЛАШ ВОСИТАСИДА ОЧИҚ КОН
ОБЪЕКТЛАРИНИНГ 3D МОДЕЛИНИ ЯРАТИШНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

04.00.09 – Маркшейдерия

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

Олмалиқ – 2021

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

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

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

Рахимов Шерзод Шавкатович

Ер усти лазерли сканерлаш воситасида очиқ кон объектларининг 3D моделини яратишни такомиллаштириш..... 3

Рахимов Шерзод Шавкатович

Совершенствование методов создания 3D моделей объектов открытых горных работ на базе наземного лазерного сканирования..... 21

Rakhimov Sherzod Shavkatovich

Improvement of methods for creating 3D models of open mining objects on the basis of laserscanning..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

**МИЛЛИЙ ТЕХНОЛОГИК ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ
«МИСИС» НИНГ ОЛМАЛИҚ ШАҲРИДАГИ ФИЛИАЛИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
ТУЗИЛГАН БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

РАХИМОВ ШЕРЗОД ШАВКАТОВИЧ

**ЕР УСТИ ЛАЗЕРЛИ СКАНЕРЛАШ ВОСИТАСИДА ОЧИҚ КОН
ОБЪЕКТЛАРИНИНГ 3D МОДЕЛИНИ ЯРАТИШНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

04.00.09 – Маркшейдерия

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

Олмалиқ – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №B2021.2.PhD/T2214 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.misis.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Сайидқосимов Сайиджаббор Сайидқосим угли
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Нурпеисова Маржан Байсановна
техника фанлари доктори, профессор
Мамажанов Мадридбек Мамажанович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: «O'zGEORANGMETLITI» ДУК

Диссертация ҳимояси Миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС»нинг Олмалиқ шаҳридаги филиали ҳузуридаги DSc.22/30.12.2019.T.98.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «23» июл соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 110101, Олмалиқ шаҳри, Амир Тему́р кўчаси, 56-уй. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: afnitumisis@mail.ru.

Диссертация билан Миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС»нинг Олмалиқ шаҳридаги филиалининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (20-07-Д-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 110101, Олмалиқ шаҳри, Амир Тему́р кўчаси, 56-уй. Тел.: (70) 614-22-57.

Диссертация автореферати 2021 йил «6» июл куни тарқатилди.
(2021 йил «6» июл «7» рақамли реестр баённомаси)



Ф.Я. Умаров

Илмий даражалар берувчи бир марталик
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д, доцент

Г.С. Нутфуллоев

Илмий даражалар берувчи бир марталик
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н., доцент

Ш.Ш. Заиров

Илмий даражалар берувчи бир марталик
Илмий кенгаш қошидаги бир марталик
Илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда кончилик ишларини очик усулда бехатар олиб бориш ва геомеханик хавфликни прогноз баҳолаш карьер бортлари устуворлигини таъминлаш муаммосининг долзарб масаласи ҳисобланади. Кончилик соҳасидаги технологияларни жадал ривожланиши, фойдали қазилмаларни қазиб олишни ўсишига олиб келмоқда ва ўз навбатида кончилик ишларини олиб бориш технологиясини такомиллаштириш, маркшейдерлик тасвирга олиш ишларини бажаришда хавфсизликни оширишни тақазо этмоқда. Шу сабабли ер устидан лазерли сканерлаш технологияси доирасида масофавий асбоблардан фойдаланиш ва очик кон объектларининг 3D моделини яратиш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда комплекс ўрганиш ва сейсмофаол зоналардаги гравитацион-тектоник кучлар ва кончилик ишларни олиб бориш динамикаси таъсири остидаги борт атрофи массивида содир бўлаётган геомеханик жараёнларни доимий назорат қилиш ишлари бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, жойлардаги ўлчаш ишларининг тезкорлигини сезиларли даражада ошириш, бориб бўлмас ва хавfli зоналарда тасвирга олиш ишларини бажариш, карьер бортини лазерли сканерлаш ва анъанавий инструментал кузатишларни қўллаш негизида карьер борт атрофи массиви устиворлик ҳолатини ўрганишнинг комплекс маркшейдерлик усулларини ишлаб чиқиш, карьер борти уч ўлчамли моделини босқичма-босқич қуриш ва ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикада анъанавий маркшейдерлик технологиялари асосида карьер борти геомеханик ҳолатини мониторинг қилиш, карьер бортлари устуворлигини таъминлаш ва прогнозлаш учун сифат жиҳатдан янгича ёндашувни ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш, борт атрофи массивидаги геомеханик жараёнларни мониторинг тизимини ишлаб чиқиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Қарорида¹ «саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...» бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, очик кон ишлари объектларини ер устида лазерли сканерлаш натижасида уч ўлчамли моделларини яратишнинг методологик асосини танлаш, карьер бортини лазерли сканерлаш ва анъанавий инструментал кузатишларни қўллаш негизида карьер борт атрофи массиви устиворлик ҳолатини ўрганишнинг комплекс маркшейдерлик усулларини ишлаб чиқиш, очик кон ишлари объектларини ер устида лазерли сканерлаш

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари» тўғрисидаги Қарори

технологиясидан фойдаланиш негизида, карьер борти уч ўлчамли моделини босқичма-босқич қуриш илмий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси», 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «Ишлаб чиқаришни структуравий қайта тузиш, модернизациялаш ва диверсификациялашни таъминлаш бўйича 2015-2019 йилларга мўлжалланган чора-тадбирлар дастури» тўғрисидаги Фармонлари ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Лазерли сканерлаш технологияси маркшейдериянинг янги йўналиши сифатида кўпгина олимларда қизиқиш уйғотади. Мазкур илмий йўналиш ривожига қуйидаги олимлар қатта ҳисса қўшдилар: Антипов И. Т., Гук А. П., Гусев В.Н., Дробышев Ф. В., Дубиновский В. Б., Журкин И. Г., Карпик А. П., Ключин Е. Б., Лисицкий Д. В., Лобанова А. Н., Лысенко Ф. Ф., Михайлова А. П., Нехин С. С., Нурпеисова М.Б., Погорелова В. В., Пяткин В. П., Савиных В. П., Середович В. А., Трубина Л. К., Тюфлин Ю. С., Чекалин В. Ф., Чибуничев А. Г., Ямбаев Х. К., Boehler W., Gruending L., Ingensand H., Lichti D., Milev I., Norton J., Rietdorf A., Riegl J., Ullrich A., Zlatanova S., Zamechikova M. ва бошқалар. Россияда лазерли сканерлаш усуллари пайдо бўлиши ва ривожланишига Сибир давлат геотизимлар ва технологиялар университети, Иркутск илмий-тадқиқот техника университети худудий марказ мутахассислари сезиларли ҳисса қўшдилар.

Лазерли сканерлаш соҳасидаги эълон қилинган адабиётларда тарқоқлик ва тўлиқ тизимли тадқиқотлар камёб бўлиб, умумий назарий ва технологик асос яратилмаган. Кўпчилик нашрлар лазерли сканерлашни соҳа амалиётига қўлланишига бағишланган. Уларда съёмка объекти, олинадиган маҳсулот тури, лазерли сканерларнинг моделлари ва дастурий маҳсулотлар ўз ифодасини топган. Мазкур диссертацион тадқиқотда лазерли съемкалар технологик операцияларининг тезлиги ва аниқлиги бўйича кончилик ишлари талабларига мослаиб, карьер борти устуворлигининг геомеханик мониторинги назарий ва амалий таъминланган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот режасининг №ЮР57/13 «Қалмоқир карьерининг шимолий ва

шимолий-ғарбий бортларининг устуворлигини карьер контурига туташган сув тармоқлари ва сувга тўлган Кўрғошинкон карьеридан сизот сувлар таъсирини инобатга олган ҳолда комплекс баҳолаш» ва №02-2747 «Фойдали қазилма конларини оқилона, комплекс ва бехатар қазиб олишни маркшейдерлик таъминотининг илмий асослари» мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади карьердаги деформацион жараёнларнинг содир бўлишини мониторинг қилиш ва прогнозлаш учун лазерли сканерлашни қўллаб, очиқ кон ишлари объектларининг такомиллашган 3D моделини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

очиқ кон ишлари объектлари учун 3D моделларни яратишнинг усул ва халқаро илмий-амалий тажрибасини таҳлил қилиш;

очиқ кон ишлари 3D моделини яратиш ва сканерлаш маълумотларини қайта ишлаш учун қўлланиладиган асосий дастурий материалларни таҳлил қилиш;

очиқ кон ишлари объектларини ер устидан туриб лазерли сканерлаш натижасида уч ўлчамли моделларини яратишнинг методологик асосини танлаш;

карьер бортини лазерли сканерлаш ва анъанавий инструментал кузатишларни қўллаш негизида карьер борт атрофи массиви устиворлик ҳолатини ўрганишнинг комплекс маркшейдерлик усулини ишлаб чиқиш;

кончилик ишларини бехатар олиб боришга йўналтирилган карьер борти ва поғона қиялиги ҳолатини замон ва макон ўлчамида баҳолаш мақсадида очиқ кон ишлари объектларини ер устидан туриб лазерли сканерлаш технологиясидан фойдаланиш негизида карьер борти уч ўлчамли моделини босқичма-босқич куриш ва ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Харанут кўмир разреза, Ангрэн кўмир разреза ва Қалмоқир карьеридаги борт атрофи массиви танланган.

Тадқиқотнинг предмети карьер борти атрофи мониторингига инфорацион асос бўлиб хизмат қиладиган ер устидан туриб лазерли сканерлаш негизида яратилган очиқ кон ишлари объектининг 3D моделларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация тадқиқотида лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитларида назарий ва тажрибавий тадқиқотлари, тизимли таҳлил ва синтез усуллари, математик моделлаштириш, тадқиқот натижаларини математик статистика ва корреляцион таҳлил қилиш, жойлардаги экспериментал ишлар, тадқиқ қилинадиган чуқур карьер бортларини систематик инструментал кузатувлар негизида объектларни уч ўлчамли моделлаштиришдан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

карьер борти атрофидаги геомеханик жараёнларни мониторинги учун ягона инфорацион макон тузишнинг талаб қилинган аниқлигини таъминлайдиган очиқ кон объектларини лазерли сканерлашдан фойдаланиб, 3D моделини яратиш алгоритми ишлаб чиқилган;

тасодифий функциялар статистик назариясидан фойдаланиш негизида натижавий модел аниқлигини назоратлаб, яқин нуқталарни итератив алгоритм бўйича сканларини ўзаро ориентирлаш орқали очиқ кон ишлари объекталарининг модели яратилган;

ишлаб чиқилган комплекс маркшейдерлик кузатувларни қўллаш негизида тоғ жинслари деформацияланишини замон ва макон улчамида ривожланишини прогнозлаш ва уларни тавсифини ҳисобга олган ҳолда тектоник ва техноген омиллар бўйича кузатиш тўхтамларини ўрнатиш жойлари асосланган;

карьер борти устуворлигини прогнозлашни эҳтимоли ва ишончлилигини оширувчи лазерли сканерлаш негизида, илғор информацион технологияларни ўз ичига олган борт атрофи массивидаги геомеханик жараёнларни мониторинг тизими такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

очиқ кон объектларини лазерли сканерлашнинг талаб даражасида аниқлигини таъминлайдиган ягона информацион макон яратилган;

очиқ кон ишлари объектларининг натижавий моделининг аниқлигини назорат қилиш учун тасодифий функциялар статистик назарияси ишлаб чиқилган;

чуқур карьер бортини лазерли сканерлаш воситасида уч ўлчамли моделини тузиш орқали унинг устуворлигини прогнозлашнинг эҳтимоли ва ишончлилиги ишлаб чиқилган;

ер устидан туриб лазерли сканерлаш негизида олинган 3D моделлардан карьердаги кончилик ишлари ривожини жорий ва истиқболи режалаштириш ва бажарилган ишларнинг ҳажмини маркшейдерлик ҳисобини юритишда фойдаланиш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Илмий қоида, хулоса ва тавсиялар карьер борти атрофи массивининг ҳолатини маркшейдерлик-геодезик инструментал кузатиш натижаси билан тасдиқланиши, амалий математика, математик статистика, геомеханика ва маркшейдерлик иши фанлари фундаментал қоидаларига асосланган назарий тадқиқотлар, шунингдек ишлаб чиқилган услублар ва тавсияларнинг амалиётга жорий қилиш натижалари билан исботланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти 3D моделлаштириш негизида чуқур карьер бортлари устуворлигини мониторинг қилишнинг информацион таъминоти имкониятларини кенгайганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти карьер борти атрофи массиви геомеханик мониторингини информацион асоси сифатида хизмат қиладиган очиқ кончилик ишлари объектларининг 3D моделларини лазерли сканерлаш негизида яратиш усулини такомиллаштиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ер устидан лазерли сканерлаш воситасида очиқ кон объектларининг 3D моделини яратишни такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ишлаб чиқилган услубий тавсиялар ва меъёрий йўриқномалар карьер бортлари устуворлигини таъминлаш ва лойиҳавий ечимлар қабул қилишда, кончилик ишларини беҳатар олиб бориш, жорий ва истиқболли режалаштириш Харанут ва Ангрэн кўмир разрезларида амалиётга жорий этилган («Ўзбеккўмир» АЖнинг 2020 йил 24 ноябрдаги 01-13/1527-сон маълумотномаси). Натижада, кончилик корхонасининг маркшейдерлик ишлари самарадорлиги ва кон-графикавий ҳужжатларнинг сифатини яхшилаш, лойиҳавий ҳужжатларни тайёрлаш муддатини камайтириш, кўмир қазиб олинган разрезларда ягона информацион макон яратиш, кон захирасининг ва бажарилган кончилик ишларининг ҳажми ҳисобини юритиш аниқлигини ошириш имконини берган;

кон ишларини бошқариш ва лойиҳалаш учун карьерларни уч ўлчамли модель технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг «2022-2023 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича ишланмалар рўйхати» га киритилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2021 йил 18 мартдаги ХА-002451-сон маълумотномаси). Натижада, карьер борти устуворлигини прогнозлаш ишончилигини ошириш ва кончилик ишларини беҳатар олиб бориш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та республика ва 3 та халқаро миқёсидаги илмий-амалий ва илмий-техникавий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола нашр этилган, жумладан 3 та Республика нашрларида ва 1 та хорижий журналларда.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Масалани ўрганилганлигининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида ер устидан туриб лазерли-сканерли сьемка тўғрисида умумий маълумотлар келтирилган. Сканларни ташқи ориентациялаш масаласи ёритилган ва унинг мавжуд усуллари шарҳланган.

Ҳозирги вақтда топографо-геодезик ишларни бажариш технологияси замонавий ўлчаш воситалари, компьютер ва интернет технологияларни қўллаш ҳисобига кескин ўзгариб бормоқда. Автоматик комплекслар олд планга чиқмоқда, қайта ўлчаш ва маълумотларни қайта ишлаш, интерпретациялаш ва моделлаштириш имкониятлари яратилмоқда. Шунинг билан бирга кўпгина объектлар учун ўлчаш натижаларини уч ўлчамли моделлар шаклида тақдим этиш долзарб масала бўлиб қолмоқда. Бундай масалалар ер устидан туриб лазерли сканерлашни қўллаб мувофақиятли ечилиши мумкин.

Кончилик соҳаси ер устидан туриб лазерли сканерлаш маҳсулотини фаол истемолчиси ҳисобланади. Айнан шу жойда технологиянинг рақамли моделларига бўлган талаб пайдо бўлади ва у геомониторинг, лойиҳалаш, кончилик ишларини бехатар олиб бориш каби масалаларни ечишда қўл келади.

Ер устидан туриб лазерли сканерлаш янги услуб бўлганлиги сабабли, унинг воситасида очик кон ишлари объектларини рақамли моделларини яратишни тайёр методикаси шаклланмаган.

Маркшейдерлик съёмкаларнинг янги йўналиши бўлмиш ер устидан туриб лазерли сканерлаш кўпгина тадқиқотчилар томонидан қизиқиш уйғотган.

Бу йўналишда Антипов И.Т., Гук А.П., Гусев В.Н., Дробышев Ф.В., Дубиновский В.Б., Журкин И.Г., Карпик А.П., Ключин Е.Б., Лисицкий Д.В., Лобанова А.Н., Лысенко Ф.Ф., Михайлова А.П., Нехин С.С., Нурпеисова М.Б., Погорелова В.В., Пяткин В.П., Савиных В.П., Середович В.А., Трубина Л.К., Тюфлин Ю.С., Чекалин В.Ф., Чибуничев А.Г., Ямбаев Х.К., Boehler W., Gruending L., Ingensand H., Lichti D., Milev I., Norton J., Rietdorf A., Riegl J., Ullrich A., Zlatanova S., Zamechikova M. ва бошқалар томонидан амалга оширилаётган ишлар эътиборга лойик. Россияда лазерли сканерлаш усуллари пайдо бўлиши ва ривожланишига Сибир давлат геотизим ва технологиялар университети, Иркутск миллий илмий-тадқиқот техника университети худудий маркази мутахассислари сезиларли ҳисса қўшдилар.

Лазерли сканерлашга бағишланган кўпгина тадқиқотлар тарқоқлиги ва тўлиқ эмаслиги сабабли тизимли ёндашув талабларига етарлича жавоб бермайди ва назарий ҳамда технологик асосни очмайди. Кўпгина нашрлар лазерли сканерларни амалиётда қўллашга бағишланган. Эълон қилинган материалларда съёмка объектлари учун олинадиган маҳсулот тури, қўлланиладиган лазерли сканерларнинг моделлари, дастурий маҳсулотлар келтирилган. Таҳлилдан келиб чиқиб, диссертацион тадқиқотларда лазерли съёмканинг технологик операцияларини бажарилиш аниқлиги ва тезкорлигини мос келтириш муаммоси тизими тақдим этилган бўлиб, улар кончилик ишлари талабларига мослаштирилган карьер борти устуворлигини прогнозлаш мақсадида геофазовий маълумотларни йиғиш учун лазерли сканерлашнинг усуллари ва технологияси ишлаб чиқилган.

Диссертациянинг «**Лазерли сканерлаш тизимидан фойдаланиб, уч ўлчамли моделларни яратишни асослаш**» деб номланган иккинчи бобида ер устидан туриб лазерли сканерлаш тизимлари ва уларнинг техник

характеристикалари тўғрисида маълумотлар келтирилган. Жумладан, таъсир масофаси, ўлчашни бажариш тезлиги, кўриш майдони бурчаги, сканерлашнинг минимал қадами ва масофани ўлчаш аниқлиги кабилар назарда тутилган. Лазерли сканерлашда масофани ўлчашдаги пайдо бўладиган асосий хатолик манбалари кўрсатиб берилган. Ер устидан туриб лазерли сканерлаш натижаларининг аниқлиги априор баҳоланган. Лазерли сканерлаш натижасида очиқ кон ишлари объектларини уч ўлчамли рақамли моделлари методикасини яратиш масаласи кўрилган.

Ер устидан туриб лазерли сканерлашнинг моҳияти юқори тезлик билан сканердан объектгача бўлган масофани ўлчаш, мос йўналишларни рўйхатга олишдан иборат. Лазерли сканерлаш ишининг натижасида уч ўлчамли тасвир олинади ва у скан деб аталади. Лазерли сканерлаш воситасида олинган тасвирлар катта ҳажмдаги информацияга эга бўлиб, баъзанда у ортиқча ҳам бўлади. Лазерли сканерлаш объектида информацияни йиғиш жараёни тўлиқ автоматлаштирилган бўлади.

Лазерли сканерларни ишлаб чиқаришда қўллаш янги атама ва қоидаларни келтириб чиқарди. «Сканер тармоғи» – олдинги скан билан кейинги сканни боғловчи нуқталар координаталари тизимининг трансформациясидан иборат бўлади.

Ҳозирги вақтда уч ўлчамли лазерли сканерлаш учун асбобларни кўпгина фирмалар ишлаб чиқармоқда, лекин RIEGL фирмаси ишлаб чиқараётган асбобларнинг барча турлари кончиликда ишлатса бўладиганлар. Улар объектдан қайтган сигнални рақамланиш алгоритми, тўлқин шаклини тезкор таҳлили туфайли юқори аниқликда ўлчаш ишларини амалга оширади ва ўлчашдаги иш унумдорлигини, ҳатто мураккаб атмосфера шароитида ва қайтарма сигналлар кўплигига қарамасдан, ошириш имконини яратади.

Ер устидан туриб лазерли сканерлаш натижаларининг аниқлигини баҳолаш долзарб бўлиб, бугунги кунда масала чуқур ўрганилмаган ҳисобланади. Ер устидан туриб сканерлаш натижаларига қуйидаги хатолик манбалари таъсир кўрсатади: ҳарорат, босим ва ҳаво намлигининг ўзгаришлари. Булар иш жараёнида инобатга олинishi шарт. Сиртларнинг нур қайтариш қобилятлари ҳам сканерли ўлчашлар аниқлигига салбий таъсир кўрсатади.

Сканерли ўлчаш хатоликларининг таҳлили шуни кўрсатадики, съёмка нуқталарининг ўрнини аниқлашнинг ўрта квадратик хатолиги горизонтал ва вертикал текисликдаги асосий ва иш таянч тармоқларини тузишдаги хатоликларга боғлиқ. Ер устидаги лазерли сканерлаш ва объектгача бўлган масофа аниқлигини инобатга олган ҳолда, тасвир нуқталарининг ўзаро ҳолати хатолиги 60 – 100 мм гача бўлиши мумкин. Битта тўхтадан туриб олинган тасвир нуқталарининг ўзаро ҳолатини аниқлашнинг ўрта квадратик хатоси 10 – 50 мм гача бўлиши мумкин.

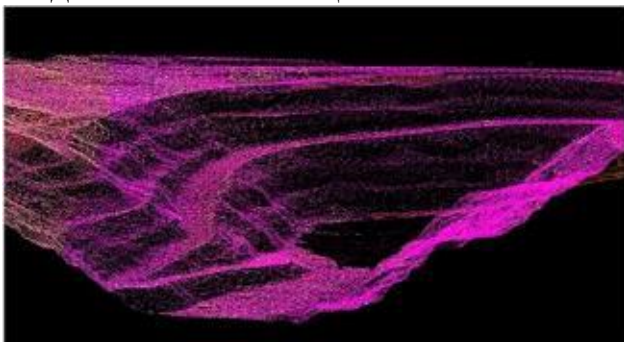
Қаттиқ танали объектлар кўринишида намаён бўлган технологик қурилмалар уч ўлчамли моделини тақдим этишнинг энг қўллаш шакли бу рақамли моделлардир.

Диссертацион тадқиқотларда жойнинг рақамли моделлари тўғрисидаги маълумотлар умумлаштирилиб, жойнинг уч ўлчамли моделлари, рақамли топографик планлар ва хариталар ҳамда уларнинг аниқликларига бўлган талаблар келтирилган.

Ўрганиладиган объектларнинг рақамли моделлари ва уч ўлчамли координаталарни олиш технологияси ҳамда замонавий асбоблар шархи, шу жумладан, теодолит, тахеометрик съемкалар, аэрофототопографик съемка, ер устидан ва ҳаводан туриб лазерли сканерлаш ишлари шархланган.

Таклиф қилинаётган усулда яратилган рақамли уч ўлчамли модел фрагменти 1-расмда келтирилган.

Бажарилган экспериментал ва ишлаб чиқариш шароитидаги тадқиқотлар асосида сканер тўхтамини ўрни, сканерлаш қадами, абрисни тузиш, планда ва баландлик бўйича таянч ва съемка тармоғини тузишни ўз ичига олган ер усти лазерли сканерлашдан фойдаланиб, карьер объектларини съемка қилиш методикаси ишлаб чиқилган.



1-расм. Уч ўлчамли рақамли модел фрагменти

топографик харита ва планлар, уларнинг аниқлигига бўлган асосий талаблар ҳамда ер устидан туриб лазерли сканерлаш маълумотлари негизида кончилик корхонаси объектлари рақамли моделини яратиш ва сканер билан тасвирга олиш методикаси ишлаб чиқилган ва қўллаш учун тавсиялар берилган.

Ер устидан туриб лазерли сканерлаш бўйича ишларни олиб бориш учун карьернинг тўлиқ чўзиқлиги бўйлаб махсус тайинли таянч тармоғи (базали тўхтама) юқори аниқликдаги WGS-84 координаталарнинг ўзаро жойлашган тизими ташкил этилган. Базали тўхтама пунктлари давлат таянч тармоғи пунктлари билан устма уст келтирилиб, улар жойда узоқ муддатли марказлар билан мустаҳкамланган (маркази эгик метали труба).

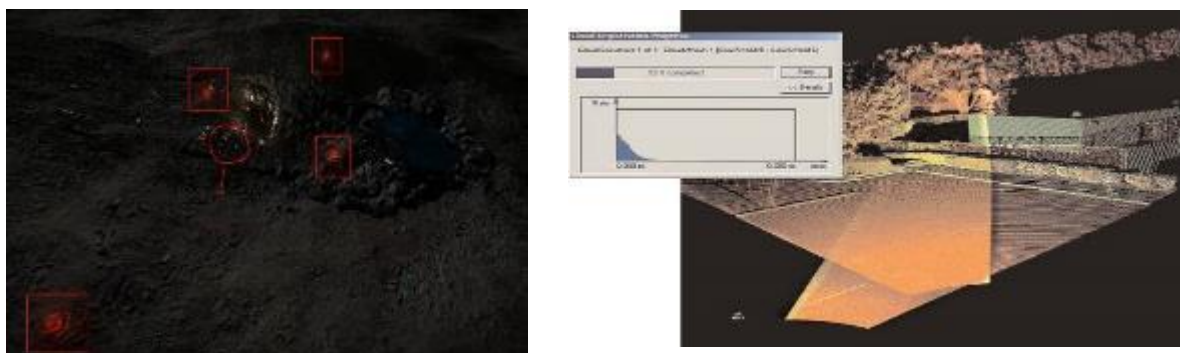
Тўлиқ нуқтали моделни шакллантириш учун геофазовий информацияни максимал эгаллаш, сканернинг махсус маркаларини тўғридан тўғри кўриниши (улар қўлланилганида) «Ўлик зоналарни» пайдо бўлишлигини минималлаштиришга эришиш ер устида лидарни жойлаштиришнинг умумий шарти ҳисобланади (2-расм).

Кўмир қазиб оладиган корхона-разрез бортини съемкаси ер устидан туриб лазерли сканерлайдиган RIEGL LMS-Z420I тизимдан фойдаланиб амалга оширилган.

Ер устидан туриб лазерли сканерлашнинг тахеометрик ва бошқа ер устидаги тасвирга олиш турларига нисбатан авфзаллиги қуйидагилардан

Диссертациянинг учинчи боби «**Очиқ кончилик ишлари объектларини ер устидан туриб лазерли сканерлаш усулини такомиллаштириш**»га бағишланган бўлиб, унда жойнинг рақамли моделлари тўғрисидаги маълумотлар умумлаштирилиб, жойнинг уч ўлчамли модели, рақамли

иборат: ихчам, мустаҳкам, тежамли; ягона ижрочи томонидан ишлар бажарилади; оний уч ўлчамли визуализация; юқори аниқлик; тенгсиз тўлиқ натижа; маълумотларни тезкор тўплаш; хавфли ва бориш қийин бўлган участкаларни тасвирга олишдаги қулайликлар.



2-расм. Кон ишланмалари фрагментидаги нуқтавий моделларда «ўлик зона» кўриниши

Маълумотларни тўплаш ва объектни уч ўлчамли ер устидан туриб лазерли сканерлаш усулида моделлаштиришнинг материал харажатлари унчалик катта бўлмаган участкаларда анъанавий усулларда бажариладиган сьемка усуллари билан бир хил, лекин катта участкаларда камроқ.

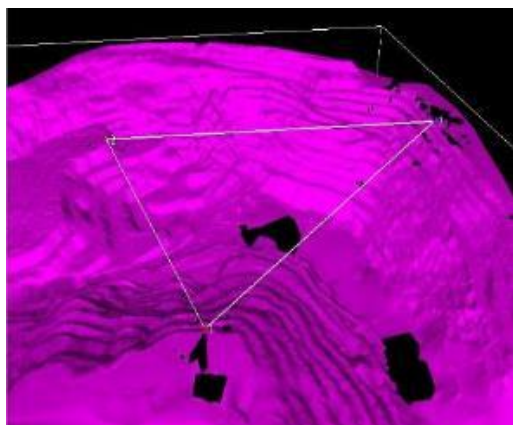
Харажатлар таққосли бўлган тақдирда ҳам, ер устидан туриб сканерлашдаги аниқлик ва тўлиқлик объектни лойиҳалаш, қуриш ва ўзгартириш босқичларидаги қўшимча харажатлардан холи бўлишга имкон яратади. Вақт нуқтаи назаридан таққосга ўрин йўқ, чунки тезкорлилик ўн баробар ва ундан ортиқ.

Сканерлашни бошқариш сканер координаталар тизимини трансформациялаш RISCAN PRO ва MicroStation дастурий таъминотида амалга оширилади ва сканер билан бир комплектда тақдим этилади.

Лазерли-сканерлаш сьемкаларини амалга ошириш тажрибасидан келиб чиқиб, таъкидлаш мумкинки, инклинометрнинг кўрсаткичлари ва маркалар жуфтлигининг координатли ҳолати ўзаро ориентациялашнинг классик тасавури билан таққосласа бўладиган даражада (танланган мўлжалларни координатали сканерлаш каби). Тадқиқот доирасида ер устидан туриб сканерлаш маълумотларини ориентирлаш усуллари таққослаш амалга оширилган.

Карьер бортини сканерлаш учун 3 та тўхтам нуқтаси даркор (3,4 расмлар). Сканда танланиши керак бўлган барча кон лаҳимлари ва уларнинг элементлари кўрилади. Ҳар бир тўхтамда сканерлаш уч босқичда амалга оширилади: 1) панорамали сканни бажариш; 2) панорамали сканда акс этган маркани таниб олиш ва уларни топиш аниқлигини ошириш мақсадида юқори зичликда сканерлаш; 3) панорамали сканда сьемка қилинадиган участкани белгилаш ва уни зарур бўлган зичликда сканерлаш.

Сканларни кўндиришда улардаги сояланган участкалар, барча деталларнинг кўриниши бўйича назорат ўтказилади.



3-расм. Сканпозицияни жойлашуви



4-расм. Лазерли аксадаги скан-булут нукталар

Тўлиқ назорат тайёр материални узатишдан олдин жой билан таққослаш орқали амалга оширилади. Бунда информацияни етишмаслиги ёки ориқчалиги қайд этилади.

Объектнинг сьемка билан қопланганлиги барча сканерларда аниқланган хусусиятсиз лазерли нукталар йиғма файли бўйича назорат қилинади.

Рақамли моделлаштириш бу махсус дастурий маҳсулотлардаги мавжуд мос функциялар танланмасидан тўғридан-тўғри фойдаланишга боғлиқ бўлган жараён.

Айтиш мумкинки, ер устидан туриб лазерли сканерлаш негизидаги уч ўлчамли моделлаштириш бевосита нукта булутлари бўйича элементларни уларда белгилаш йўли билан ёки фототасвирлар ёрдамида амалга оширилади. Бундан ташқари ишончли модел олиш учун (тадқиқ этилаётган объектнинг компьютер дубликати) ушбу усуллар бир-бирини тўлдириши мумкин.

Объектнинг уч ўлчамли рақамли моделини яратиш учун асосий инструмент сифатида лойиҳалашнинг автоматлаштирилган тизимидан AutoCAD, AutoCAD Civil 3D нукталар булутининг трансформацияси мазмунан рақамли модел бўлиб, лойиҳада қабул қилинган шартли координаталар тизимидаги реал 3D координатага эга.

MicroStationда, ишлангандан кейин тузилган рельеф модели 1м² га 9 та нуктадан иборат ўртача зичликга эга. Бундай зичлик рельеф элементларининг амалдаги геометрик параметрлари ҳақида тўлиқ тасаввур беради.

Рельефнинг характерли контурларини уч ўлчамли моделлаштириш AutoCAD Civil 3D муҳотида қайта ишлаш орқали амалга оширилади. Қўлга киритилган информация дастурий таъминот воситасида кончилик ишларини ривожлантириш ва олиб боришда карьер ва тоғ жинслари ташланмаларидаги маркшейдерлик ўлчамлари ўхшаш хилма-хил маълумотларнинг коммуникацион форматларини қўллаб-қуватлашда, экскавациялаш ишларини кузатишда, юмшалиш коэффицентини ҳисоблашда, кончилик ишлари объектларини моделлаштириш учун маълумотларни чиқариб олишда фойдаланилади.

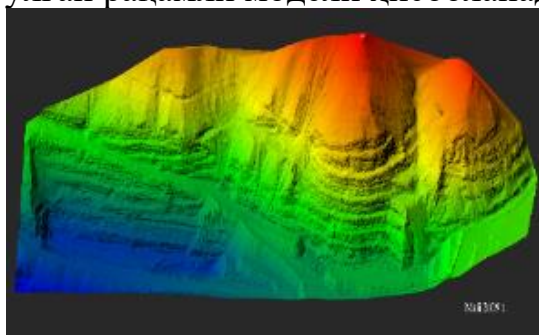
Диссертациянинг тўртинчи боби «**Чуқур карьерлар массивининг устуворлигини прогнозлашда ер устидан туриб лазерли сканерлаш**

натижаларини кўллаш» га бағишланган бўлиб, унда МЧЖ «Харанут», Қалмоқир каби чуқур карьерлардаги очик кон ишларининг замонавий ҳолати ва борт атрофи массивининг мониторинги ҳамда унинг информацион тизими тўғрисида маълумотлар келтирилган. Очик кон ишлари объектларининг уч ўлчамли рақамли моделини яратиш масалалари кўрилган. Ўрнатилган кузатиш тўхташларида мунтазам инструментал ўлчашлар олиб бориш, кўрилган тўхташ пунктларида кузатиш тартибини инобатга олган ҳолда ишлаб чиқилган ва бу ўз навбатида карьер борт атрофи массиви ҳолатини прогноз ҳамда назорат қилиш имконини яратади.

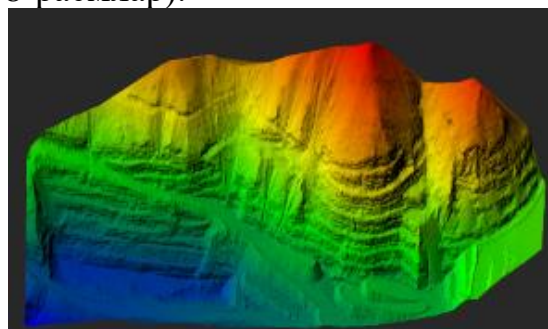
Карьер борти атрофи массиви ва тоғ жинслари ташланмалари устуворлигининг ҳолатини баҳолашни ўрнатилган технологияга асосан инструментал кузатишлар негизида тизимни ишлатиш кўйидаги босқичлардан иборат бўлади: кузатиш дастурини ишлаб чиқиш; кузатиш объектлари тўғрисида маълумотларни тўплаш; ҳисоб қирқимлари тизими модулларини яратиш; карьер борти устуворлиги харитасини тузиш.

Биринчи босқичда мониторинг объектлари аниқланиб, ҳисоб қирқимларининг ўрни ва кузатиш усули танланади ва улар бўйича модель куриш учун намуна олиш жойлари аниқланади. Иккинчи босқичда инструментал кузатишлар натижаси бўйича ва архив фондидан маълумотларни тўплаш амалга оширилади. Сўнгра қолган иккита босқич ижро этилади ва унинг натижасида тадқиқот объектларининг ясси ҳажми ва прогнозланаётган ҳолати моделлари олинади. Мазкур технологик схема асосида дастурий воситалар ва маълумотлар базасининг таркиби ва тузилиши аниқланади.

Нукталар булутини трансформациясининг ўзи лойиҳанинг қабул қилинган шартли координаталар системасидаги реал 3D координатага эга бўлган рақамли модели ҳисобланади (5-8-расмлар).



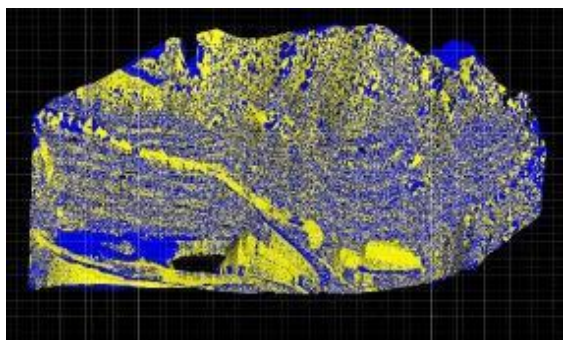
5-расм. Разрез борти 3D модели (2019 й., май)



6-расм. Разрез борти 3D модели (2019 й., октябр)

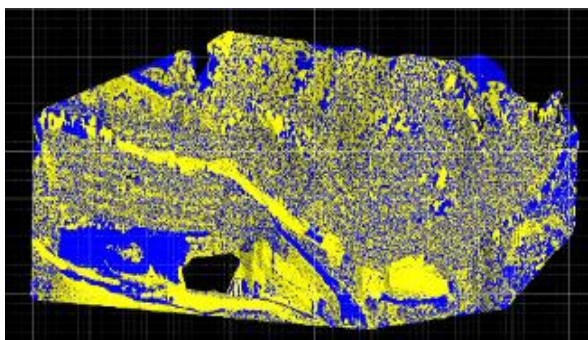
Уч ўлчамли рақамли модели MicroStation, AutoCAD Civil 3D муҳитда яратилган. Моделни тузиш учун ер устидан туриб лазерли сканерлаш маълумотлари асос бўлган.

Мазкур босқичда «Харанутский» кўмир қазиб оладиган разрез бортининг силжиши ва деформацияланишини кузатиш мақсадида унинг борти лазерли сканерлаш воситасида сьемка қилинган.



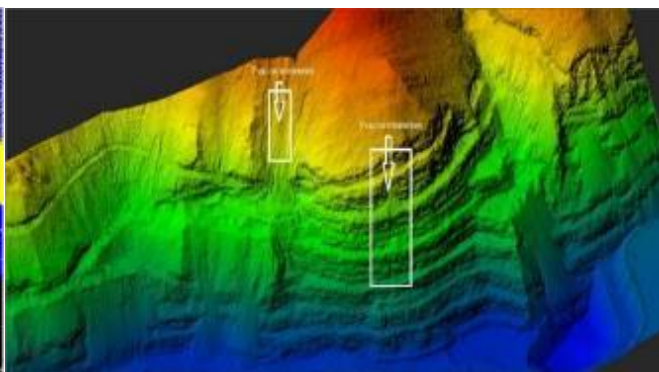
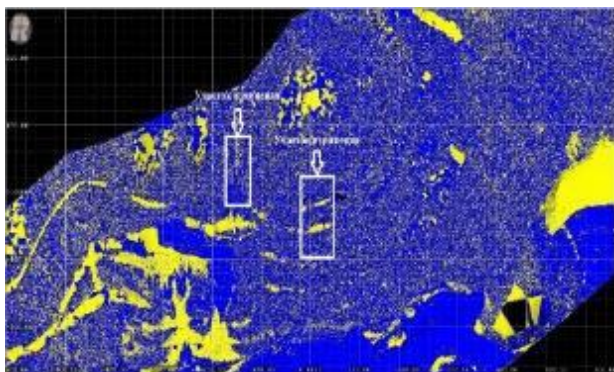
1-кўриниш: кўк ранг – май ойи, сариқ ранг - октябр ойидаги ҳолат

7-расм. Разрез борти 3D моделини икки сирт бўйича таққослаш



1-кўриниш: кўк ранг – май ойи, сариқ ранг - октябр ойидаги ҳолат

8-расм. Разрез борти 3D моделини икки сирт бўйича таққослаш

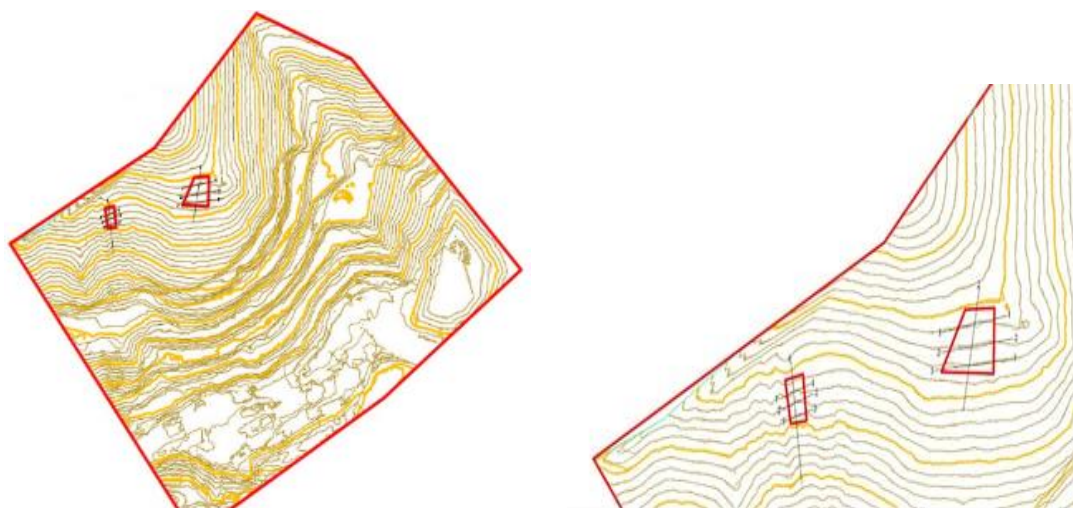


9-расм. «Харанутский» разрез участкаси (силжиши ва деформациялар кўрсатилган ҳолда)

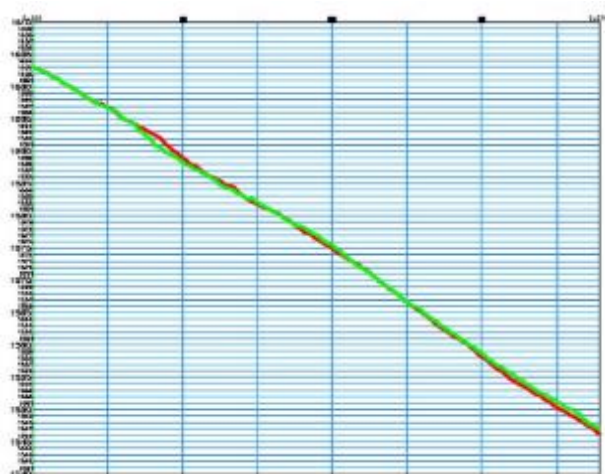
RISCAN PRO (7-9 расмлар) муҳитда ҳар хил даврда бажарилган ер устидан туриб лазерли сканерлаш маълумотлари бўйича «Харанутский» кўмир кони разрез борти силжиши ва деформацияланишини аниқлаш учун мониторинг натижалари бўйича таққосий таҳлил бажарилган. Иккала кузатишлар натижаси бўйича рельефнинг рақамли модели тузилган. Биринчи цикл кузатишлари бўйича тузилган рельеф модели кўк рангда, иккинчи цикл бўйича тузилгани сариқ рангларда кўрсатилган. Таққос натижалари деформация ва силжиш жойларини белгилайди.

9-расмдан олинган маълумотлар бўйича график чизилган бўлиб, унда иккала цикл кузатишлари бўйича аниқланган силжиш ва мавжуд разрез борти ҳолатининг ўзгариши тасвирланган (қизил ранг – 1 цикл, яшил ранг – 2 цикл (10-12 расмлар).

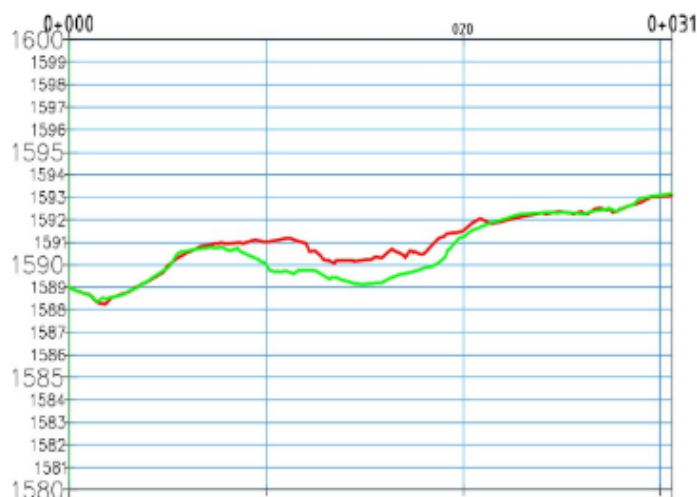
Шундай қилиб, «Харанут» кўмир кони разрезидagi деформацион жараёнларни кузатиш натижалари шуни кўрсатадики, разрез борти ва поғоналарида сезиларли ўзгаришлар кузатилмаяпти. 2-цикл кузатишлари натижасида кўчки кўринишидаги кон массивининг силжиши кузатилмаган, аммо баъзи бир участкаларда тоғ жинсларининг сурилиш хавфи белгиланган.



10-расм. 2- цикл кузатишлар натижасида тоғ жинсларининг тўкилиб тушиш учаткалари кўриниши



11-расм. Силжиш кузатилган жойнинг 1-бўйлама қирқими



12-расм. 1-1 кўнгдаланг қирқим

Кончилик ишлари олиб борилаётган жойларда белгиланган баъзи бир ўзгаришлар кон массивини қазиб олиш ва бурғилаш-портлатиш ишлари билан боғлиқ бўлган.

«Харанут» кўмир кони разреза бортида дефформация ва силжишни кузатиш натижалари бўйича хулоса қилиш мумкинки, мазкур босқичда критик силжишлар аниқланмаган бўлиб, фақатгина тоғ жинсларини тўкилиб тушиш ҳолатлари қайд этилган. Шунинг учун ҳам кузатишларни давом эттириш тавсия этилган.

Лазерли сканерлаш натижаларини разрез бортидаги назорат нуқталари бўйича сунъий йўлдошли кузатувларидан олинган маълумотлар тасдиқлайди.

Ер устидан туриб лазерли сканерлаш ишларини бажариш учун разрез чўзиқлиги бўйлаб WGS-84 координаталар тизими бўйича юқори ўзаро жойлашувлик махсус таянч тармоқ яратилган (13-расм). Кетма-кет лазерли сканерлаш сериялари ва GPS съемкалар натижаларини таҳлили қуйидаги

комплекс масалаларни ечиш имкониятини яратади: кўчкига мойиллиги бўлган участкалар, деформация тарқалган борт участкаларини ажратган ҳолда юза бўйлаб масофавий мониторинг ташкил қилиш; деформацияланган масса ҳажмини аниқлаш; деформацион жараёни тарқалиш қонуниятларини аниқлаш; хавфли участкаларни чегаралаш (7-9 расмлар); карьер борти устуворлигини баҳолаш учун ҳисоб қирқимларини белгилаш; бажарилган кончилик ишлари ҳажмини тезкор маркшейдерлик ҳисобини юритиш.



13-расм. Таянч тўхтамлар жойлашуви

Иншоотлар чўкишини кузатиш усулини ишлаб чиқишда биринчи навбатда аниқликни асослаш ва ўлчашнинг даврийлигига эътиборни қаратиш керак бўлади. Кўрсатилган масалалар қабул қилинган ўлчаш схемаси ва ўлчаш натижаларини қайта ишлаш усули ҳамда деформацияларни прогнозлаш модели билан боғлиқ бўлиб, ҳисобда қўлланиладиган бирламчи кўрсаткичларни ташкил этади.

Аниқликни ҳисоблаш учун қуйидаги ифодадан фойдаланилади:

$$\sigma_z = c_0 \frac{\delta}{6} = c_0 \frac{\delta}{3}, \quad (1)$$

бу ерда, σ_T – ўлчовнинг доимий параметрга нисбатан ўрта квадратик хатолиги, у силжиш мутлақ ва нисбий қийматлари йиғиндисини баҳолайди; c_0 – технологик меъёрланган допусктан ўлчашдаги допускга ўтиш коэффициенти (0,20 дан 0,70 гача ўзгаради); Δ – технологик меъёрланган допуск; δ – технологик йўл қўйилган четланиш.

Циклик ўлчамларда аниқлик қуйидагича меъёрланади:

$$\sigma_{\text{инт}} = \frac{\sigma_z}{(n-1)}, \quad (2)$$

бу ерда, $\sigma_{\text{инт}}$ – кузатишнинг ҳар бир интервалидаги параметрни ўлчашнинг ўрта квадратик хатолиги; n – ўлчаш цикллари сони; $(n-1)$ – кузатиш интервалларининг сони.

Чекли нисбий деформацияларнинг қиймати кузатиш аниқлигини ҳисоблашда асосий кўрсаткич бўлиши керак. Кузатиш аниқлигини чўкиш ва деформациялашнинг кутилаётган якуний чекли қийматларидан келиб чиқиб ҳисоблаш зарур.

Чуқур карьерлар бортларининг ҳолатини кузатишда таянч, назорат ва боғловчи реперларнинг жойлашган ўрнини уларнинг пландаги ва баландлик бўйича аниқлигини баҳолаш орқали асослаш зарур.

Чуқур карьер поғона бермаси ва борт атрофи полосасида жойлашган боғловчи реперларнинг пландаги ва баландлик бўйича ўрнини белгилашнинг йўл қўйилган хатолигига мос равишда баҳоланган.

GPS приёмникни горизонталь ҳолатга келтириш доиравий адилак ўқининг тик ўрнатиш аниқлигига боғлиқ бўлиб, қуйидаги ифодадан топилади:

$$m_{\text{гор.}} = \frac{0,1\tau}{\rho} h_0, \quad (3)$$

бу ерда, τ – отражатель устуни доиравий адилакининг бўлинмаси аниқлиги; h_0 – GPS приёмникни ўрнатиш баландлиги, м, ρ – радиандаги сониялар сони.

GPS асбобида доиравий адилак ўрнатилган бўлиб, унинг бўлинмаси аниқлиги 10' ёки 600"; шунда, GPS приёмникни горизонтал ҳолатга келтириш тенг бўлади

$$m_{\text{гор.}} = \frac{0,1 \times 600}{206265} \cdot 1500 = 0,44 \text{ мм.}$$

Антенна фазовий маркази барқарорсизлиги учун хатолик «Тезкор статика» режасида ўтказилган тадқиқот асосида қабул қилинган ва у фазовий марказнинг горизонтал текисликдаги ўзгариши 1,0 мм дан кичик эканлигини кўрсатади.

GPS съёмка технологиясидан фойдаланган ҳолда боғловчи реперни пландаги ўрнининг ўрта квадратик хатолиги тенг бўлади:

$$m_{\text{связ-GPS}} = \sqrt{m_{\text{ц.п}}^2 + m_{\text{техн-GPS}}^2 + m_{\text{гор.}}^2 + m_{\text{ц.а}}^2} = \sqrt{0,7^2 + 1,0^2 + 0,44^2 + 1,0^2} = 1,64 \text{ мм.} \quad (4)$$

Мазкур усул нафақат силжишни ўлчашни зарурий аниқлигини топиш, балки кузатиш даврини унинг аниқлигини баҳоси билан биргаликда топиш имконини беради.

Реперларни силжиш тезлиги тўғрисидаги масалани ечишда мазкур иншоот учун критик мутлақ деформация қийматидан келиб чиқиб, унинг грунт, фундамент конструкцияси, юклама кабиларга боғлиқлиги ҳисобга олинади.

ХУЛОСА

«Ер устидан лазерли сканерлаш воситасида очик кон объектларининг 3D моделини яратишни такомиллаштириш» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган куйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Очик кон ишлари объектлари учун 3D моделини яратиш усуллари сканерлаш маълумотларини қайта ишлаш бўйича дастурий маҳсулотлар шарҳини амалга ошириш имконини беради.

2. Очик кон ишлари объектларини ер устида туриб сканерлаш натижаси бўйича уч ўлчамли моделлаштиришни методологик асоси таклиф этилади.

3. Кончилик ишларини беҳатар олиб боришга мўлжалланган, карьер борти ва поғона қиялиги устуворлигини замон ва макон ўлчамида баҳолаш мақсадида очик кон ишлари объектларини ер устидан туриб сканерлаш негизида карьер борти моделини босқичма-босқич курилиши тавсия қилинади.

4. Жойнинг рақамли моделлари, шу жумладан рақамли топографик план ва хариталар, жойнинг уч ўлчамли моделлари ва уларнинг аниқликларига қўйилган асосий талаблар тўғрисидаги маълумотлар умумлаштирилган. Координаталарни аниқлашнинг замонавий технологиялари ва асбоблари

ҳамда ўрганилаётган объектларнинг рақамли моделлари, шу жумладан глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлардан, аэрофототопографик съёмкалар ва ер устидан туриб лазерли сканерлашдан фойдаланиш таклиф этилади.

5. Карьер объектини ер устидан туриб лазерли сканерлаш, шу жумладан план-баландлик бўйича таянч асосни яратиш, абрислар тузиш, сканерлаш қадамини ва тўхтамининг ўрнини танлаш орқали съёмка қилиш услуги ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган ҳаракатлар алгоритми ҳар бир сканер тўхташи ва съёмкани олиб боришга жалб қилинган ҳар бир жамоа аъзосининг ишини оптималлаштиради.

6. Ишлаб чиқилган пландаги ва баландлик бўйича таянч иш тармоғ асосининг схемаси ер устидан туриб лазерли сканерлаш учун уни тузишда меҳнат сарфини қисқартириш имконини беради.

7. Ишлаб чиқилган ер устидан туриб лазерли сканерлаш учун маълумотларни тайёрлаш, нуқтали моделни векторизациялаш, объект ва рельефнинг баландлик тавсифларини аниқлаш, уларни фойдаланиш формати ва маълумотлар базасига экспорт қилиш, шунингдек рақамли топографик планни тахтлаш ва унинг аниқлигини баҳолашни ўз ичига олган карьер объектларини уч ўлчамли рақамли моделини ва рақамли топографик планини яратиш услуги ҳамда AutoCAD Civil 3D да иккита сирт таққосланиши, амалга оширилган икки цикл кузатишлар бўйича рельефнинг рақамли моделини яратиш имконини беради.

8. Мунтазам инструментал кузатишлар усули танланиб, кузатиш тўхтамлигининг конструкцияси ва жойи асосланган ҳолда борт устуворлигининг ҳолатини ўрганувчи кузатиш тўхтами лойиҳаси ишлаб чиқилган ҳамда GPS-1200 ва 3D сканердан фойдаланиб, карьер борти устуворлиги ҳолатини маркшейдерлик-геодезик инструментал кузатишнинг иккита серияси амалга оширилган ва таклиф этилади.

9. Геомеханик ҳодисаларни прогнозлаш, борт атрофи массиви ҳолатини ўрганиш мақсадида «Харанут» разреза бортидаги ўта ноқулай участкаларни георадар ва спектрик сейсморазведка воситасида профиллаш амалга оширилади ҳамда лазерли сканер ёрдамида борт атрофи массивини съёмка қилиш ва AutoCAD Civil 3D махсус дастурида моделни тузишга эришилади.

10. Борт қиялик параметрлари бўйича қабул қилинган ечимларнинг тўғрилигини назорат қилиш, геомеханик жараёнларни прогнозлаш ва баҳолаш имконини берувчи 17 та кузатиш тўхтаמידан иборат, ўз ичига 972 репер, шундан 30 таси таянч бўлган, карьер борти атрофи массиви устуворлик ҳолатини геомеханик мониторинг тизими яратилди.

Тадқиқот натижалари очик усулда олиб борилаётган кончилик ишлари самарадорлигини оширишда хизмат қилади, «Харанут» ва Ангрен разрезлари ҳамда Қалмоқир қарьериди кончилик ишларини беҳатар олиб бориш, ва ишлашни тўхтовсиз ташкил этишда маркшейдерлик таъминотини замонавий талаблар даражасига кўтаради.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ АЛМАЛЫКСКОМ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В ГОРОДЕ АЛМАЛЫК**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

РАХИМОВ ШЕРЗОД ШАВКАТОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ
ОБЪЕКТОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ НАЗЕМНОГО
ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

04.00.09 – Маркшейдерия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD)

Алмалык – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2021.2.PhD/T2214.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.misis.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Сайидкосимов Сайиджаббор Сайидкосимович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Нурпеисова Маржан Байсановна
доктор технических наук, профессор
Мамажанов Мадридбек Мамажанович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: ГУП «O'zGEORANGMETLITI»

Защита диссертации состоится «23» июля 2021 г. в 14⁰⁰ часов на заседании разового научного совета на основе научного совета DSc.22/30.12.2019.T.98.01. (Адрес: 110101, Ташкентская область, город Алмалык, улица Амира Темура 56. Телефон: +99870 614-22-57, e-mail: afnitumisis@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (зарегистрирован за № 20-07-Д). Адрес: 110101, Ташкентская область, город Алмалык, улица Амира Темура 56. Телефон: +99870 614-22-57.

Автореферат диссертации разослан «6» июля 2021 года.
(реестр протокола рассылки №7 от «06» июля 2021 г.)



Ф.Я. Умаров
Председатель Разового научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Г.С. Нутфуллоев
Ученый секретарь Разового научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Ш.Ш. Заиров
Председатель Разового научного семинара при Разовом научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире безопасность ведения открытых горных работ и прогнозная оценка геомеханических рисков являются актуальной задачей проблемы обеспечения устойчивости бортов карьеров. Стремительное развитие технологий в горнодобывающей отрасли обуславливает рост добычи полезных ископаемых, что, в свою очередь, приводит к необходимости создания более совершенных технологий ведения горных работ и повышения безопасности производства маркшейдерских съёмок. В связи с этим уделяется особое внимание использованию дистанционных приборов в рамках технологии наземного лазерного сканирования и созданию методов использования 3D моделей объектов открытых горных работ.

В мире ведутся исследования по комплексному изучению и постоянному контролю геомеханических процессов, происходящих в прибортовом массиве, вызванными как динамикой ведения горных работ, так и действиями гравитационно-тектонических полей в сейсмоактивных зонах. В связи с этим особое внимание уделяется увеличению скорости выполнения полевых работ, обеспечению безопасности проведения съемки в труднодоступных и опасных зонах карьера, разработке комплексного метода маркшейдерских наблюдений за состоянием устойчивости прибортового массива карьера на базе применения традиционных инструментальных наблюдений и наземного лазерного сканирования борта карьера, разработке и поэтапному построению трехмерных моделей борта карьера.

В республике выполнен ряд научно-практических работ по мониторингу геомеханического состояния бортов карьеров на базе традиционных маркшейдерских технологий, совершенствованию и разработке качественно нового подхода по обеспечению и прогнозу устойчивости бортов карьеров, созданию системы мониторинга геомеханических процессов прибортового массива. В Указе Президента Республики Узбекистан² определены важные задачи по «повышению промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработки местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов сырья и технологий...». В связи с этим становится актуальным решение задач по выбору методологических основ создания трехмерных моделей по результатам наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ, разработке комплексного метода маркшейдерских наблюдений за состоянием устойчивости прибортового массива карьера на базе применения традиционных инструментальных наблюдений и наземного лазерного сканирования борта карьера, разработке и поэтапному построению трехмерных моделей борта карьера на базе использования технологии наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли».

Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики: VII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Степень изученности проблемы. Как новое направление в маркшейдерии, технология наземного лазерного сканирования вызывает особый интерес у многих ученых. Большой вклад в становление и развитие данного научного направления внесли ученые Антипов И.Т., Гук А.П., Гусев В.Н., Дробышев Ф.В., Дубиновский В.Б., Журкин И.Г., Карпик А.П., Ключин Е.Б., Лисицкий Д.В., Лобанова А.Н., Лысенко Ф.Ф., Михайлова А.П., Нехин С.С., Нурпеисова М.Б., Погорелова В.В., Пяткин В.П., Савиных В.П., Середович В.А., Трубина Л.К., Тюфлин Ю.С., Чекалин В.Ф., Чибуничев А.Г., Ямбаев Х.К., Boehler W., Gruending L., Ingensand H., Lichti D., Milev I., Norton J., Rietdorf A., Riegl J., Ullrich A., Zlatanova S., Zamechikova M. и др. Существенный вклад в становление и развитие метода лазерного сканирования принадлежит специалистам Регионального центра лазерного сканирования Сибирского государственного университета геосистем и технологий, а также Иркутского национального исследовательского технического университета (Россия) и др.

Имеющиеся публикации в области лазерного сканирования можно охарактеризовать разрозненностью и отсутствием полноты исследований, что не отвечает требованиям системного подхода и не имеет общих теоретических и технологических основ. Значительная часть публикаций, связанных с лазерными сканерами, посвящена практическому опыту их применения. В публикациях представлены объекты съемки, вид получаемой продукции, используемые модели лазерных сканеров и программные продукты для обработки результатов сканирования. В диссертационной работе представлено решение проблемы приведения в соответствие скорости и точности выполнения технологических операций лазерной съемки применительно к требованиям горнодобывающей отрасли с целью обеспечения геомеханического мониторинга устойчивости бортов карьера.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета на темы: №ЮР57/13 «Оценка устойчивости северо-западного и северного бортов карьера Кальмакыр

комплексным методом с учетом влияния затопленного карьера Кургашинокан и подрусловых вод водотоков, примыкающих к контуру карьера» и №02-2747 «Научные основы маркшейдерского обеспечения рациональной, комплексной, безопасной разработки МПИ и охраны недр».

Целью исследования является совершенствование методов создания трехмерных моделей объектов открытых горных работ с применением наземного лазерного сканирования для осуществления мониторинга и прогноза протекания деформационных процессов на карьерах.

Задачи исследования:

анализ международного научно-практического опыта и методов создания 3D моделей для объектов открытых горных работ;

анализ применения основных программных продуктов по обработке данных сканирования и создания 3D моделей объектов открытых горных работ;

выбор методологических основ создания трехмерных моделей по результатам наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ;

разработка комплексного метода маркшейдерских наблюдений за состоянием устойчивости прибортового массива карьера на базе применения традиционных инструментальных наблюдений и наземного лазерного сканирования борта карьера;

разработка и поэтапное построение трехмерной модели борта карьера на базе использования технологии наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ с целью оценки состояния бортов карьера и откосов уступов в пространстве и во времени, направленные на обеспечение безопасного ведения горных работ.

Объектом исследования является прибортовой массив Харанутского угольного разреза, Ангренского угольного разреза и карьера Кальмакыр.

Предметом исследования являются 3D модели объектов открытых горных работ, создаваемые на базе наземного лазерного сканирования, служащего информационной основой мониторинга прибортового массива карьера.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях, методы системного анализа и синтеза, математическое моделирование, методы математической статистики и корреляционного анализа результатов исследований, экспериментальные исследования в натуральных условиях, трехмерное моделирование исследуемых объектов на базе систематических инструментальных наблюдений за состоянием бортов глубоких карьеров.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан алгоритм получения 3D моделей объектов открытых горных работ на базе лазерно-сканирующих систем, обеспечивающего требуемую точность создания единого информационного пространства для мониторинга геомеханических процессов прибортового массива карьера;

получена модель объектов открытых горных работ путем производства взаимного ориентирования сканов по итеративному алгоритму ближайших точек с контролем точности результирующей модели на базе использования статистической теории случайных функций;

обоснованы места заложения наблюдательных станций по фактору тектонической и техногенной нарушенности массива с учетом характера деформирования горных пород и прогнозирования их развития во времени и пространстве на основе применения разработанной комплексной методики маркшейдерских наблюдений;

усовершенствована система мониторинга геомеханических процессов прибортового массива, включающая передовые информационные технологии на базе наземного лазерного сканирования, увеличивающие вероятность и надежность прогноза устойчивости бортов карьера.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создано единое информационное поле, обеспечивающее требуемую точность лазерного сканирования объектов открытых горных работ;

разработана статическая теория случайных функций для контроля точности итоговых моделей объектов открытых горных работ;

увеличена вероятность и достоверность прогнозирования устойчивости бортов глубоких карьеров на базе построенных трехмерных моделей путем наземного лазерного сканирования;

разработаны методы использования 3D моделирования, полученные на базе наземного лазерного сканирования в текущем и перспективном планировании развития горных работ на карьерах, а также маркшейдерского учета объемов выполненных работ.

Достоверность результатов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации подтверждаются маркшейдерско-геодезическими инструментальными наблюдениями за состоянием прибортового массива карьера, теоретическими исследованиями, базирующимися на фундаментальных положениях маркшейдерского дела, геомеханики, математической статистики и прикладной математики, а также положительными результатами внедрения разработанных методик и рекомендаций в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в расширении возможностей информационного обеспечения мониторинга устойчивости бортов глубоких карьеров на базе 3D моделирования.

Практическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании методов создания 3D моделей объектов открытых горных работ на базе наземного лазерного сканирования, служащая информационной основой геомеханического мониторинга прибортового массива карьера.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по совершенствованию методов создания 3D моделей объектов открытых горных работ на базе наземного лазерного сканирования:

разработанные методические рекомендации и нормативные инструкции внедрены в практику работы и проекты горных предприятий по обеспечению

устойчивости бортов карьеров в текущем и перспективном планировании развития и безопасного ведения горных работ на Харанутском и Ангреном угольных разрезах (справка АО «Узбекуголь» №01-13/1527 от 24 ноября 2020 г.). В результате повышено качество горно-графической документации и эффективности работы маркшейдерской службы горного предприятия, сокращены сроки разработки проектной документации, создана единая информационная система угольного разреза, достигнут точный учет движения запасов и объемов выполненных горных работ;

разработанная технология создания трехмерной модели карьера включена в «Перечень разработок по внедрению в практику АО Алмалыкский горно-металлургический комбинат» в 2022-2023 г.г.» для проектирования и управления горными работами (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №002451 от 18 марта 2021 г.). В результате увеличена надежность прогноза устойчивости бортов карьера и безопасность ведения горных работ.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 3 республиканских и 3 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 22 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 4 статей, в том числе 1 из которых в зарубежных и 3 в республиканских журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи, характеризуются объект и предмет, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты, раскрываются их научная и практическая значимость, рекомендации по внедрению в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «**Современное состояние изученности вопроса**» приведены общие сведения о наземной лазерно-сканирующей съемке. Сформулирована задача внешнего ориентирования сканов. Проведен обзор существующих способов внешнего ориентирования сканов. Описаны подходы к оценке точности решения задачи внешнего ориентирования.

В настоящее время технологии выполнения топографо-геодезических работ претерпевают значительные изменения, которые связаны с внедрением современных измерительных систем, компьютеров и интернет-технологий. На передний план выходят автоматизированные комплексы, позволяющие производить измерения и обработку данных с дальнейшей их интерпретацией

и моделированием. При этом, для целого ряда значимых объектов актуальным становится представление результатов измерений в виде трехмерных моделей. Такая задача может быть успешно решена с применением наземных лазерных сканеров.

Активным потребителем продукции, получаемой с помощью наземных лазерных сканеров, является горнодобывающая отрасль. Именно здесь возникает потребность в цифровых моделях технологического оборудования, получаемых в заданной системе координат для решения задач геомониторинга, проектирования, безопасной эксплуатации и другие.

Однако, в связи с новизной наземного лазерного сканирования, в настоящее время отсутствуют готовые методики создания цифровых моделей объектов карьера путем наземного лазерного сканирования.

Как новое направление маркшейдерских съемок, технология наземного лазерного сканирования вызывает особый интерес у многих ученых.

Заслуживают внимания работы, выполненные в данном направлении, Антипова И. Т., Гука А. П., Гусева В.Н., Дробышева Ф. В., Дубиновского В. Б., Журкина И. Г., Карпика А. П., Ключина Е. Б., Лисицкого Д. В., Лобанова А. Н., Лысенко Ф. Ф., Михайлова А. П., Нехина С. С., Нурпеисовой М.Б., Погореловой В. В., Пяткина В. П., Савиных В. П., Середовича В. А., Трубиной Л. К., Тюфлина Ю. С., Чекалина В. Ф., Чибуничева А. Г., Ямбаева Х. К., Boehler W., Gruending L., Ingensand H., Lichti D., Milev I., Norton J., Rietdorf A., Riegl J., Ullrich A., Zlatanova S., Zamechikova M. и других. Существенный вклад в становление и развитие метода лазерного сканирования в России внесли специалисты Регионального центра лазерного сканирования Сибирского государственного университета геосистем и технологий, Иркутского национального исследовательского технического университета (Россия) и др.

Имеющиеся публикации в области лазерного сканирования характеризуются разрозненностью и недостаточностью полноты исследований, что не совсем отвечает требованиям системного подхода и не раскрывают общих теоретических и технологических основ. Значительная часть публикаций, связанных с лазерными сканерами, посвящена практическому опыту их применения. В публикациях представлены объекты съемки, вид получаемой продукции, используемые модели лазерных сканеров и программные продукты для обработки результатов сканирования. Исходя из этого, в диссертационной работе представлено системное решение проблемы приведения в соответствие скорости и точности выполнения технологических операций лазерной съемки к требованиям горнодобывающих предприятий путем разработки методики и технологии лазерного сканирования для сбора геопространственных данных с целью прогнозирования устойчивости бортов карьера.

Во второй главе «**Основы создания трехмерных моделей с использованием лазерно-сканирующих систем**» приводятся сведения о наземных сканирующих системах и их технические характеристики, такие как дальность действия, скорость выполнения измерений, угол поля зрения, минимальный угловой шаг сканирования и точность измерения расстояний.

Раскрыты основные источники ошибок, возникающие при измерении расстояний наземных лазерных сканерах (НЛС). Выполнена априорная оценка точности результатов НЛС. Рассматривается методика создания цифровых трехмерных моделей объектов открытых горных работ по результатам НЛС.

Сущность наземного лазерного сканирования заключается в измерении с высокой скоростью расстояний от сканера до точек объекта и регистрации соответствующих направлений. Результатом работы НЛС является трехмерное изображение, называемое сканом. Изображения, получаемые с помощью НЛС несут большой объем информации и в ряде случаев являются избыточными, что говорит о полной автоматизации процесса сбора информации об объекте НЛС.

Применение лазерных сканеров в производстве привело к появлению новых терминов и определений, новых видов сетей измерений - «Сканерный ход», который представляет собой трансформацию системы координат последующего скана в систему координат предыдущего скана по связующим точкам.

В настоящее время разработкой приборов для трехмерного лазерного сканирования занимается множество фирм, но для измерений в условиях горных работ подходит вся линейка наземных лазерных сканеров Riegl. Они способны выполнять высокоточные измерения благодаря алгоритмам оцифровки отраженного сигнала, оперативному анализу формы волны, что позволяет достичь очень высокой производительности измерений, даже в сложных атмосферных условиях и при наличии многократно отраженных сигналов.

Вопросы оценки точности результатов наземного лазерного сканирования являются актуальными и на сегодняшний день считаются малоизученными. На результаты НЛС влияют следующие источники погрешностей: изменение температуры, давления и влажности воздуха, которые необходимо учитывать в процессе работ. Отражающие свойства поверхности также существенно влияют на точность сканерных измерений.

Выполненный анализ погрешностей сканерных измерений показал, что средняя квадратическая погрешность определения положения съемочных точек в основном зависит от погрешности создания основного и рабочего планово-высотного обоснования. С учетом точности наземных лазерных сканеров и расстояний до объектов, ошибка взаимного положения съемочных точек может составлять от 60 до 100 мм. Средняя квадратическая погрешность определения взаимного положения съемочных точек, полученных с одной станции, может составлять от 10 до 50 мм.

Наиболее актуальной формой представления трехмерных моделей технологического оборудования являются цифровые модели, представленные в виде твердотельных объектов.

В работе обобщены сведения о цифровых моделях местности, в том числе о цифровых топографических картах и планах и трехмерных моделях местности, и приводятся основные требования к их точности. Приводится обзор современных инструментов и технологий получения трехмерных координат и цифровых моделей изучаемых объектов, включающих

теодолитную и тахеометрическую съемку, съемку с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, аэрофототопографическую съемку, воздушное и наземное лазерное сканирование.

Фрагмент цифровой трехмерной модели, созданной с применением предлагаемой методики, представлен на рис. 1.

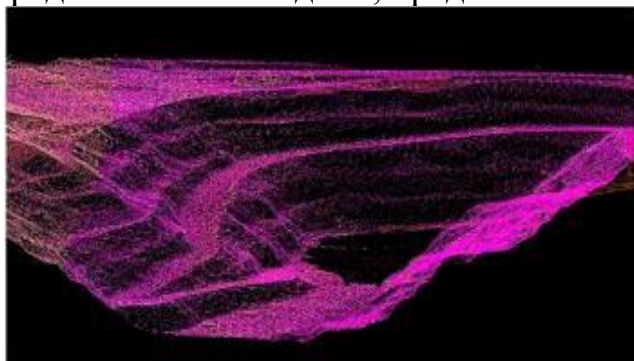


Рис. 1. Фрагмент цифровой трехмерной модели

На основе выполненных экспериментальных и производственных исследований разработана методика съемки объектов карьера с использованием наземных лазерных сканеров, включающая создание планово-высотного обоснования, составление абрисов, выбор шага сканирования и мест положения сканерных станций.

В третьей главе диссертации «Совершенствование методов наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ» обобщены сведения о цифровых моделях местности, в том числе о цифровых топографических картах и планах и трехмерных моделях местности, и приводятся основные требования к их точности, предложены методики выполнения сканерной съемки и создания цифровых моделей объектов горного предприятия на основе данных наземного лазерного сканирования.

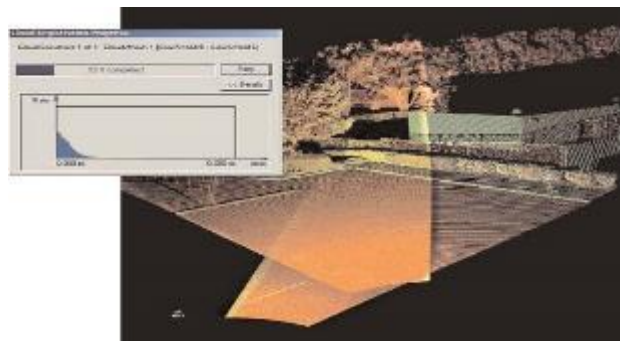


Рис. 2. Пример наличия «мертвых зон» в точечной модели фрагмента горных разработок

Для выполнения работ по наземному лазерному сканированию вдоль простираения всего разреза создается сеть специального назначения (базовые станции) с высокой точностью взаимного положения в системе координат WGS-84. Пункты базовой станции должны быть совмещены с пунктами государственной геодезической сети, закреплены на местности долговременным типом центра (металлическая труба с накрённым центром).

Общими условиями размещения наземного лидара являются максимальный захват геопространственной информации для формирования полной точечной модели, прямая видимость на специальные сканерные марки

(при их использовании), стремление свести к минимуму наличие «мертвых зон» (рис. 2).

Съемка борта угольного разреза была выполнена с использованием наземной лазерной сканирующей системы RIEGL LMS-Z420I.

Преимущества метода наземного лазерного сканирования перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки: портативный, прочный, экономичный; обслуживается одним человеком; мгновенная трехмерная визуализация; высокая точность; несравнимо более полные результаты; быстрый сбор данных; обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных участков.

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного наземного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки, а на участках большой площади или протяженности - ниже. Даже при сопоставимых расходах на съемку полнота и точность результатов наземного лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Сравнение временных затрат просто бессмысленно - счет идет на порядки.

Управление сканированием и трансформация системы координат сканера осуществляются программным обеспечением RISCAN PRO и MicroStation, поставляемым в комплекте сканера.

Опираясь на опыт производства лазерно-сканирующих съемок, автор отмечает, что показания данных инклинометра и координатное положение пар марок могут обеспечивать высокую точность взаимного ориентирования, сравнимую с классическими представлениями об ориентировании облаков точек (по набору координированных сканерных целей). В рамках исследования было проведено сравнение способов ориентирования данных НЛС.

Для сканирования борта карьера требуется 3 точки стояния (рис. 3,4). На сканах четко просматриваются все горные выработки и их элементы, подлежащие отображению. Сканирование на каждой станции осуществляется в 3 этапа: 1) выполнение панорамного скана; 2) распознавание на панорамном скане отражающих марок и сканирование их с высокой плотностью для повышения точности их определения; 3) выделение на панорамном скане участка, подлежащего съемке, и выполнение его сканирования с необходимой плотностью.

При посадке сканов производится их контрольный просмотр на предмет пропусков, затемненных участков, наличия видимости всех деталей.

Контроль полноты осуществляется методом сличения готового к передаче материала с местностью. При этом фиксируются как факты недостатка информации, так и факты избыточности информации.

Покрытие объекта контролируется по сводному файлу разряженных точек лазерных отражений со всех сканов.

Цифровое моделирование - это процесс, напрямую зависящий от использования имеющегося набора соответствующих функций в специализированных программных продуктах.

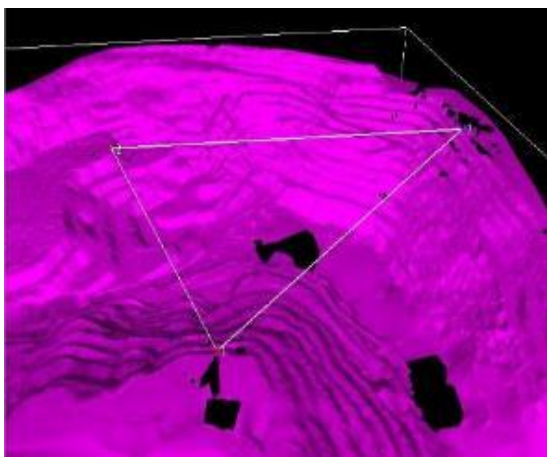


Рис. 3. Расположение сканпозиций

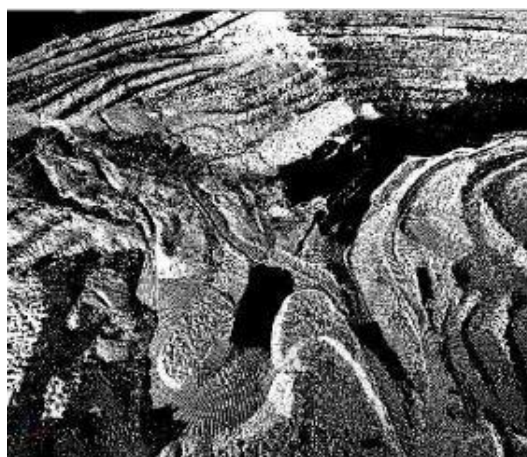


Рис. 4. Скан-облако точек лазерных отражений

Следует отметить, что трехмерное моделирование на основе результатов НЛС может выполняться непосредственно по облакам точек путем вписывания в них элементов или с помощью ортоизобразований. Кроме того, для получения достоверной модели - компьютерного дубликата исследуемого объекта эти способы могут дополнять друг друга.

В качестве основного инструмента по созданию цифровой трехмерной модели объекта предлагается система автоматизированного проектирования (САПР) AutoCAD, AutoCAD Civil 3D. Трансформированные облака точек по своей сути уже являются цифровой моделью, имеющей реальные 3D координаты, в принятой условной системе координат проекта.

Модель рельефа, построенная при постобработке в MicroStation, имеет среднюю плотность 9 точек на 1м². Такая плотность позволяет нам иметь полноценное представление о фактических геометрических параметрах элементов рельефа.

Дальнейшая обработка производится в среде AutoCAD Civil 3D и заключается в трехмерном моделировании характерных контуров рельефа. Полученная информация может быть использована программным обеспечением для планирования и ведения горных работ и поддерживает различные коммуникационные форматы данных, такие как маркшейдерские измерения карьеров и отвалов; отслеживание изменений в забоях и областях экскавации; вычисление коэффициента разрыхления и расчет массы; извлечение данных для моделирования объекта горных работ.

В четвертой главе диссертации **«Применение результатов наземного лазерного сканирования при прогнозировании устойчивости массивов глубоких карьеров»** приведены сведения о современном состоянии открытых горных работ глубокого карьера ООО «Харанутский», разработан алгоритм организации геомониторинга прибортовых массивов и его информационной системы. Рассмотрены вопросы создания цифровых трехмерных моделей объектов открытых горных работ. Разработаны требования к организации систематических инструментальных измерений на заложенных наблюдательных станциях, с учетом разработанных схем закладки и наблюдений, что позволяет осуществить контроль и прогноз состояния прибортовых массивов карьера.

Согласно сложившейся технологии проведения оценки состояния устойчивости прибортовых массивов карьеров и отвалов на основе инструментальных наблюдений технология функционирования системы состоит из следующих этапов: разработка программы наблюдений; сбор данных об объектах наблюдения; создание моделей системы расчетных сечений; создание карты устойчивости борта карьера.

На первом этапе определяются объекты мониторинга, методика наблюдения и положения расчетных сечений, уточняются местоположение точек наблюдения и отбора проб для построения моделей по расчетным сечениям. На втором этапе выполняется сбор данных из архивного фонда и по результатам инструментальных наблюдений. Далее, реализуются оставшиеся два этапа, в результате которых будут получены плоские объемные модели текущего и прогнозируемого состояния исследуемых объектов. На основе данной технологической схемы и будут определены состав и структура базы данных и программных средств.

Трансформированные облака точек по своей сути уже являются цифровой моделью, имеющей реальные 3D координаты в принятой условной системе координат проекта (рис. 5-8).

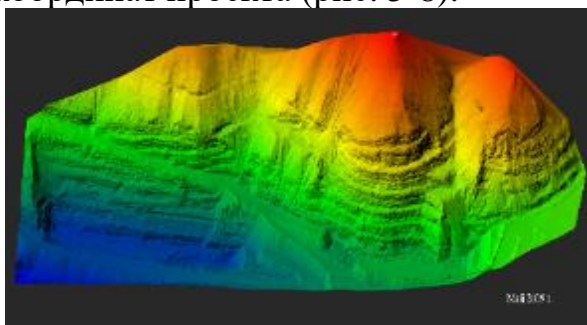


Рис. 5. 3D модель борта разреза (май 2019 г.)

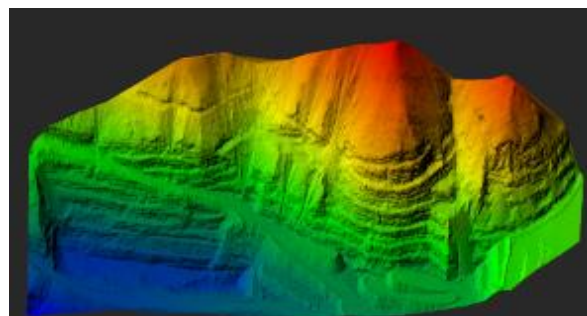
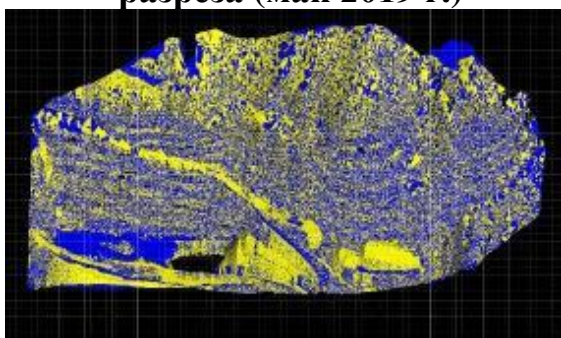
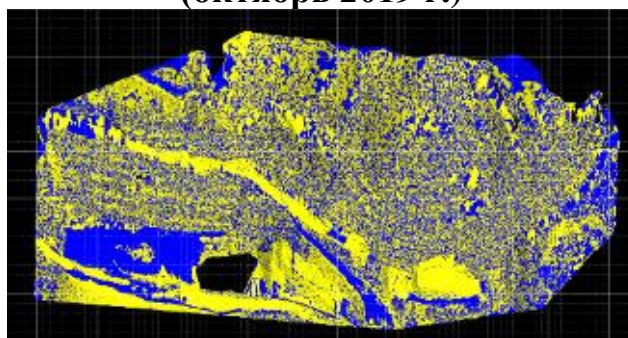


Рис. 6. 3D модель борта разреза (октябрь 2019 г.)



Вид – 1: синий цвет – май, жёлтый цвет – октябрь



Вид – 2: синий цвет – май, жёлтый цвет – октябрь

Рис. 7. Сравнение 3D моделей борта разреза по двум поверхностям

Рис. 8. Сравнение 3D моделей борта разреза

Создание трехмерной цифровой модели местности произведено в среде RISCAN PRO, MicroStation, AutoCAD Civil 3D. Основой для построения модели послужили данные наземного лазерного сканирования.

На данном этапе была выполнена съемка борта разреза, целью которой является наблюдение за деформациями и смещениями бортов угольного разреза «Харанутский».

По результатам мониторинга был выполнен сравнительный анализ для определения деформаций и смещений бортов угольного разреза «Харанутский», по данным наземного лазерного сканирования за различные периоды, который производился в среде RISCAN PRO (рис. 7-9). Были построены цифровые модели рельефа (ЦМР) по выполненным двум циклам наблюдений. ЦМР по наблюдениям первого цикла построена синим цветом, второго цикла – жёлтым. Результаты сравнения показывают места, где выявлены деформации и смещения.

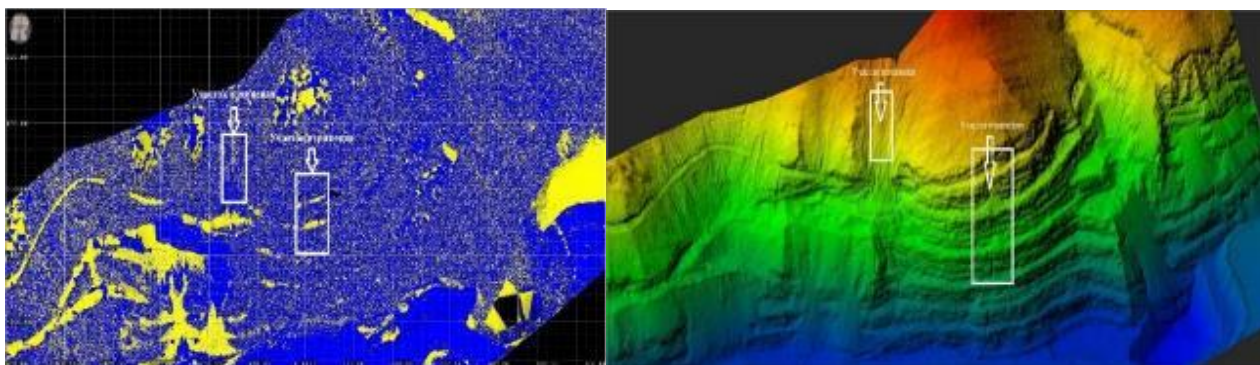


Рис. 9. Участок разреза «Харанутский» (с указанием смещений и деформаций)

Ниже приведены графики, построенные по данным рис. 9, где показана динамика произошедших изменений состояния рабочего борта разреза по двум циклам наблюдений и выявленных смещений (красный цвет – 1 цикл, зелёный цвет – 2 цикл) (рис. 10-12).

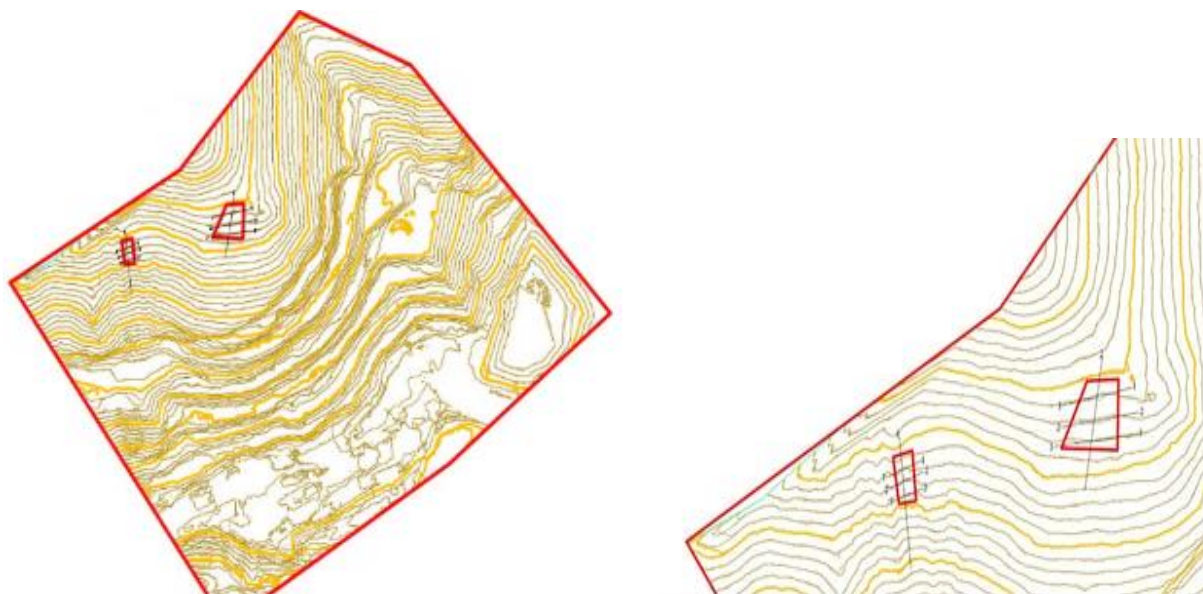


Рис. 10. Участок зафиксированных осыпей по результатам 2х циклов наблюдений

Таким образом, результаты наблюдений за деформационными процессами на угольном разрезе «Харанутский» показывает, что на бортах и уступах разреза особых изменений не наблюдается. Смещение горного массива оползневой характера по результатам 2 цикла измерений не наблюдается, однако на отдельных участках разреза зафиксированы осыпи. Некоторые изменения, фиксируемые в местах проведения горных работ обусловлены выемкой горной массы и буровзрывными работами. По данным наблюдений за деформациями и смещениями бортов угольного разреза «Харанутский», можно сделать вывод, что на данном этапе критических смещений не выявлено, несмотря на места проявления небольших осыпей горного массива. Рекомендованы дальнейшие наблюдения.

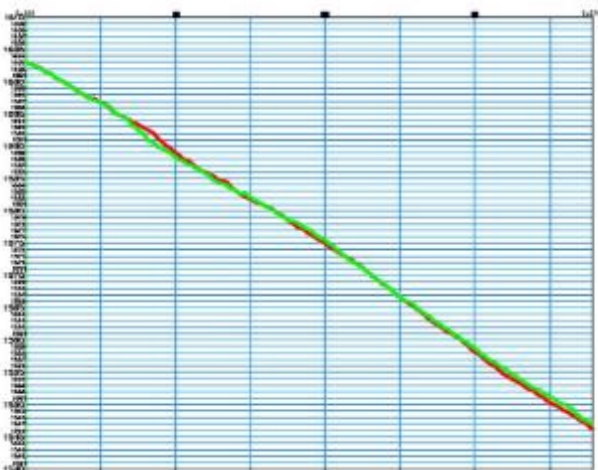


Рис. 11. Продольный разрез 1, где наблюдаются смещения

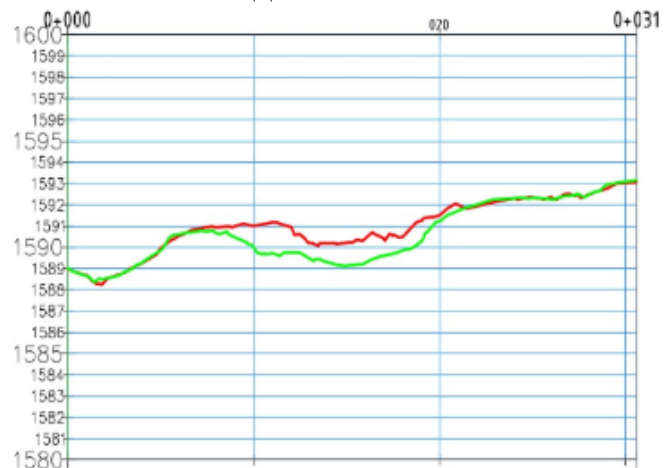


Рис. 12. Поперечное сечение 1-1

Результаты лазерного сканирования подтверждают выводы, сделанные по результатам спутниковых наблюдений по контрольным точкам и обследования бортов разреза. Для выполнения работ по наземному лазерному сканированию вдоль простираения всего разреза была создана сеть специального назначения (базовые станции, рис. 13) с высокой точностью взаимного положения в системе координат WGS-84.

Проведение последовательных серий лазерного сканирования и GPS-съемки разреза с последующим анализом результатов дает возможность решить следующий комплекс задач: осуществлять дистанционный площадной мониторинг распространения деформаций бортов с выделением участков, где имеют место просадки поверхности (оползневые участки); определять объемы деформирующихся масс; выявлять тенденции протекания деформационного процесса; оконтуривать опасные участки (рис. 7-9); назначать расчетные разрезы для оценки устойчивости бортов карьера; оперативный маркшейдерский учет объемов выполненных горных работ.

При разработке методики наблюдений за осадками сооружений первостепенное внимание должно уделяться обоснованию точности и периодичности измерений.



Рис. 13. Расположение базовых станций

Указанные вопросы связаны с принятой схемой измерений и методом обработки результатов измерений, а также моделью прогнозирования деформаций и зависят от исходных показателей, применяемых при расчете.

Для расчета точности измерений может быть использована формула:

$$\sigma_2 = c_0 \frac{\Delta}{6} = c_0 \frac{\delta}{3}, \quad (1)$$

где σ_2 – среднее квадратическое отклонение измерения от постоянного параметра, под которым подразумевают абсолютные и относительные

суммарные величины перемещений; c_0 – коэффициент перехода от технологически нормированного допуска к допуску его измерения (меняется в пределах от 0,20 до 0,70); Δ – технологически нормированный допуск; δ – технологически допустимое отклонение.

При циклических измерениях нормирование точности производится по формуле:

$$\sigma_{2_{инт}} = \frac{\sigma_2}{(n-1)}, \quad (2)$$

где $\sigma_{2_{инт}}$ – среднее квадратическое отклонение измерения параметра в каждом интервале слежения; n – число циклов измерений; $(n-1)$ – число интервалов слежения.

Основными показателями при расчете точности наблюдений должны быть величины относительных предельных деформаций. Расчет точности наблюдений следует производить, исходя из величин ожидаемых конечных предельных значений оседаний и деформаций.

При наблюдениях за состоянием бортов глубоких карьеров необходимо произвести обоснование месторасположения опорных, контрольных и связующих реперов с оценкой точности их планово-высотного положения.

В соответствии с допустимыми погрешностями определения планового и высотного положения реперов произведена оценка точности положения связующих реперов, располагаемых на прибортовой полосе и на бермах уступов глубокого карьера.

Ошибка горизонтирования GPS приемника зависит от точности установки оси круглого уровня в отвесное положение и определяется выражением:

$$m_{гор.} = \frac{0,1\tau}{\rho} h_0, \quad (3)$$

где τ – цена деления круглого уровня стойки отражателя, сек.; h_0 – высота установки GPS приемника, м, ρ – число секунд в радиане.

На GPS приборе установлен круглый уровень, цена деления которого равна 10' или 600"». Тогда, ошибка горизонтирования GPS приемника составит

$$m_{гор.} = \frac{0,1 \times 600}{206265} 1500 = 0,44 \text{ мм.}$$

Ошибка за нестабильность фазового центра антенн принимается на основании проведенных исследований в режиме «быстрая статика», которые показали колебания фазового центра в горизонтальной плоскости меньше 1,0 мм.

Средняя квадратическая погрешность определения планового положения связующего репера с использованием технологии GPS съемок будет равна:

$$m_{связ-GPS} = \sqrt{m_{ц,л}^2 + m_{техн-GPS}^2 + m_{гор.}^2 + m_{ц,а}^2} = \\ = \sqrt{0,7^2 + 1,0^2 + 0,44^2 + 1,0^2} = 1,64 \text{ мм.} \quad (4)$$

Данная методика позволяет не только отыскать необходимую точность измерения смещений, но и определить период наблюдений с оценкой его точности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему: «Совершенствование методов создания 3D моделей объектов открытых горных работ на базе наземного лазерного сканирования» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Выполнен анализ методов создания 3D моделей для объектов открытых горных работ и обзор применения основных программных продуктов по обработке данных сканирования.

2. Обоснована методологическая основа создания трехмерных моделей по результатам наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ.

3. Поэтапно построены трехмерные модели борта карьера на базе использования технологии наземного лазерного сканирования объектов открытых горных работ с целью оценки состояния бортов карьера и откосов уступов в пространстве и во времени, направленные на обеспечение безопасного ведения горных работ.

4. Обобщены сведения о цифровых моделях местности, в том числе о цифровых топографических картах и планах и трехмерных моделях местности, и основные требования к их точности. Приведен обзор современных инструментов и технологий получения координат и цифровых моделей изучаемых объектов, включая теодолитную и тахеометрическую съемки, с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, аэрофототопографическую съемку и наземное лазерное сканирование.

5. Разработана методика съемки объектов карьера с использованием наземных лазерных сканеров, включающая создание планово-высотного обоснования, составление абрисов, выбор шага сканирования и мест положения сканерных станций. Разработан алгоритм действий на каждой

сканерной станции, позволяющий оптимизировать работу каждого члена бригады.

6. Рекомендована оптимальная схема рабочего планово-высотного обоснования наземного лазерного сканирования, позволяющая сократить трудозатраты на его создание.

7. Разработана методика создания цифровых топографических планов и цифровых трехмерных моделей объектов карьера, включающая подготовку данных наземного лазерного сканирования, векторизацию точечной модели, определение высотных характеристик объектов и рельефа, экспорт в пользовательский формат, создание баз данных и оформление цифрового топографического плана и контроль его точности, а также произведено сравнение двух поверхностей в AutoCAD Civil 3D и построена цифровая модель рельефа по выполненным двум циклам наблюдений.

8. Разработан проект наблюдательной станции за состоянием устойчивости бортов с обоснованием местоположений и конструкций наблюдательных станций, выбором способа систематических инструментальных наблюдений, а также предложены две серии инструментальных маркшейдерско-геодезических наблюдений за состоянием устойчивости бортов карьеров с использованием GPS-систем 1200 и 3D-сканера.

9. Проведено спектральное сейсморазведочное и георадарное профилирование наиболее неблагоприятных участков бортов Харанутского разреза с целью изучения состояния прибортовых массивов, прогнозирования геомеханических явлений, а также рекомендовано проведение съемки прибортовых массивов с помощью лазерного сканера и использование специализированной программы AutoCAD Civil 3D для построения цифровой модели карьера.

10. Спроектирована система геомеханического мониторинга состояния устойчивости прибортового массива карьера, состоящая из 17 наблюдательных станций (25 профильных линий), включающих 972 репера, из них 30 опорных, позволяющая выполнять оценку и прогноз геомеханических процессов, а также контроль правильности принятых решений по параметрам откосов бортов.

Результаты работы позволяют повысить эффективность разработки месторождений открытым способом, обеспечить безопасные условия труда и бесперебойный режим работы горнодобывающего предприятия ООО «Харанутский», разреза Ангренинский АО «Узбеккумир» и карьера Кальмакыр АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», а также поднимет на уровень современных требований маркшейдерское обеспечение горнодобывающих предприятий.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC
COUNCIL DSc.22/30.12.2019.T.98.01 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE ALMALYK BRANCH OF THE
NATIONAL RESEARCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY «MISiS»**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED ISLAM
KARIMOV**

RAKHIMOV SHERZOD SHAVKATOVICH

**IMPROVEMENT OF METHODS FOR CREATING 3D MODELS OF
OPEN MINING OBJECTS ON THE BASIS OF LASER LASER
SCANNING**

04.00.09 – Mine surveying

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Almalyk – 2021

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2021.2.PhD/T2214.

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume) on the webpage of the Scientific Council (www.misis.uz) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal (www.ziyo.net).

Scientific supervisor: **Sayyidkosimov Sayyidjabbor Sayyidkosim ugli**
Doctor of technical Sciences, Professor

Official opponents: **Nurpeisova Marjan Baysanovna**
Doctor of technical sciences, Professor

Mamajanov Madridbek Mamajanovich
Doctor of technical sciences, Professor

Leading organization: **SUE « O'zGEORANGMETLITI »**

The defence of the dissertation will be held on «23» july 2021 at 14⁰⁰ at the meeting of one-off of the Scientific Council of scientific degrees DSc.22/30.12.2019.T.98.01 (Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Meeting room of the National Research Technological University «MISiS» Almalyk branch. Tel. : (70) 614-22-57;

The thesis can be found in the Information Resource Center of the National Research Technological University «MISiS» Almalyk branch (registered under No. 20-07-D). Address: 110101, Almalyk, st. Amir Temur 56. Tel.: (70) 614-22-57.

The abstract of the dissertation is distributed on «6» july 2021.
Protocol at the register No 7 dated « 6 » july 2021).



F.Ya. Umarov
Chairman of the One-off Scientific Council for
Awarding of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

G.S. Nutfulloev
Scientific secretary of the One-off scientific council
for awarding scientific degrees, Ph.D., Associate professor

Sh.Sh. Zairov
Chairman of the One-off Scientific Seminar
at the Scientific One-off Council for Awarding of Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to improve methods for creating three-dimensional models of opencast mining objects using ground-based laser scanning for monitoring and predicting the course of deformation processes in open pits.

The object of the research work: the side-by-side array of deep open pits (Kharanutsky coal mine, Irkutsk region of the Russian Federation; Angrensky open pit, Uzbekugol JSC; Kalmakyr quarry, Almalyk mining and metallurgical plant JSC).

The scientific novelty of the research is as follows:

An algorithm for obtaining 3D models of opencast mining objects based on laser scanning systems has been developed, which ensures the required accuracy of creating a single information space for monitoring geomechanical processes of the open pit rock mass;

A model of opencast mining objects was obtained by producing mutual orientation of scans according to an iterative algorithm of the nearest points with control of the accuracy of the resulting model based on the use of the statistical theory of random functions;

The locations of observation stations were substantiated by the factor of tectonic and technogenic disturbance of the massif, taking into account the nature of deformation of rocks and predicting their development in time and space on the basis of the application of the developed complex technique of mine surveying;

A system for monitoring the geomechanical processes of the near-rock mass was created, which includes advanced information technologies based on ground-based laser scanning, which increase the probability and reliability of forecasting the stability of the sides of the quarry.

Implementation of research results. Based on the studies carried out to improve methods for creating 3D models of opencast mining objects based on ground-based laser scanning:

The developed methodological recommendations and normative instructions have been introduced into the practice of work and projects of mining enterprises to ensure the stability of the sides of open pits in the current and long-term planning of the development and safe conduct of mining operations at the Kharanutsky and Angren coal mines (certificate of JSC Uzbekugol No. 01-13 / 1527 of 24 November 2020). As a result, the quality of mining-graphic documentation and the efficiency of the mine surveying service of the mining enterprise have been improved, the terms of development of project documentation have been reduced, a unified information system for the coal mine has been created, accurate accounting of the movement of reserves and the volume of mining operations performed;

Developed technology for creating a three-dimensional model of the quarry including the "List of promising developments in practice of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC in 2022-2023" to the mining operations design and management (Almalyk Mining and Metallurgical Combine reference JSC No. 002451 dated March 18, 2021). As a result, the reliability and stability of the forecast and the pit walls and mining operations safety have been increased.

The structure and volume of the dissertation. The structure of dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and appendices. The amount of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Рахимов Ш.Ш. Прогноз устойчивости бортов глубоких карьеров на базе наземного лазерного сканирования при разработке руд цветных металлов // Композиционные материалы. – Ташкент, 2020. – №31(4). – С. 54-58 (05.00.00; №13).

2. Рахимов Ш.Ш. Применение результатов наземного лазерного сканирования при мониторинге прибортовых массивов глубоких карьеров // Технические науки и инновации. – Ташкент: Ташкентский государственный технический университет, 2020. – №4. – С. 71-79 (05.00.00; №16).

3. Рахимов Ш.Ш. Кон ресурсларидан самарали фойдаланишнинг маркшейдерлик таъминотида ГАТ технологияларни қўллаш // Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги. – ЎзА Илм-фан бўлими (электрон журнал). – Тошкент, 2020 йил, ноябрь ойи сони. – 231-241 б. (ОАК 28.03.2019 й. 263/7.1 ва 263/7.4).

4. Сайидкосимов С.С., Низамова А.Т., Рахимов Ш.Ш. Реконструкция и модернизация маркшейдерско-геодезического обоснования на территории горнопромышленных районов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: «Горная книга», 2018. – №S27. – С. 80-87 (05.00.00; №29).

II бўлим (II часть; part II)

5. Рахимов Ш.Ш. Жойнинг рақамли моделларини тузишда Геоинформацион усулларни қўллаш // «Замонавий география ва унинг ривожланиш истиқболлари». – Тошкент: Ўзбекистон Миллий университети, 2012. – №2. – 273-275 б.

6. Рахимов Ш.Ш. Геоинформацион тизимларни дастурий воситалари // «География». – Тошкент: Ўзбекистон Миллий университети, 2013. – 199-201 б.

7. Эгамбердиев А., Рахимов Ш.Ш. Абу Райхон Берунийнинг геодезия ва картографияга оид ишлари // Геодезия картография ва кадастр сохаларини ривожлантиришни долзарб муаммолари. – Самарқанд, 2014. – 143-145 б.

8. Рахимов Ш.Ш. Космосдан олинган суратлар ва улардан карталар тузишда фойдаланиш // Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни. – Тошкент: ТДТУ, 2015. – №1. – 192-194 б.

9. Рахимов Ш.Ш., Пардабаев А.П. Ўзбекистон Республикаси худудида кадастрни юритишда геоахборот тизимидан оқилона фойдаланиш // Замонавий география ва унинг ривожланиш истиқболлари. – Тошкент: Ўзбекистон Миллий университети, 2015. – №2. – 103-106 б.

10. Эгамбердиев А., Рахимов Ш.Ш. «Ўзбекистонда Республиканинг мажмуали табиий географик атласи ҳақида» // «Ўзбекистонда географиянинг

долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Термиз, 2016. – 260-262 б.

11. Рахимов Ш.Ш. «Баланд минорали иншоотларнинг чўкиши ва деформацияларни ҳосил қилувчи омиллар» // «Ўзбекистонда география фанининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Термиз, 2016. – 284-285 б.

12. Саййидкосимов С.С., Рахимов Ш.Ш. Инновации в модернизации геодезической опорной сети горно-промышленных районов // Научный журнал Карагандинского государственного технического университета. – Казахстан, 2017. – С. 57-62.

13. Эгамбердиев А., Рахимов Ш.Ш. Ўзбекистон евроосиё маконида: география, геоиктисодиёт, геоэкология // «Ўзбекистонда картография соҳасини ривожланишида Тошкент картография фабрикасининг роли». – Тошкент: Ўзбекистон Миллий университети, 2017. – 428-435 б.

14. Рахимов Ш.Ш. Ўзбекистон Республикасида доимий фаолият кўрсатувчи базавий GPS станциясининг геодезия картография ва кадастр мақсадларида қўлланилиши // «Ўзбекистонда картография соҳасини ривожланишида Тошкент картография фабрикасининг роли». – Тошкент: Ўзбекистон Миллий университети, 2017. – 408-410 б.

15. Рахимов Ш.Ш., Абдумуминов Б. Microsoft office excel дастурларидан геодезик масалаларни ечишда фойдаланиш // «Ўзбекистонда картография соҳасини ривожланишида тошкент картография фабрикасининг роли». – Тошкент, Ўзбекистон Миллий университети, 2017. – 383-385 б.

16. Саййидкосимов С.С., Низамова А.Т., Рахимов Ш.Ш. Проблемы экологической и промышленной безопасности при недропользовании // Вестник МАНЭБ. – С.-Петербург, 2018. – Т. 23. – №2. – С. 25-27.

17. Саййидкосимов С.С., Рахимов Ш.Ш. Программа обеспечения совершенствования методов создания 3D моделей объектов открытых работ на базе наземного лазерного сканирования // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №DGU05705. Зарегистрировано в гос. реестре программ для ЭВМ РУз в г.Ташкенте 10.10.2018 г.

18. Низамова А.Т., Рахимов Ш.Ш. Применение трехмерного моделирования в исследованиях геомеханических свойств массива горных пород // Материалы республиканской научно-технической конференции на тему: «Геодезические и маркшейдерские проблемы ведения кадастровых работ на объектах горно-металлургической отрасли». – Ташкент: ТашГТУ, 2018. – С. 63-67.

19. Саййидкосимов С.С., Казаков А.Н., Рахимов Ш.Ш. Система маркшейдерского мониторинга геомеханических и геодинамических процессов на глубоких карьерах // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию НГМК. – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 25-27.

20. Низамова А.Т., Рахимов Ш.Ш. Исследование комплекса задач по обеспечению устойчивости и прогноза бортов глубоких карьеров на базе маркшейдерского мониторинга // Материалы Международной научно-

технической конференции на тему: «Современные проблемы и перспективы совершенствования рационального и безопасного недропользования». – Ташкент: ТашГТУ, 2018. – С. 54-58.

21. Назаров Б.Р., Рахимов Ш.Ш. Лазерли рулетка ёрдамида баланд иншоотларнинг геометрик параметрларини аниқлаш тўғрисида // Географическая наука Узбекистана и России: общие проблемы, потенциал и перспективы сотрудничества. Труды Международной научно-практической конференции. – Ташкент, 13-19 мая 2019 г. – С. 232-234.

22. Рахимов Ш.Ш., Расулов А.Х. Аналитическая работа в геоинформационной системе. Расчет объема объекта (Каракутан) // «Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни» Республика илмий техникавий анжумани тезислар тўплами. – Тошкент: ТошДТУ, 2020. – 301-303 б.



Автореферат “Ўзбекистон кончилик хабарномаси” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тиллардаги матнлари мослиги текширилиди (30.06.2021 й.)

Босишга рухсат этилди: 07.07.2021 йил
Бичими 60x45^{1/8}, ”Times New Roman”
Гранитурада рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3. Адади:50. Буюртма: №128

ТТЕСИ босмаҳонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Шохжаҳон кўчаси, 5-уй