

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ
КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ДЖУРАЕВ РУСТАМ УМАРХАНОВИЧ

**УЮРМАЛИ ҚУВУРЛАРНИ ҚЎЛЛАБ БУРҒИЛАШ УСКУНАЛАРИНИ
ЭНЕРГИЯ САМАРАДОР ЭКСПЛУАТАЦИЯСИНИ ИЛМИЙ
АСОСЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.16 – Кончилик машиналари;

04.00.15 – Геология қидирув ишлари технологияси ва техникаси

**техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Джураев Рустам Умарханович

Уюрмали кувурларни қўллаб бурғилаш ускуналарини энергия самарадор эксплуатациясини илмий асосларини ишлаб чиқиш.....3

Джураев Рустам Умарханович

Разработка научных основ энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб.....29

Djuraev Rustam Umarkhanovich

Development of scientific foundations for energy efficient operation of drilling equipment using vortex tubes55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....59

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ
КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ДЖУРАЕВ РУСТАМ УМАРХАНОВИЧ

**УЮРМАЛИ ҚУВУРЛАРНИ ҚЎЛЛАБ БУРҒИЛАШ УСКУНАЛАРИНИ
ЭНЕРГИЯ САМАРАДОР ЭКСПЛУАТАЦИЯСИНИ ИЛМИЙ
АСОСЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.16 – Кончилик машиналари;

04.00.15 – Геология қидирув ишлари технологияси ва техникаси

**техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фан доктори (Doctor of Sciences) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.DSc/T369 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчилар:

Меркулов Михаил Васильевич
техника фанлари доктори, профессор
Тошов Жавохир Буриевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Столповских Иван Никитович
техника фанлари доктори, профессор
Нескоромных Вячеслав Васильевич
техника фанлари доктори, профессор
Шакиров Анвар Адилевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Геология ва геофизика институти

Диссертация химояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/30.12.2019.T.06.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгашнинг 2020 йил 14 декабр соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (64 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй, Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2020 йил 30 ноябр куни тарқатилди.
(2020 йил 30 ноябрдаги 26 рақамли реестр баённомаси)



К.С. Санакулов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ш.Ш. Заиров

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш Илмий котиби, т.ф.д., профессор

И.Т. Мислибаев

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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда фойдали қазилмаларни қидириш ва уларни қазиб олиш, ҳар қандай давлатнинг халқ хўжалиги тармоқларини оширувчи индустриянинг асосий таянчи ҳисобланади. Қидирув скважиналарининг ўртача чуқурлиги 500-600 метрни, айрим конларда эса 1200-1500 метр ва ундан юқорини ташкил этади. Бурғилаш тезлиги – фойдали қазилма конларини қидириш ва разведка қилиш ҳамда технологик ва техник скважиналар эксплуатацияси муддатларини камайтириш имконини беради. Ҳаво ёрдамида бурғилаш янги прогрессив ва юқори самарадор усулларга киради, суюқлик билан ювиб бурғилашдан фарқи шундаки, забойни шламдан тозалаш учун газсимон агент, яъни сиқилган ҳаво қўлланилади. Скважиналарни ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилаш геологик қийинчиликлар билан боғлиқ тўхталишларни бартараф этиш ва бурғилашнинг механик тезлигини оширишга ёрдам беради, бу эса бурғилаш ишларининг унумдорлиги ва самарадорлигини ошишига олиб келади. Бурғилаш ускуналарининг эксплуатацияси самарадорлигини ошириш билан боғлиқ масалалар охиригача ечилмаган ва уни ҳозирда ечиш муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда бурғилаш амалиёти шуни кўрсатадики, бурғилаш суюқликларини қўллаш ноқулай ва қийин шароитда, ювувчи суюқликни ютувчи муҳитда, сув таъминоти имконсиз ва қийин бўлганда ҳамда атроф муҳитнинг салбий ҳароратларида скважина тубини шламдан тозалаш учун сиқилган ҳавони қўллаш энг самарали усул ҳисобланади. Шу билан бирга, ҳавонинг паст иссиқлик ўтказувчанлиги сабабли скважина тубида жинс парчаловчи инструментнинг самарадорлигига салбий таъсир кўрсатувчи юқори ҳарорат ҳосил бўлади. Бундан ташқари, бурғилаш ишларининг харажатлари худди шундай шароитларда қўлланиладиган насос ускуналари юритмасига нисбатан, юритмасининг энергия сарфи юқори бўлган компрессор ускуналарини қўллаш эвазига сезиларли даражада ошади. Скважиналарни бурғилашда уларнинг ўтиш тезлигини ошириш, юқори унумдор техник ва технологик ечимларни жорий қилиш заруратини тақазо этмоқда.

Республикамизда янги фойдали қазилма конларини қидириш ва разведка қилиш ишларини жадаллаштириш, бурғилаш ускуналарини ишлатишда энергия тежовчи ва иқтисодий самарали усулларни тадқиқ қилиш, скважиналарни бурғилаш ишларида ресурстежамкор технологияларни қўллаш, бурғилаш ишлари таннархини камайтириш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг қарорида «Иқтисодиётни янада ривожлантириш ва либераллаштириш, ишлаб чиқаришни модернизациялаш учун инвестицияларни жалб қилиш учун қўшимча шарт-шароитлар яратиш ва кон-металлургия саноатидаги йирик корхоналарнинг рақобатбардошлигини ошириш...»¹ юзасидан муҳим вазифалар белгиланган.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-4124 сонли «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» 17 январь 2019 йилдаги қарори.

Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, бурғилаш ускуналарининг эксплуатацияси энергия самарадорлигини ошириш, фойдали казилма конларини қидириш ва разведка қилишнинг муддатларини камайтириш ҳамда геологик қидирув ишларининг ёқилғи энергия сарфларини камайтириш катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 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, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» 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 илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиясини ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Бурғилаш жиҳозлари ва компрессор ускуналарининг самарадорлигини оширишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказларида ва олий таълим ўқув юртларида, жумладан, University of Tulsa (АҚШ), Woodbury University (АҚШ), Россия давлат геология қидирув университети (Россия), Сибир Федерал университети (Россия), The University of Queensland (Австралия), Урал давлат кончилик университети (Россия), Миллий тадқиқот технологик университети «МИСиС» (Россия), Минерал ресурслар институти давлат корхонаси, Навоий давлат кончилик институти, Тошкент давлат техника университетида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Бурғилаш жиҳозлари ва компрессор ускуналари самарадорлигини ошириш бўйича амалга оширилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, шу жумладан: бурғилаш ускуналарининг самарадорлигига таъсир қилувчи омиллар аниқланган (Урал давлат кончилик университети, Россия), жинс парчаловчи асбобларнинг самарадорлиги оширилган ва такомиллаштирилган (University of Tulsa, АҚШ), Миллий тадқиқот технологик университети «МИСиС» Россия), Бурғилаш ишларининг энергия ва ресурстежамкорлиги усуллари ишлаб чиқилган (Россия давлат геология қидирув университети), скважиналар ўтишнинг харажатларини камайтириш ва иқтисодий самарадорлигини ошириш усуллари ишлаб чиқилган (The University of Queensland, Австралия, Сибир Федерал университети, Россия) Минерал

² Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amozon.com>, <http://www.mirknigi.ru> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

ресурслар институти, Ўзбекистон), Компрессор ускуналарини ишлатишда энергиятежамкорлик, компрессор ускуналарининг иккиламчи энергия ресурсларини утилизация қилиш усуллари ишлаб чиқилган (Навоий давлат кончилик институти).

Жаҳонда бурғилаш ускуналари эксплуатациясининг энергия самарадор усуллари ишлаб чиқишга оид қуйидаги устувор йўналишлар бўйича қатор тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда: бурғилаш ускуналарини самарадорлигига таъсир қилувчи омилларни аниқлаш, жинс парчаловчи инструментларни такомиллаштириш ва самарадорлигини оширишни тадқиқ қилиш, бурғилаш ишларини амалга оширишда энергия ва ресурстежамкор усуллари ишлаб чиқиш, компрессор ускуналарининг иккиламчи энергия ресурсларидан самарали фойдаланиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Бурғилаш ускуналарининг энергия самарадор эксплуатацияси, жинс парчаловчи асбобларни самарадорлигини ошириш ва компрессор ускуналарини такомиллаштиришнинг илмий ва амалий ривожланишига Соловьев Н.В., Куликов В.В., Кудряшов Б.Б., Горшков Л.К., Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Стеклянов Б.Л., Шамансуров И.И., Тошов Ж.Б., Рахимов Р.Р., Торгашов А.В., Миняев Ю.Н., Френкель М.И., Фролов П.П., Шамшев Ф.А., Шрейнер Л.А., Магардумов А.М., Heriot Watt., Garnier A.I., Hollis W.T., Cannon G. E., Nicolson R.M., Stapel A.G ва бошқалар катта ҳисса қўшишган. Улар томонидан бурғилаш ускуналарининг самарадорлигини ошириш ва кон компрессор ускуналари энергия сарфини камайтириш билан боғлиқ катта натижаларга эришилган.

Бироқ бугунги кунга қадар жинс парчаловчи асбобларнинг ишлаш муҳитини яхшилаш эвазига, уюрмали қувурларни қўллаб бурғилаш ускуналари эксплуатацияси самарадорлигини оширишнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш тўлиқ ўрганилмаган. Шунингдек, жинс парчаловчи асбобларнинг юқори ҳарорат тартибларининг бурғилаш самарадорлигига ва энергия сарфига таъсири тўлиқ тадқиқ қилинмаган. Шу билан бир қаторда, тоғ жинсларининг хусусиятлари идеализацияси шароитлари ва ишчи орган иш шароитлари орасидаги боғлиқликнинг йўқлиги, скважина тубида ажралаётган юқори ҳароратларнинг ҳажмий парчаланиш тезлигига боғлиқлиги, скважиналарни бурғилашда тозаловчи ҳаво ҳароратининг ошишини ва жинс парчаловчи асбобларнинг ишчанлигига таъсирини аниқлаш муаммолари келиб чиқади. Шу муносабат билан жинс парчаловчи асбобларнинг ҳарорат режимларини тадқиқ қилиш ва скважиналарни ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда энергия самарадорлигини ошириш, кон-геология соҳасининг долзарб илмий-амалий муаммоси ҳисобланади ҳамда ушбу йўналишда тадқиқотларни давом эттириш лозим.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот режасининг ЁБВ–Атех–2018–22-сонли «Скважиналарни ҳаво ёрдамида бурғилашнинг самарадорлигини ошириш учун ресурстежамкор

технологияларни ишлаб чиқиш» (2018–2019 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади жинс парчаловчи асбобларнинг ишлашдаги ҳарорат тартибларини такомиллаштириш ва компрессор ускуналарининг самарадорлигини ошириш асосида скважиналарни ҳаво ёрдамида бурғилашнинг самарали энергетик мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

скважиналарни ҳаво билан бурғилаш бўйича бажарилган тадқиқотларни таҳлил қилиш;

жинс парчаловчи асбобни ишлашдаги ҳарорат тартибларини ва унинг бурғилаш самарадорлигига таъсирини тадқиқ қилиш;

уормали қувурни ва уни жинс парчаловчи асбобни совутишда қўллаш мумкинлигини тадқиқ қилиш;

уормали қувурни скважина тубида жойлаштириб бурғилаш асбобини янги конструкциясини ишлаб чиқиш;

уормали қувурни қўллаб, скважина ҳарорат режимининг математик моделини ишлаб чиқиш;

компрессор ускунасининг энергия самарадорлигини тадқиқ қилиш ва ортиқча ҳаводан фойдаланган ҳолда, компрессор ички ёнув двигателини иссиқлигини утилизация қилиш тизими конструкциясини яратиш;

ички ёнув двигатели тутун газлари эжекциясининг, унинг иш самарадорлигига таъсирини экспериментал тадқиқ қилиш;

скважиналарни ҳаво ёрдамида бурғилашнинг энергетик самарадорлигини оширувчи усулларни ишлаб чиқиш ва таклиф этилаётган ечимларнинг энергетик самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти ҳаво ёрдамида бурғилашнинг технологик жараёнлари, бурғилаш ускуналарининг энергия самарадор эксплуатацияси ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети – жинс парчаловчи асбобларнинг ишлашдаги ҳарорат режимлари ва бурғилаш ускуналарининг компрессор қурилмасининг дизель юритмаси самарадорлиги ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда назарий умумлаштириш, лаборатория ва саноат ишлаб-чиқариш шароитида экспериментал тадқиқ қилиш, шунингдек, жинс парчаловчи асбобларни ҳарорат тартибларини математик статистика, стандарт математик ҳамда график дастурларни ўз ичига олган ҳолда математик моделлаштириш тадқиқотларнинг умумлашган усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

совутилган ҳаво ҳароратини компрессор ҳосил қиладиган турли босимларда ҳисоблаш имконини берадиган, экспериментал маълумотларнинг таҳлили асосида уормали совутгични совуқ ҳаво оқими ҳароратининг катталиги ҳаво босимига аналитик боғлиқлиги аниқланган;

ҳаво босимига боғлиқ ҳолда скважинани ҳар қандай нуқтасида ҳароратни башорат қилиш ва аниқлаш имконини берадиган, уормали қувурни қўллаб скважинани математик модели ишлаб чиқилган;

компрессор юритмасининг иккиламчи энергия ресурсларини утилизация қилиш қурилмасини қўллаганда, ички ёнув двигателининг тутун газлари қувурида эжекцияли соплами қўллаш ёнилғи сарфини камайтириш имконини бериши ва ёнилғи сарфининг қиймати двигателга бериладиган юкламага қараб ўзгариши аниқланган;

компрессорнинг энергия йўқотилишларини камайтириш ва фойдали иш коэффициентини ошириш имконини берадиган, компрессор ички ёнув двигатели иккиламчи энергия ресурсларини утилизация қилиш ускунасининг конструкцияси ишлаб чиқилган;

скважина тубида тозаловчи ҳаво оқими ҳароратини аниқлашни имконини берувчи, уюрмали қувурли бурғилаш снарядидан чиқувчи совутувчи ҳаво оқими температурасининг компрессор ҳосил қиладиган ҳаво босими ва сарфига боғлиқлиги аниқланган;

анъанавий бурғилаш снарядини ва уюрмали совутгичли бурғилаш снарядини қўллаганда турли ўқли босимларда скважина тубидаги ҳароратнинг ўзгариши айланишлар сонига эмпирик боғлиқлиги аниқланган;

скважина тубида ҳароратни пасайтириш эвазига, бурғилашнинг механик тезлигини ошириш имконини берувчи уюрмали совуткичли бурғилаш снарядининг конструкцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

компрессор ускунаси эксплуатацияси самарадорлигини ёқилгини иқтисод қилиш ва иккиламчи энергия ресурсларини утилизация қилиш эвазига оширувчи, ички ёнув двигатели иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси ишлаб чиқилган;

бурғилаш коронкаси мустақамлигини ошириш ва энергия сарфларини камайтириш имконини берувчи ечилувчи керн қабул қилгичли колонкавий снаряднинг конструкцияси ишлаб чиқилган;

жинс парчаловчи асбобнинг ишлашидаги ҳарорат режимларини меъёрлаштириш имконини берувчи ҳаво пурқаб бурғилаш учун бурғилаш снарядининг конструкцияси ишлаб чиқилган;

скважина тубида ҳароратни башоратлаш ва ҳисоблаш имконини берувчи, скважина ҳарорат тартибининг аналитик модели ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги кенг миқёсдаги лаборатория ва саноат шароитидаги тажрибалар, бурғилаш ускуналарининг эксплуатациясининг энергия самарадор усулларини ишлаб чиқишда ишнинг асосий ғоясининг миқдорий кўрсаткичларининг қоникарли даражада мувофиқлиги, шунингдек, бурғилаш ускуналарини энергия самарадорлигини оширувчи бурғилаш снаряди конструкциясини ва компрессорнинг ички ёнув двигатели иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини қўллаш орқали эришилган ижобий натижалар орқали исботланди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти уюрмали қувурни ва уни жинс парчаловчи асбобни совутишда қўллаш мумкинлигини тадқиқ қилиш, уюрмали қувурни қўллаб скважина ҳарорат режимининг математик моделини ва

уюрмали қувурларни қўллаб бурғилаш ускуналарининг энергия самарадор эксплуатациясининг илмий асосларини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти компрессор ускунаси ички ёнув двигатели иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини, ечилувчи керн қабул қилгичли колонкавий снаряд ҳамда ҳаво пуркаб бурғилаш снарядининг янги конструкцияларини ва скважина ҳарорат режимларининг аналитик моделини ишлаб чиқиш билан изоҳланади, булар эса бурғилаш ускунаси эксплуатациясининг энергия самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Уюрмали қувурларни қўллаб бурғилаш ускуналарини энергия самарадор эксплуатациясини илмий асосларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

бурғилаш ускунаси компрессорининг ички ёнув двигатели иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК Геология қидируви экспедициясининг Марказий геологик қидирув партиясида амалиётга жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2020 йил 19 августдаги 02-06-07/8762-сон маълумотномаси). Натижада, атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишининг камайиш ва бурғилаш ускунасининг компрессори самарадорлигини ортиш имконини берган;

уюрмали совутгичли бурғилаш снарядининг янги конструкцияси «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК Геология қидируви экспедициясининг Марказий геологик қидирув партиясида амалиётга жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2020 йил 19 августдаги 02-06-07/8762-сон маълумотномаси). Натижада, скважина тубида қулай ҳарорат шароитларини яратиш ва бурғилашнинг механик тезлигини ошириш имконини берган;

уюрмали қувур «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК Геология қидируви экспедициясининг Марказий геологик қидирув партиясида амалиётга жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2020 йил 19 августдаги 02-06-07/8762-сон маълумотномаси). Натижада, компрессорнинг ички ёнув двигатели ёқилғи сарфини 10% га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 3 та республика ва 11 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 31 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 11 та, жумладан, Республика нашрларида 4 та ва хорижий журналларда 7 та мақола нашр этилган, 2 та фойдали моделга патент олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 194 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг 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 **«Скважиналарни ҳаво пуркаб бурғилашни такомиллаштиришнинг асосий йўналишлари ва ҳолати»** деб номланган биринчи бобида скважиналарни ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашнинг хусусиятлари таҳлил қилинган ва чангга қарши курашиш усулларининг самарадорлиги ўрганилган. Ҳаво ёрдамида тозалаб бурғулаш соҳасида маҳаллий ва хорижий тажрибаларнинг таҳлили келтирилган, шунингдек, ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда бурғилаш ускуналарининг энергия самарадорлигини ошириш ва такомиллаштиришнинг асосий йўналишлари аниқланган.

Бурғилаш техникаси ва технологияларини такомиллаштириш, бурғилаш ускуналарининг энергия самарадорлигини ошириш ва скважиналарни бурғилаш харажатларини камайтириш фойдали қазилма конларини қидириш ва қазиб олишнинг долзарб вазифасидир.

Скважиналарни бурғилашнинг самарадорлигини ошириш янги инновацион ва юқори самарали техник ечимларни жорий этишни талаб қилади.

Бугунги кунда скважиналарни ҳаво ва турли газсимон ювувчи суюқликлар ёрдамида тозалаб бурғилаш усули муаяйн шароитларда энг илғор ва самарали ҳисобланади.

Ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда ювувчи суюқликнинг бурғилаш қувурларига гидростатик босими йўқлиги туфайли бурғилаш тезлиги кескин равишда ошади. Натижада жинс парчаловчи асбобнинг иш шароитлари яхшиланиб, скважиналарни ўтиш тезлашади.

Муаяйн шароитларда скважина тубини сиқилган ҳаво ёрдамида тозалаш скважинларни ўтишнинг самарали усулидир. Аммо ҳавонинг массавий сарфи ва иссиқлик сиғими ювиш суюқлигига нисбатан анча паст, бу эса, жинс парчаловчи асбобнинг самарадорлигига салбий таъсир этувчи, скважина тубида юқори харорат тартибни ҳосил бўлишига олиб келади.

Бундан ташқари, бурғилашнинг энергия сарфи компрессор қурилмаларидан фойдаланиш туфайли ортади, чунки унинг юритмаси қуввати шунга ўхшаш шароитларда ишлатиладиган насосларникига нисбатан анча катта.

Компрессорнинг номинал тартибда ишлаши катта энергия йўқотишларига асосий сабаб бўлади. Ёқилғининг, тахминан, 30 % фойдали қувватга айланса, унинг 70 % иссиқлик шаклида йўқолади, шу сабабли, йўқотишларнинг аксарияти компрессор қурилмасининг ички ёнув двигателларига тўғри келади.

Олдинги тадқиқотлар натижаларини таҳлил қилиш ишнинг қуйидаги асосий йўналишларини шакллантиришга имкон берди: скважина тубидаги ҳарорат тартибларини яхшилаш ва компрессор қурилмасининг самарадорлигини ошириш орқали жинс парчаловчи асбобларнинг самарадорлигини ошириш.

Диссертациянинг «Скважиналарни ҳаво билан тозалаб бурғиладда жинс парчаловчи асбобнинг ҳарорат тартибларини такомиллаштириш ва тадқиқ қилиш» деб номланган иккинчи бобида, бурғиладда самарадорлигига жинс парчаловчи асбобларини ҳарорат тартибининг таъсири ва омиллари таҳлил қилинган, бурғиладда асбобининг ҳарорат тартибини меъёрлаштириш учун уюрмали қувурдан фойдаланиш имконияти тадқиқ қилинган.

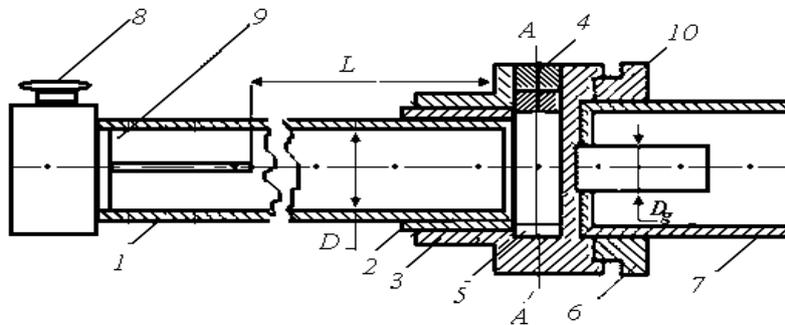
Скважиналарни ҳаво ёрдамида тозалаб бурғиладда энергия самарадорлигини ошириш учун ҳарорат тартибини такомиллаштиришнинг асосий йўналишлари белгиланган.

Скважинларни ўтишда ҳарорат омиллари бурғиладда асбобининг ишлашига салбий таъсир кўрсатади: матрицалар деформацияси, олмосларнинг бузилиши, уларнинг ишчи юзаларининг емирилиши, олмос мустаҳкамлигининг пасайиши ва асбобларнинг куйиши.

Бурғиладда асбобининг юқори ҳарорати натижасида авариялар юзага келади, аксарият ҳолларда олмос тишли долоталар қуяди, ушбу ҳолатни бартараф этиш учун сарфланган вақт умумий бурғиладда вақтининг 8-10% ни ташкил этади. Шубҳасиз, самарадорликнинг ошиши скважиналарни бурғиладда ҳарорат тартибини таъминлаш билан бевосита боғлиқдир.

Ҳаво ёрдамида тозалаб бурғиладда скважинанинги ҳарорат тартибини меъёрлаштиришнинг энг самарали воситаларидан бири тозаловчи восита сифатида манфий ҳароратгача совутилган ҳаводан фойдаланишдир.

Тозаловчи ҳавони совутиш қурилмаси сифатида Ранк эффектига асосланган уюрмали қувурдан фойдаланиш янада самарали ва иқтисодий фойдали бўлиши мумкин. Уюрмали қувурнинг ўзига хос хусусиятлари, унинг кичиклиги ва ҳаракатланувчи қисмларнинг йўқлиги уни бурғиладда жараёнида пастки совутиш генератори сифатида ишлатиш имконини беради. 1-расмда уюрмали қувурнинг конструкцияси келтирилган.



1 – қувур; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – улитка; 5 – совуқ томонда совуқ ҳаво фракцияси генератори; 6 – гайка; 7 – қувур; 8 – дроссель; 9 – крестовина; 10 – қоплама

1 – расм. Уюрмали қувурнинг конструкцияси

Ҳавони соплодан оқиб чиққанлиги натижасида юзага келган айланма уюрмали оқимнинг устки қатлами анча совиб, диафрагманинг тешиги орқали совуқ оқим сифатида чиқиб кетади, бир вақтнинг ўзида ички қатлам қизиб, дрессель орқали иссиқ оқим сифатида оқиб чиқиши уюрмали эффект ёки Ранк эффектидир. Дрессель иссиқ ва совуқ ҳавонинг сарфини тартибга келтиради. Уюрмали қувурнинг совуқ томонидан чиқувчи оқим совуқ фракция деб номланади. Совуқ оқим ҳароратининг энг паст қийматида у минимал ҳаво сарфига эга.

Уюрмали қувурнинг турли иш тартибларида кўрсаткичларини ўзгартиришнинг асосий қонуниятларини белгилаш мақсадида тажриба синов ишлари ўтказилди.

Тажриба-синов ишлари натижалари уюрмали қувурнинг совуқ ва иссиқ оқимларининг ҳарорат ўзгариши ҳаво босимига боғлиқлигини аниқлашнинг имконини берди.

Тажриба синов маълумотларини статистик қайта ишлаш натижасида уюрмали қувурнинг совуқ оқими ҳароратининг ҳаво босимига қуйидаги боғлиқлиги аниқланди:

$$t_{1H} = -24,6 P - 10,9, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (1)$$

бунда P – компрессордан чиқувчи сиқилган ҳаво босими, МПа.

Олинган боғлиқлик уюрмали қувурни қўллаб скважиналарни ҳаво билан тозалаб бурғиладда, ҳарорат тартибларини (2) ва (3) формулалар ёрдамида ҳисоблашда уюрмали қувурдан совуқ ҳаво оқимининг бошланғич (t_{1H}) ҳароратини аниқлаш имконини беради.

Бурғилаш жараёнида скважинанинг ҳарорат тартиби деб, ўзининг кўп сонли турли хил таъсири бўйича омилларга боғлиқ бўлган бурғилаш колоннасининг ички каналида ва ҳалқасимон каналда айланувчи ювувчи муҳитнинг ҳарорати тақсимланиши тушунилади. Б.Б. Кудряшов томонидан таклиф этилган формулалар асос қилиб олинган ушбу формулалар ювувчи муҳит оқимининг дастлабки ҳароратини исталган h чуқурликда бошланғич ҳароратга боғлиқ бўлган ҳолда охириги H скважина чуқурлигида аниқлаш имконини беради. Ҳарорат тақсимланиши формулалари:

бурғилаш қувурида

$$t_1 = (t_{1H} - T_{\text{п}}) \cdot e^{r_2 h} + \frac{k\pi}{G_{\text{тср}}} \cdot \frac{\Delta t_3}{r_1} \cdot e^{r_1(h-H)} + T_{\text{п}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

ҳалқасимон каналда

$$t_2 = (T_{\text{п}} - t_{1H}) \cdot \frac{r_2}{r_1} \cdot e^{r_2 h} - \frac{k\pi}{G_{\text{тср}}} \cdot \frac{\Delta t_3}{r_2} \cdot e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

бунда r_1, r_2 – характерли тенгламаларнинг илдизлари:

$$r_1, r_2 = \frac{\pi}{G_{\text{с}}} \left(\frac{k_{\text{т}} D}{2} \mp \sqrt{\frac{k_{\text{т}}^2 D^2}{4} + k_{\text{т}} k D} \right), \text{ м}^{-1}; \quad (4)$$

бунда $T_{\text{п}}$ – ўртача доимий чуқурлик бўйича тоғ жинсларининг табиий ҳарорати, $^\circ\text{C}$; t_{1H} – бурғилаш қувурига юборилувчи ювувчи агентнинг ҳарорати $^\circ\text{C}$; h – скважина чуқурлиги (жорий координатаси), м; H – скважинанинг охириги чуқурлиги, м; D – скважина диаметри, м; k – қувур узунлиги бирлигига

тенглаштирилган бурғилаш колоннаси деворидан иссиқлик ўтказилиш коэффициентини, Вт/(м·°С). G – оғирлик сарфи (ҳаво учун – G_r), кг/с; c – тозаловчи агентнинг солиштирма иссиқлик сифими, Дж/кг·°С; k_τ – турғун бўлмаган иссиқлик коэффициенти, Вт/ч·°С; Δt_3 – скважина тубида ҳарорат ўзгариши (ошиши), °С.

Скважинани ҳарорат тартибларини ҳисоблаш натижалари қатъий равишда уларга киритилган қийматларнинг тўғри аниқланишига боғлиқ бўлади. Уюрмали қувурни совутувчи ускуна сифатида қўллаб скважина тубини ҳаво билан тозалаб бурғилашда, бурғилаш қувурига юбориладиган уюрмали қувурнинг совуқ томонидаги ҳаво ҳарорати (t_{1H}) босимга боғлиқ бўлади ва уюрмали қувурни тадқиқ қилишда олинган боғлиқлик билан аниқланиши мумкин.

Скважинага юборилаётган ҳавони совутиш учун уюрмали қувурни қўллаганда, ювувчи муҳитнинг бошланғич ҳарорати (t_{1H}) уюрмали қувурнинг совуқ томонидаги ҳавонинг ҳарорати билан аниқланади.

Уюрмали қувурнинг совуқ томонидаги ҳаво ҳароратининг босимга тажрибавий боғлиқлигини қўллаганда, (2) ва (3) формулалар қуйидаги кўринишга келади:

бурғилаш қувурида

$$t_1 = ((-24,6 \cdot P - 10,9) - T_{\text{п}}) e^{r_2 h} + \frac{k\pi \Delta t_3}{G_r c_p r_1} e^{r_1(h-H)} + T_{\text{п}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

ҳалқасимон каналда

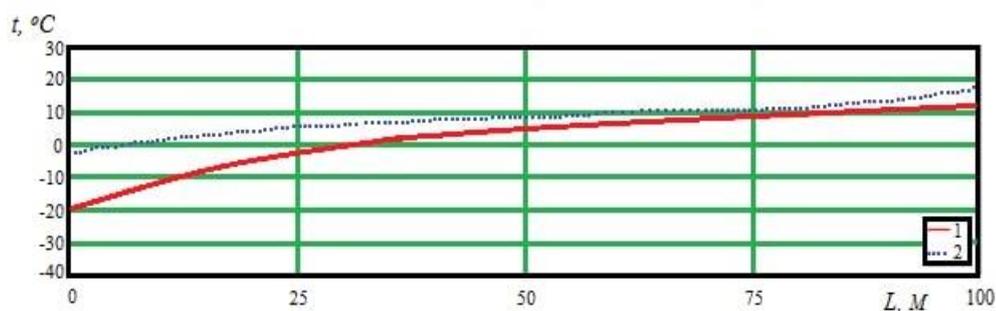
$$t_2 = (T_{\text{п}} - (-24,6 \cdot P - 10,9)) \frac{r_2}{r_1} e^{r_2 h} - \frac{k\pi \Delta t_3}{G_r c_p r_2} e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

бунда P – ҳавонинг босими, МПа.

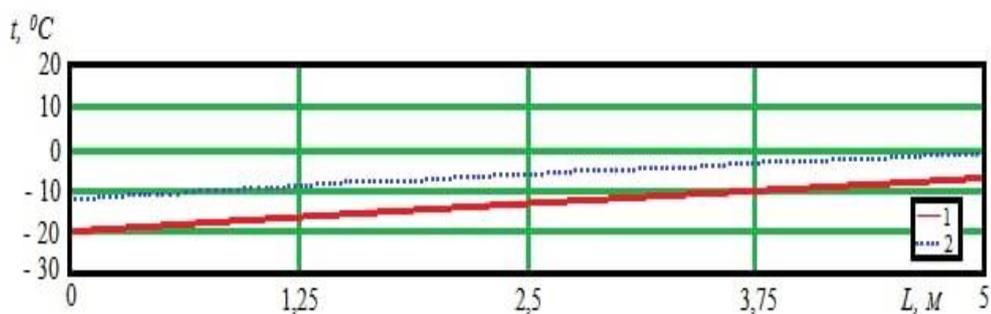
Скважинанинг исталган нуқтасидаги ҳароратни ҳаво босимига қараб аниқлаш ва башорат қилиш имконини берувчи (2) ва (3) формулалар асосида уюрмали қувур ёрдамида скважина ҳарорати тартибининг математик модели ишлаб чиқилди. Ҳарорат тартиби икки ҳолат учун кўриб чиқилди: биринчи ҳолатда уюрмали қувур скважинанинг устки қисмига ўрнатилади ва совутилган ҳаво иссиқлик сақловчи бурғилаш қувурлари орқали скважинага берилади.

Скважинанинг устки қисмида уюрмали қувур ўрнатилганда (2-расм) иссиқлик сақловчи трубалар билан бурғилашни ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, скважинанинг пастки қисмлари, 75-80 метрларида, тозаловчи ҳавонинг ҳарорати ошади ва тоғ жинсининг ҳароратига яқинлашади. Скважинанинг тубида, 90 метрлик чуқурликдан бошлаб, жинсни парчаловчи асбобнинг ишлаши натижасида ҳаво ҳароратининг бир меъёردа ошиши кузатилади. 100 метр охири чуқурликда бурғилаш қувурида ҳарорат 11 °С ни ва скважинанинг ҳалқасимон бўшлиғида 18 °С ни ташкил этади.

Иккинчи ҳолатда, уюрмали қувур бурғилаш снарядининг устига жойлаштирилади. Уюрмали қувур бурғилаш снарядининг устида жойлашганда ҳисоблаш натижалари график тарзда кўрсатилган (3-расм), ундан пастки қисмидаги қувурда якуний ҳарорат –8°С ва ҳалқасимон бўшлиқда –1°С эканлиги кузатилади.



2 - расм. Иссиқлик сақловчи бурғилаш қувурларида (1) ва ҳалқасимон бўшлиқда (2) ҳароратнинг тақсимланиш графиги



1 - бурғилаш қувури ичида; 2 - ҳалқасимон бўшлиқда

3 - расм. Уюрмали қувурни бурғулаш снарядининг устига жойлаштирилганда ҳароратнинг тақсимланиши графиги

Ҳисоблаш натижалари бизга, шуни хулоса қилиш имконини берадики, уюрмали қувур бурғулаш снарядининг ичига жойлаштирилса, скважинанинг тубида юқори совутиш натижасига эришилади. Аммо ушбу ҳолатда бурғилаш снарядининг самарали ишлашини таъминловчи конструкциясини ишлаб чиқишга эҳтиёж пайдо бўлади.

Диссертациянинг «Утилизация қилинган иссиқликдан фойдаланиш эвазига дизель компрессорининг юритмаси самарадорлигини ошириш» деб номланган учинчи бобида компрессор ва бурғилаш ускуналарининг энергетик йўқотилишлари таҳлил қилинган, компрессор ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси ишлаб чиқилди ва ички ёнув двигателидан чиқадиган тутун газлари эжекциясининг, унинг ишлашига таъсири экспериментал тадқиқ қилинди.

Совутилган ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда ўтиш тезлиги ошиши билан бирга, компрессор ускунасининг юритмаси қуввати ўхшаш ҳолларда қўлланувчи суюқлик билан тозалаб бурғилашда қўлланиладиган насосникига нисбатан катталиги сабабли, компрессорни ишлатиш натижасида энергия сарфлари ошиши юзага келади.

Кўчма компрессорлар ишини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, энергия йўқотишларининг катта қисми компрессор юритмасининг ички ёнув двигателига тушади, чунки ёнган ёқилғининг ҳаммаси ҳам фойдали қувватга айлантирилмайди. Ички ёнув двигателида ёнган ёқилғидан ажралган

иссиқликнинг катта қисми двигателнинг совутиш тизими ва тутун газлари билан олиб кетилади.

Ички ёнув двигателида ёқилғи ёнганда иссиқликнинг фақат бир қисми фойдали ишга айланади. Ушбу қисм двигателнинг самарали фойдали иш коэффициенти билан белгиланади, унинг қиймати бир қатор омилларга боғлиқ ва реал шароитда 30-35% дан ошмайди. Бошқа барча иссиқлик атмосферага тутун газлари ва двигателнинг совутиш тизими орқали чиқарилиб юборилади. Ҳозирги вақтда бу иссиқлик фойдали ишлатилмайди ва атроф-муҳитни зарарлаган ҳолда йўқотилади.

Ҳозирги кунда тутун газларидан фойдаланилмайдиган двигателни камдан-кам учратиш мумкин. Чунки бу иқтисодий самарасиз машина ҳисобланади, сабаби у бир қатор тизимлар ёрдамида тўлиқ қайта ишлатилиши мумкин бўлган энергияни катта миқдорда атмосферага чиқариб юборади.

Компрессор ички ёнув двигатели ва уюрмали қувурдан ҳосил бўлувчи иссиқликни саноат ва маиший объектларни иситишга, иссиқ сув билан таъминлашга, ишлаб чиқаришнинг технологик эҳтиёжларига фойдали ишлатиш мумкин.

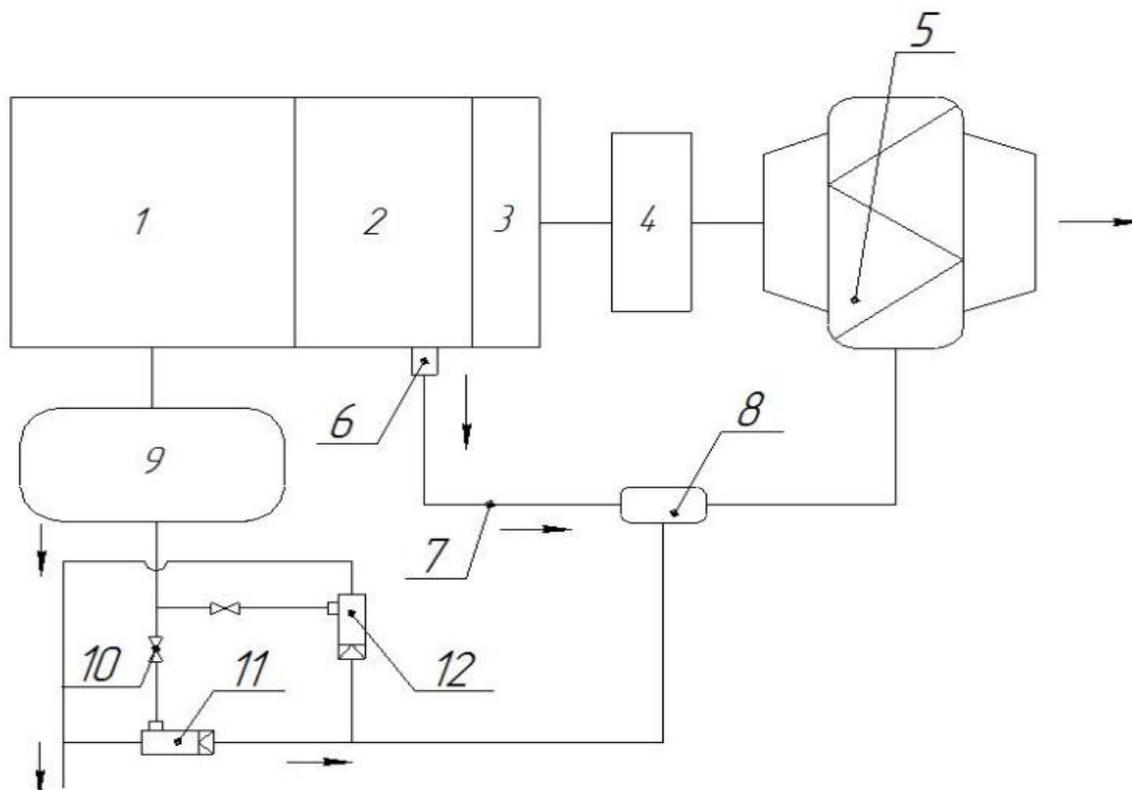
Тутун газларини иссиқлик алмаштиргичлар орқали иссиқлигини олиш ички ёнув двигателининг тутун газлари қувурида газларнинг ҳаракатига қаршилиқни оширади. Қувурдаги қарши босим миқдори чекланган, чунки бу двигател цилиндрларидаги иш жараёнларини ёмонлаштиради ва цилиндрларни янги ҳаво заряд билан тўлдирилишини камайтиради, двигателнинг самарали қувватини пасайтиради. Ички ёнув двигатели билан ишлайдиган компрессорларнинг самарадорлигини ошириш учун уюрмали қувурдан фойдаланиш мумкин.

Компрессорнинг самарадорлигини ошириш ва уюрмали қувур ёрдамида ҳаво билан тозалаб бурғилашда, технологик жараёнларни иссиқлик билан таъминлаш харажатларини камайтириш учун уюрмали қувурнинг иссиқ томонидан чиқувчи ва ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси таклиф этилади (4-расм). Қурилманинг янгилиги 26.06.2019 йилдаги FAP 01311-сонли Ўзбекистон Республикасида фойдали модел учун олинган патент билан ҳимояланган.

Қурилма қуйидагича ишлайди: компрессор двигатели ишга тушгандан сўнг, компрессорнинг (1) ҳаво йиғгичидан (9) сиқилган ҳаво уюрмали қувурларига (11) ва (12) узатилади, уюрмали қувурларда ҳавонинг совуқ ва иссиқ ҳарорат оқимларига ажралиши содир бўлади. Совуқ ҳаво оқими уюрмали қувурларда ажратилгандан сўнг скважинага юборилади. Эжекцияли сопло (8) орқали иссиқ ҳаво оқими ички ёнув двигателининг (2) тутун газлари қувуридан (6) келаётган иссиқ оқим билан аралашиб иссиқлик алмаштиргичга (5) юборилади.

Вентилятор (4) радиаторнинг (3) иссиқлигини олиб, уни иссиқлик алмаштиргичга йўналтиради (5), иссиқлик алмаштиргич тутун газлари оқими ҳаракатига қаршилиқ ҳосил қилади, бу эса двигателнинг фойдали қувватини камайтиради ва унинг ёқилғи сарфини оширади. Иссиқлик алмаштиргични қаршилиқларининг зарарли таъсирини камайтириш учун (11) ва (12) уюрмали қувурлардан юқори босимли иссиқ оқим эжекцияли соплога (8) берилади,

бунда, соплодан юқори тезликда чиқадиган уюрмали қувурнинг иссиқ оқими тутун газларини ўзи билан бирга тортиб кетади ва эжекция ҳолатини яратади. Бу эса иссиқлик алмаштиргич томонидан тутун газлари ҳаракатига қўрсатиладиган қаршиликни камайтиради ва двигателнинг фойдали қувватини оширади, ёқилғи сарфини эса камайтириш имконини беради.



1 – компрессор; 2 – ички ёнув двигатели; 3 – радиатор; 4 – вентилятор; 5 – иссиқлик алмаштиргич; 6 – тутун газлари қувури; 7 – қувур; 8 – эжекцияли сопло; 9 – ҳаво йиғгич; 10 – задвижка; 11 ва 12 – уюрмали қувур

4 - расм. Компрессорнинг ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси

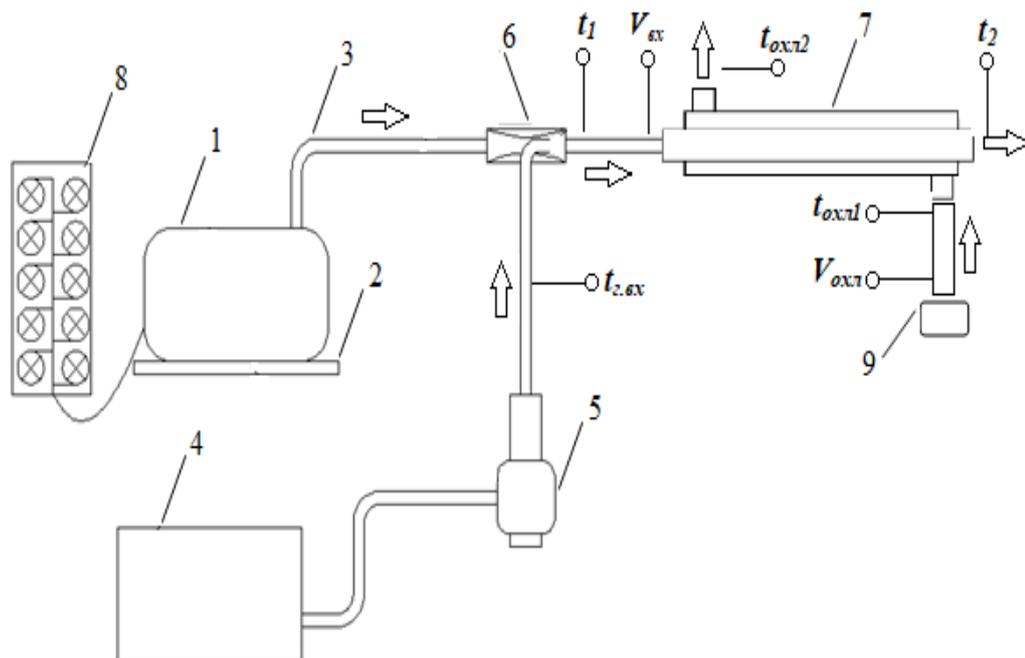
Ички ёнув двигателининг самардорлигига тутун газлари эжекциясининг таъсирини аниқлаш мақсадида уюрмали қувурдан ҳаво оқими билан тутун газлари эжекциясида ёқилғи сарфи тажрибада тадқиқ қилинди.

Тажриба ишларини бажаришда 5-расмда схематик кўриниши келтирилган мосламадан фойдаланилди.

Двигатель ва иссиқлик алмашгич ўртасидаги тутун газлари қувурида эжекцияли соплодан фойдаланиш двигателнинг ёқилғи сарфини камайтириш имконини берди.

Тажриба-синов ишлари генераторининг қуввати 2 кВт бўлган бензоагрегатни қўллаб ўтказилди. Генераторга юклама сифатида чўғланма лампалар қўлланилди. Юклама 0 Вт дан 1800 Вт гача, 300 Вт дан ошириб борилди. Уюрмали қувур иссиқлик алмаштиргичдан олдинда бензоагрегатнинг тутун газлари қувурида жойлашган эжекцияли соплода ўрнатилди. Уюрмали қувурга сиқилган ҳаво компрессор орқали берилди.

Тажриба-синов ишлари икки босқичда ўтказилди. Биринчи босқич бензоагрегатнинг тутун газлари қувурига иссиқлик алмаштиргични улаб эжекцияли соплони қўлламаган ҳолда ўтказилди. Иккинчи босқичда бензоагрегат ва иссиқлик алмаштиргич орасидаги тутун газлари қувурида эжекцияли соплони қўлаб ўтказилди.



1 – ички ёнув двигатели; 2 – тарози; 3 – тутун газлари қувури; 4 – компрессор;
5 – уюрмали қувур; 6 – эжекцияли сопло; 7 – иссиқлик алмаштиргич;
8 – лампалар блоки; 9 – вентилятор;

t_1 – иссиқлик алмаштиргичга кирувчи тутун газининг ҳарорати, (°C);

t_2 – иссиқлик алмаштиргичдан чиқувчи тутун газининг ҳарорати, (°C);

$t_{охл1}$ – иссиқлик алмаштиргичга узатилаётган совутувчи ҳавонинг ҳарорати, (°C);

$t_{охл2}$ – иссиқлик алмаштиргичдан чиқаётган ҳавонинг ҳарорати, (°C);

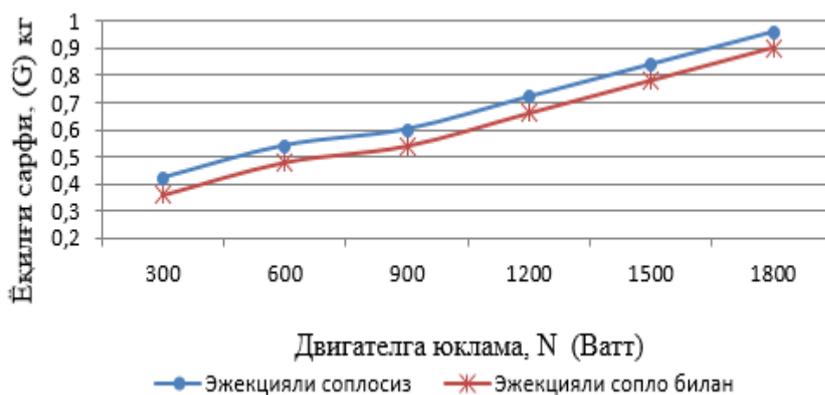
$V_{вх}$ – иссиқлик алмаштиргичга узатилаётган тутун гази оқимининг тезлиги, (м/с);

$V_{охл}$ – иссиқлик алмаштиргичга узатилаётган совутувчи ҳаво оқимининг тезлиги, (м/с); $t_{г.вх}$ – уюрмали қувурнинг иссиқ ҳавоси ҳарорати, (°C)

5 - расм. Ички ёнув двигателининг тутун газлари эжекцияси унинг самарадорлигига таъсирини тадқиқ қилишни тажрибавий қурилмасининг схемаси

6-расмда ички ёнув двигатели ёқилғи сарфи қийматининг двигатель юкламасига боғлиқлиги графиги келтирилган.

Тажриба-синов жараёнида эжекцияли соплодан фойдаланиш, ёқилғи сарфини камайтириши кузатилди. Ёқилғининг тежалиш қиймати двигателга юклама ортиши билан ортиб борди. Тажриба-синов тадқиқотлари натижалари шуни кўрсатадики, эжекцияли соплодан фойдаланиш ички ёнув двигателининг ёқилғи сарфини ўртача 7-10% га камайтириш имконини беради.



6 - расм. Ички ёнув двигатели ёқилғиси сарфининг двигател юкламасига боғлиқлиги графиги

Диссертациянинг «Уюрмали қувурларни қўллаб бурғилаш ускуналарини энергия самарадор эксплуатацияси усулларини оптималлаштириш ва такомиллаштириш» деб номланган тўртинчи бобида жинс парчаловчи асбобнинг ишлаш жараёнида скважина тубининг иссиқлик қуввати, тажриба ўтказилиб тадқиқ қилинди.

Қувват қидирув ва портлатилувчи скважиналарни бурғилаш ишларида тоғ жинсларини парчалаш жараёнининг самарадорлиги ва энергия сарфини белгиловчи энг муҳим омиллардан бири ҳисобланади. Рационал технологик тартибларни аниқлаш ва иқтисодий самарадорликни таъминлаш, керакли қувват жараёни лойиҳалаш босқичида аниқлашга боғлиқ. Бурғилаш қувурларга юборилаётган тозаловчи ҳавонинг бошланғич ҳарорати ($t_{1н}$) билан бир қаторда, скважина ҳарорат тартибини аниқлашда энг муҳим омил, скважина тубида жинс парчаловчи асбобнинг қизиши натижасида, тозаловчи ҳаво ҳароратининг ошиши Δt_3 ҳисобланади.

Ҳаво ёрдамида бурғилашнинг тажрибаси натижалари скважина тубида ҳосил бўлувчи иссиқлик қуватини аниқлаш имконини берди, яъни туб олди ҳудуди ва коронкани қизишига сарфланувчи қувват:

$$P_{\text{тепл}} = c \cdot G \cdot (t_2 - t_1), \text{ Вт}, \quad (7)$$

бунда c – ҳавонинг иссиқлик сифими, Дж/кг·°С; t_2 – герметизатордан чиқувчи ҳавонинг ҳарорати, °С; t_1 – уюрмали қувурдан чиқишда ҳаво ҳарорати, °С; G – ҳаво сарфи, кг/с.

Тажриба натижалари иссиқлик қувватини ҳажмий бурғилаш тезлигига боғлиқлигини аниқлашнинг имконини берди (7-расм).

Тажриба синовлари натижасида ҳажмий бурғилаш тезлигининг ўзгаришини ўқли босим ва бурғилаш колоннасининг айланишлар тезлигига боғлиқлиги ўрнатилди. Бурғилаш тезлиги, коронка айланиш частотаси ва ўқли босимни ўзгариши ҳажмий бурғилаш тезлигига таъсир этади. Иккинчи томондан, ўқли босим ва айланишлар частотасининг скважина туби қувватига таъсири маълум.



7 – расм. Иссиқлик қувватининг хажмий бурғилаш тезлигига боғлиқлиги

Тажрибада олинган маълумотларнинг регрессион таҳлили натижасида қуйидаги боғлиқлик аниқланган:

$$P_{тепл} = 7 \cdot 10^9 \cdot v_{п} - 83,82, \text{ Вт}, \quad (8)$$

бунда $v_{п}$ – хажмий бурғулаш тезлиги, м³/с.

Аниқланган боғлиқлик ёрдамида пуркаш учун ҳаво ҳароратининг ошишини аниқлаш мумкин:

$$\Delta t_3 = \frac{P_{тепл}}{G \cdot c} = \frac{7 \cdot 10^9 \cdot v_{п} - 83,82}{G \cdot c}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (9)$$

бунда $P_{тепл}$ – бурғилаш жараёнида скважина тубида ҳосил бўлган иссиқлик қуввати, Вт; c – ҳавонинг иссиқлик сифими, Дж/кг·°C; G – ҳаво сарфи, кг/с; $v_{п}$ – хажмий бурғилаш тезлиги, м³/с.

Ҳаво ёрдамида бурғилашда скважинанинг ҳарорат тартибини амалий ҳисобларда, жинс парчаловчи асбобда ҳосил бўлган, пуркаланувчи ҳаво ҳароратини (Δt_3) ошишини кўрсатувчи, иссиқлик миқдори тажрибавий йўл билан аниқланган боғлиқлик (8) ёрдамида ҳисобланиши мумкин. Бунда, Б.Б.Кудряшов томонидан скважинанинг ҳарорат тартибини амалий ҳисоблаш учун таклиф этилган (2) ва (3) формулалар қуйидаги кўринишга келади:

бурғилаш қувурларида

$$t_1 = [(-2.46 \cdot P - 10,9) \cdot T_{п}] \cdot e^{r_2 h} \cdot \frac{k\pi(7 \cdot 10^9 \cdot v_{п} - 83,82)}{G_r^2 \cdot c_p^2 \cdot r_1} e^{r_1(h-H)} + T_{п}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (10)$$

ҳалқасимон каналда

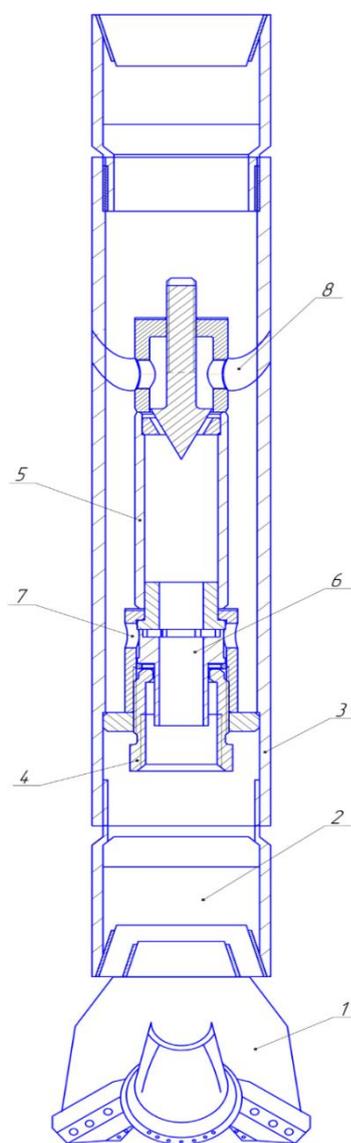
$$t_2 = [T_{п} - (-2.46 \cdot P - 10,9)] \frac{r_2}{r_1} e^{r_2 h} - \frac{k\pi(7 \cdot 10^9 \cdot v_{п} - 83,82)}{G_r^2 \cdot c_p^2 \cdot r_2} e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (11)$$

Скважиналарни тўлиқ бурғилаш учун уюрмали қувурли бурғилаш асбобининг конструкцияси ишлаб чиқилди, уюрмали қувурли ечиладиган керн қабул қилгичли колонкавий снаряднинг янги конструкцияси ишлаб чиқилди ва уюрмали қувурли бурғилаш снарядини саноат синов-тажрибалари ўтказилди.

Тадқиқот натижалари ва уюрмали қувурларни ишлатиш тажрибасини умумлаштириш скважинанинг тубида тўғридан-тўғри тозаловчи ҳавони

совутиш учун уюрмали қувурни бурғилаш снарядининг пастки қисмида ўрнатилган конструкциясини ишлаб чиқиш имконини берди.

Жинс парчаловчи усқунанинг самарадорлигини ошириш мақсадида, ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда скважинанинг тубида ҳарорат тартибини назорат қилиш ва меъёрлаштириш асосида уюрмали қувурли бурғилаш снарядининг конструкцияси ишлаб чиқилди (8-расм). Конструкциянинг янгилиги 03.04.2020 йилдаги FAP 20200089 - сонли Ўзбекистон Республикасида фойдали модель учун ўрнатилган устворлик билан ҳимояланган



- 1 – шарошкали долота;
- 2 – ўтказгич;
- 3 – ташқи қувур;
- 4 – гайка;
- 5 – уюрмали қувур;
- 6 – совуқ фракция генератори;
- 7 – кирувчи тешик;
- 8 – иссиқ ҳаво чиқиши учун тангенциал тешик

8 - расм. Скважина тубини ҳаво билан тозалаб бурғилаш учун уюрмали қувурли бурғилаш снаряди

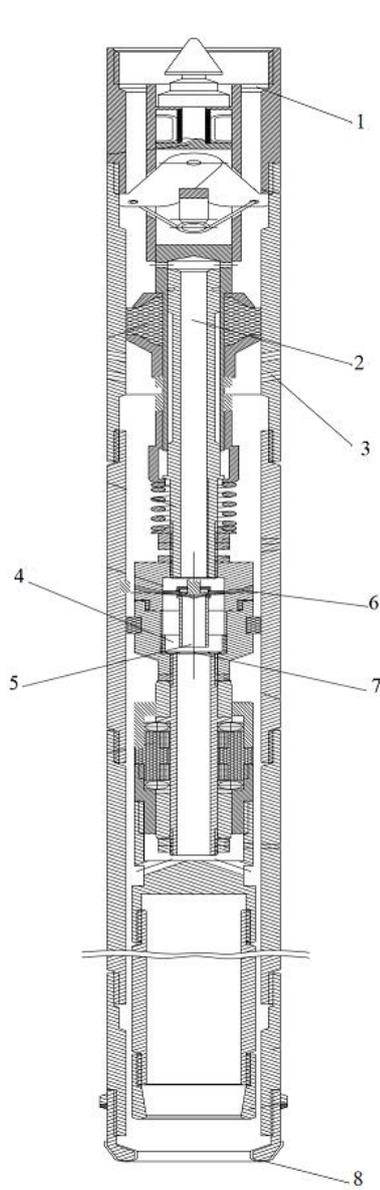
Уюрмали қувурли бурғилаш снаряди қуйидагича ишлайди. Скважинани бурғилашда ташқи қувур (3) орқали сиқилган ҳаво, уюрмали қувурнинг (6) кириш тешикларига (7) узатилади ва совуқ фракция генераторига (5) утказилади. Уюрмали қувурда сиқилган ҳаво совуқ ва иссиқ ҳаво оқимиға бўлинади, совуқ ҳаво оқими гайка (4) тешигидан оқиб чиқиб, утказгич (2) ва жинс парчаловчи асбоб (1) орқали, бир вақтнинг ўзида бурғилаш асбобини совутиб ва парчаланган тоғ жинсларини скважина тубидан юқорига кўтариб чиқади.

Ушбу мосламада совуқ фракция генератори алмаштириладиган қилиб ўрнатилган, бу эса керак бўлган ҳолларда, бурғилаш тартибларини ўзгартирилганда, совутиш тартибини ўзгартириш имконини беради.

Ушбу снаряд қуйидагича ишлайди уюрмали қувурдан (5) иссиқ ҳаво, махсус тангенциал тешик (8) орқали, қувурдан (3) ташқари муҳитга оқиб чиқади. Тешик (8) тангенциал эжекторли бўлгани учун у қувурдан ташқарида ҳалқасимон уюрмали ҳаракат ҳосил қилади, совуқ оқимни шлам билан олиб кетиб скважина тубининг самарали тозаланиши имконини беради, жинс парчаловчи асбобни совушига яхши таъсир кўрсатади, тоғ жинслари зарраларини қайта-қайта майдалаш учун энергия сарфини камайтиради.

Ҳаво ёрдамида тозалаб бурғиладда ва керн намуналарини олишда бурғиладш долотасининг янада яхшироқ совутиш мақсадида, совутгич сифатида уюрмали қувурли бурғиладш снарядининг янги конструкциясидан фойдаланиш истиқболли ҳисобланади (9-расм). Конструкциянинг янгиллиги 29.05.2020 йилдаги FAP 01503 - сонли Ўзбекистон Республикасида фойдали модель учун олинган патент билан ҳимояланган.

Ечилувчи керн қабул қилгичли бурғиладш снарядининг ишлаб чиқилган конструкцияси қуйидагича ишлайди: скважинани бурғиладда сиқилган ҳаво ички қувур орқали ювувчи суюқлик учун мўлжалланган тешиқдан (1) уюрмали қувурнинг (2) диафрагмасига (4) юборилади. Сиқилган ҳаво уюрмали қувурдан ўтганда иссиқ ва совуқ оқимларга бўлинади. Совуқ ҳаво оқими қувурнинг совуқ томонидан (7) оқиб чиқиб, бир вақтнинг ўзида бурғиладш коронкасини ҳам совутиб, ҳам майдаланган тоғ жинсини юзага олиб чиқиш учун қувурлар орасидаги бўшлиқ бўйлаб скважина тубига йўналади.



- 1 – тозаловчи ҳаво учун тешиқ;
- 2 – ички қувур,
- 3 – иссиқ ҳаво чиқиши учун тангенциал тешиқ;
- 4 – диафрагма;
- 5 – уюрмали қувур;
- 6 – уюрмали қувурдан иссиқ ҳаво чиқиши учун тангенциал тешиқ;
- 7 – совуқ ҳаво оқими чиқиши тешиги;
- 8 – бурғиладш коронкаси

9 - расм. Уюрмали қувурли ечилувчи керн қабул қилгичли колонкавий снаряд

Иссиқ ҳаво оқими учун мўлжалланган тангенциал тешиқ бўйлаб уюрмали қувурдан иссиқ ҳаво қувурлар орасидаги (6) тешиқка оқиб, тангенциал эжекторли тешиқларига (3) иссиқ ҳаво қувурдан ташқари муҳитга оқиб чиқади. (3) тешиқлар эжекторли тангенциал бўлганлиги сабабли, қувурдан ташқари ҳалқасимон муҳитда уюрмали ҳаракат пайдо қилади, бу эса ўз ўрнида совуқ ҳаво оқими билан ҳаракатланаётган майдаланган жинсларни тезроқ олиб чиқилишига, скважина тубини яхшироқ тозаланишига, долотани совушига яхши таъсир кўрсатади, чунки тоғ жинслари зарраларини қайта-қайта майдалаш учун энергия сарфи камаяди. Ечилувчи керн қабул қилгичли колонкавий снаряднинг бундай тузилиши бурғиладш коронкаси мустаҳкамлигини ошириш имкониятини беради.

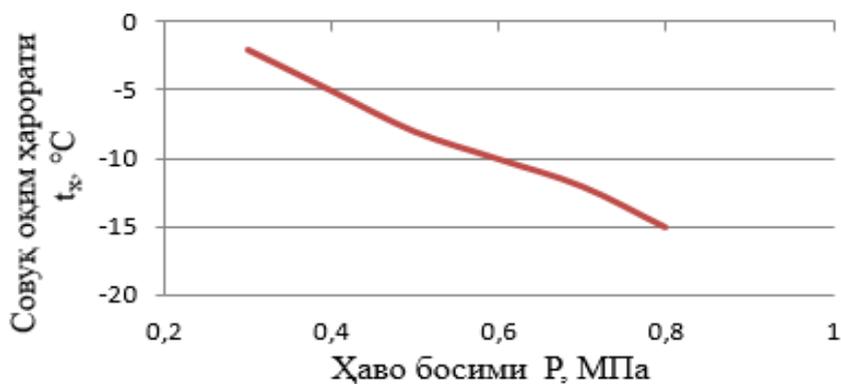
Ҳаво ёрдамида тозалаб бурғиладда снаряднинг ушбу конструкцияси бурғиладш долотасининг мустаҳкамлигини ошириб, жинс парчаловчи асбобнинг

ишлаши учун қулай ҳарорат муҳитини яратади, скважина тубидаги юқори ҳароратнинг салбий таъсирини бартараф этади.

Ишлаб чиқилган уюрмали қувурли бурғиладан снарядидан чиқувчи тозаловчи ҳаво оқими ҳароратини ҳаво босими сарфига нисбатан аниқлаш учун тажриба синовлари ўтказилди.

Тажриба-синов натижалари асосида совутилган ҳаво оқими ҳароратининг компрессор ҳосил қилган ҳаво босимига боғлиқлиги аниқланди (10-расм).

Сиқилган ҳавонинг босими 0,3 МПа бўлганида, совутилган ҳаво оқимининг ҳарорати -2°C ташкил қилди, босим 0,8 МПа бўлганида эса -15°C , яъни сиқилган ҳавонинг босимини ҳар 0,1 МПа га орттирилганда совутилган ҳаво оқимининг ҳарорати 2-3 $^{\circ}\text{C}$ га пасайиши кузатилди.



10 - расм. Ҳаво оқими ҳароратининг компрессор ҳосил қилган ҳаво босимига боғлиқлик графиги

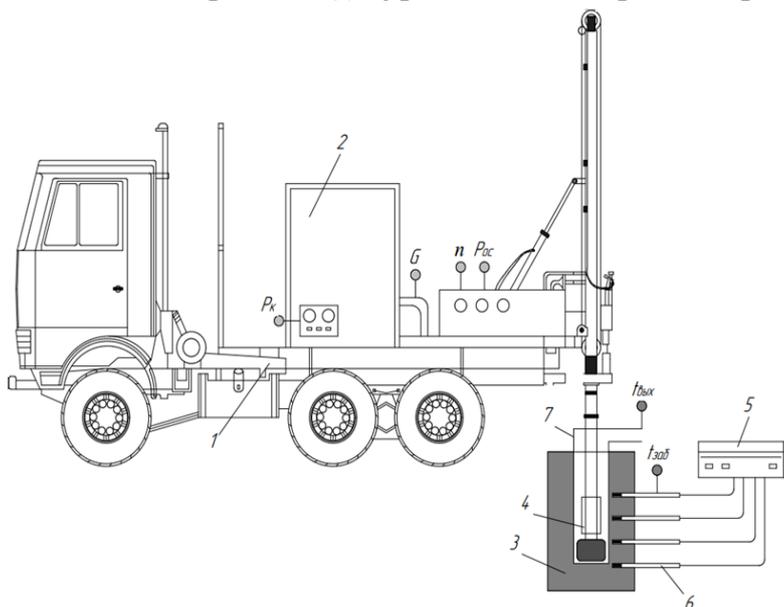
Бурғиладан асбобининг ишлаб чиқилган конструкциясининг самарадорлигини ва скважина тубини тозаловчи ҳавонинг бошланғич ҳароратларининг паст қийматларида жинс парчаловчи асбоб самарадорлигига таъсирини аниқлаш мақсадида саноат-синов ишлари ўтказилди.

Уюрмали қувурли бурғиладан снарядини тажриба-синовдан ўтказишда экспериментал ускуна схемаси 11-расмда кўрсатилган.

Экспериментал ишлар қуйидагича амалга оширилди. Тоғ жинсларининг мустаҳкамлик коэффиценти $f = 7$ га тенг бўлган сунъий бурғиланадиган блокда (3) термопаралар ўрнатилди (6) ва кўп каналли ҳарорат ўлчагичга (5) уланди. Бурғиланадиган блокнинг устига тозаловчи ҳаво билан бурғиладан шламини йўналтириш учун патрубк (7) ўрнатилди. Уюрмали қувурли бурғиладан снаряди бурғиладан ускунасининг (1) айлантиргичига уланди, сўнгра компрессор (2) ва бурғиладан ускунаси ишга туширилгач, компрессорда сиқилган ҳавога босим P_k , айланишлар частотаси n ва ўқли юклама берилди $P_{ос}$.

Иш тартиби ўрнатилгандан сўнг компрессордан чиқувчи ҳаво оқими сарфи G , скважина тубида ҳарорат ва скважинани устки қисмида тозаловчи совуқ ҳавонинг ҳарорати ўлчанди. Ҳар бир берилган қийматларда экспериментал бурғиладан давомийлиги T , 10 дақиқани ташкил этди, сўнгра ўтиш узунлиги L ўлчанди. Экспериментал ишлар анъанавий бурғиладан снаряди ва биз томонимиздан ишлаб чиқилган уюрмали қувурли бурғиладан снаряди ёрдамида

сиқилган ҳаво сарфи G , босими P_K , айланишлар частотаси n , ўқли юкламаларнинг P_{oc} турли қийматларида бир неча мартаба бажарилди.



1 – бурғилаш қурилмаси; 2 – компрессор; 3 – сунъий бурғиланувчи блок; 4 – уюрмали қувурли бурғилаш снаряди; 5 – кўп каналли ҳарорат улчагич; 6 – К типли терморелелар; 7 – шламли ҳавони йўналтирувчи патрубк; n – бурғилаш колоннаси айланишлар сонини ўлчаш (айл/дак); P_{oc} – ўқли босимни ўлчаш нуқтаси (кН); P_K – компрессордан чиқувчи ҳаво босимини ўлчаш нуқтаси (МПа); G – компрессордан чиқувчи ҳаво сарфини ўлчаш нуқтаси (кг/с); $t_{заб}$ – забойдаги ҳароратни ўлчаш нуқтаси ($^{\circ}C$); $t_{вых}$ – скважинадан чиқаётган ҳаво ҳароратини ўлчаш нуқтаси ($^{\circ}C$)

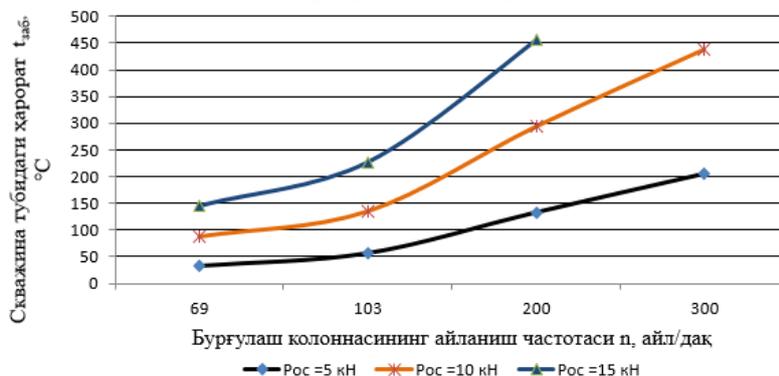
11 - расм. Уюрмали совуткичли бурғилаш снарядини синашдаги экспериментал қурилмасининг схемаси

Яратилган уюрмали қувурли бурғилаш снаряди тажриба-синовлари натижалари, скважина тубидаги ҳароратнинг $t_{заб}$ бурғулаш колоннасининг айланиш частотаси n , ўқли юкламанинг қиймати P_{oc} , скважинага бериладиган тозаловчи ҳаво ҳароратига $t_{охл}$ боғлиқлигини ўрнатишни имконини берди.

Тажриба-синовларининг натижалари асосида скважина тубидаги ҳароратнинг бурғилаш кўрсаткичларига ва тозаловчи ҳавонинг бошланғич ҳароратига боғлиқлиги белгиланди.

12 ва 13-расмларда анъанавий бурғилаш снаряди ва биз томонимиздан ишлаб чиқилган уюрмали қувурли бурғулаш снаряди қўлланилганда скважина тубида ҳарорат ўзгаришининг турли қийматдаги ўқли юкламаларда бурғилаш колоннасининг айланиш частотасига боғлиқлиги графиклари келтирилган.

Совутилмаган ҳаво ёрдамида тозалаб бурғулашда айланишлар частотаси ортиши билан скважина тубида ҳароратнинг ортиши кузатилади (12-расм).

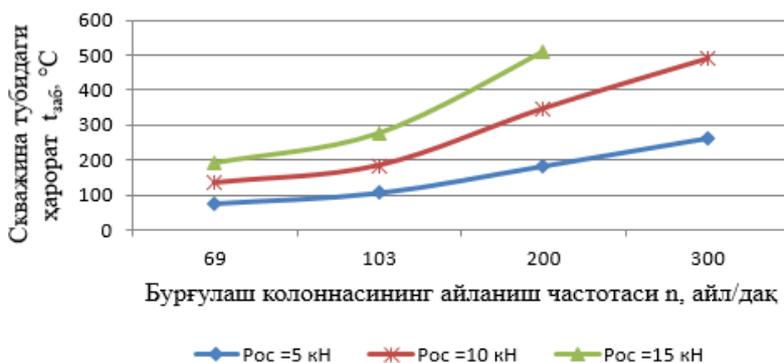


12 - расм. Анъанавий бурғилаш снаряди қўлланилганда скважина тубида ҳарорат $t_{заб}$ ўзгаришини турли қийматдаги ўқли юкламаларда бурғилаш колоннасининг айланиш частотасига боғлиқлиги графиги

Масалан, бурғилаш снарядига ўқли юклама $P_{oc} = 5 \text{ кН}$, айланиш частотаси $n = 69$ айл/дақ, скважинага бериладиган тозаловчи ҳаво ҳарорати $t_{охл} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ га тенг бўлганида, скважина тубидаги ҳарорат $t_{заб} = 77 \text{ }^\circ\text{C}$, айланиш частотаси ошганда, яъни $n = 103$ айл/дақ бўлганда, скважина тубидаги ҳарорат $30 \text{ }^\circ\text{C}$ га ошди, яъни $t_{заб} = 107 \text{ }^\circ\text{C}$ га етди. Кейинчалик айланиш частотаси оширилганда, яъни $n = 200$ айл/дақ бўлганда, скважина тубидаги ҳарорат $76 \text{ }^\circ\text{C}$ га ошди, яъни $t_{заб} = 183 \text{ }^\circ\text{C}$ га етди, $n = 300$ айл/дақ бўлганда, скважина тубидаги ҳарорат $t_{заб} = 262 \text{ }^\circ\text{C}$ га етди. Ўқли юкломаниги ошиши скважина тубидаги ҳароратнинг ошишига олиб келди.

Уюрмали қувурли бурғилаш снарядини қўллаш тозаловчи ҳавонинг манфий ҳарорати сабабли скважина тубидаги ҳароратни пасайтириш имконини берди (13-расм).

Графикдан кўришиб турибдики (13-расм), бурғилаш снарядига ўқли юклама $P_{oc} = 5 \text{ кН}$, айланиш частотаси $n = 300$ ай/дақ, скважинага бериладиган тозалувчи ҳаво ҳарорати $t_{охл} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ га тенг бўлганида, скважина тубидаги ҳарорат $t_{заб} = 206 \text{ }^\circ\text{C}$ га етади, бу эса анъанавий бурғилаш снарядини қўллаганга нисбатан $56 \text{ }^\circ\text{C}$ га паст.



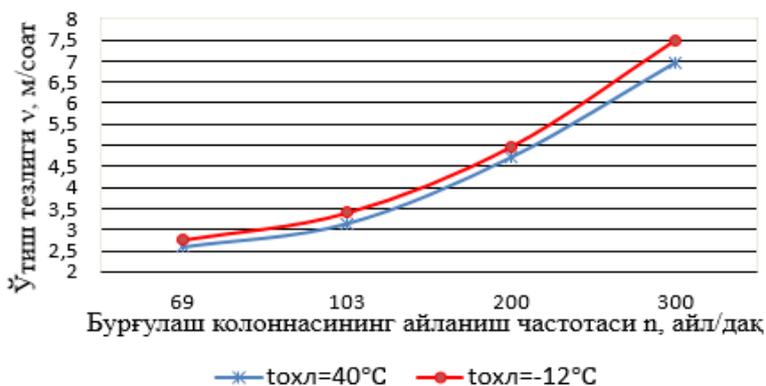
13 - расм. Уюрмали қувурли бурғулаш снаряди қўлланилганда скважина тубида ҳарорат $t_{заб}$ ўзгаришини турли қийматдаги ўқли юкломаларда бурғулаш колоннасининг айланиш частотасига боғлиқлиги графиги

Геотехнологик ва техник скважиналарни ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда паст ҳароратлар жинс парчаловчи асбобларнинг ишлашини яхшилашга ёрдам беради, бу эса скважиналарни тезроқ ўтишга олиб келади.

Скважинани ўтишнинг механик тезлиги, биринчи навбатда, бурғилаш кўрсаткичларига, тозаловчи агент тури ва ҳажмига боғлиқ, лекин ҳаво ёрдамида тозалаб бурғилашда бурғилаш снарядини совутиш шароитлари скважинани ўтишнинг механик тезлигига таъсир этади, бу 14-расмда график шаклда кўрсатилган тажриба-синов тадқиқотлари натижалари билан асосланади.

Ўтиш тезлигини бурғилаш колоннасининг айланиш частотасига боғлиқлиги графиги шуни кўрсатадики, тозаловчи ҳавонинг бошланғич ҳарорати $40 \text{ }^\circ\text{C}$, ўқли юклама 10 кН ва бурғилаш колоннасининг айланиш частотаси 69 айл/дақ бўлганда, ўтиш тезлиги $2,6 \text{ м/соат}$ ни ташкил қилади, бурғилаш колоннасининг айланиш частотаси ошган сари, ўтиш тезлиги ҳам ошиб боради, айланиш частотаси 300 айл/мин бўлганда ўтиш тезлиги $6,8 \text{ м/соат}$

га етди. Шу каби бурғилаш шароитида скважина туби -12°C ҳароратга эга тозаловчи совутилган ҳаводан фойдаланилганда ўтиш тезлигининг ошиши кузатилади, айланиш частотаси 69 айл/мин бўлганда ўтиш тезлиги 2,76 м/соат га етди, айланиш частотаси 300 айл/мин бўлганда ўтиш тезлиги 7,6 м/соат га етди.



14 - расм. 10 кН ўқли юкламада ўтиш тезлигининг v тозаловчи ҳавонинг турли ҳароратларида $t_{\text{охл}}$ бурғулаш колоннасининг айланиш частотасига n боғлиқлиги графиги

Шундай қилиб бурғилаш тартибларига боғлиқ бўлган ҳолда, салбий ҳароратларгача совутилган тозаловчи ҳавони қўллаш бурғилаш тезлигини ўртача 7% гача ошишига олиб келади.

Диссертациянинг «Ишлаб чиқилган ечимлар самарадорлигини техник-иқтисодий баҳолаш» деб номланган бешинчи бобида бурғилаш ускунаси ва компрессор қурилмасининг самарадорлиги баҳоланган, шунингдек, мажмуанинг умумий иқтисодий самарадорлиги ҳисобланган.

Бурғилаш ускуналарининг самарадорлигини ошириш, асосан, жинс парчаловчи асбобнинг фаолиятини яхшилаш ва ёқилғи – энергия ресурсларини сарфини камайтириш орқали амалга оширилади.

Бурғилаш снарядига уюрмали қувурни жойлаштирилган конструкцияси ва компрессорнинг ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини қўллаш орқали иқтисодий самарадорлик, бурғулашнинг механик тезлигини ошириш, иссиқликни фойдали ишлатиш ва компрессор юритмасининг ёқилғи сарфини камайтириш эвазига эришилади.

Биз ишлаб чиққан уюрмали қувурли бурғилаш снарядининг жорий этилиши бурғулашнинг механик тезлигини 7% га ортиши ҳисобига, жинс парчаловчи асбобнинг эксплуатация кўрсаткичларини ошириш имконини берди.

Бунда битта бурғилаш асбоби учун иқтисодий самарадорлик 91,2 минг сўмни ташкил этди. Битта уюрмали қувурли бурғилаш снарядини қўллаганда бир йил учун иқтисодий самарадорлик 12 300 минг сўмни ташкил қилди.

Компрессор ускунасининг ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмаси қўлланилиши, тутун газларининг иссиқлигидан унумли фойдланиш имконини берди, иссиқлик таъминоти учун сарфланган харажатлар камайиб тутун газларининг эжекцияси ҳисобига компрессор ички ёнув двигателининг ёқилғи сарфи 7-10% гача камайди. Бунда 1000 метр

скважина бурғилаш учун иқтисодий самарадорлик 544,4 минг сўмни ташкил этади.

Компрессор ускунасининг ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини қўллаш бир йилда 10 200 минг сўм иқтисод қилинишини таъминлайди.

Мажмуани жорий этилишидан йиллик иқтисодий самарадорлик қуйидагича:

$$E_r = E_{\text{бсв}} + E_{\text{ут}} = 12300 + 10200 = 22500 \frac{\text{минг сўм}}{\text{йил}}, \quad (12)$$

бунда E_r – йиллик самарадорлик, минг сўм; $E_{\text{бсв}}$ – уюрмали қувурли бурғилаш снарядини жорий этишдан олинган фойда, минг сўм; $E_{\text{ут}}$ – компрессор ускунасининг ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини жорий этишдан олинган фойда, минг сўм.

Уюрмали совутгичли бурғилаш снаряди ва ички ёнув двигателининг иссиқлигини утилизация қилиш қурилмасини жорий этилиши натижасида йиллик самарадорлик, битта бурғилаш ускунаси эксплуатацияси учун 22 500 минг сўмни ташкил қилди.

ХУЛОСА

«Уюрмали қувурларни қўллаб бурғилаш ускуналарини энергия самарадор эксплуатациясини илмий асосларини ишлаб чиқиш» мавзусидаги техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Скважиналарни ҳаво пуркаб бурғилаганда, жинс парчаловчи асбобларнинг ишлашдаги ҳарорат тартибларини меъёрлаштиришга, скважинага юборилаётган тозаловчи ҳавони бевосита скважина тубида манфий ҳароратларгача совутиш орқали эришилади.

2. Юқори ҳароратларнинг жинс парчаловчи асбобга салбий таъсири аниқланган, уни бартараф этиш скважина тубида оптимал ҳарорат режимларини сақлаб туриш орқали амалга оширилади.

3. Скважина тубида жинс парчаловчи асбобнинг ишлашдаги оптимал ҳарорат тартибини самарали сақлаш, уюрмали қувурни қўллаш орқали эришилади.

4. Уюрмали қувурнинг совуқ оқими ҳароратининг ҳавонинг босими ва сарфига боғлиқлиги ўрнатилди. Ҳаво оқимининг босими ва сарфини ошириш, уюрмали қувурнинг совуқ ҳаво оқимининг ҳароратини туширади, ҳаво сарфи ва босимини камайтириш эса ҳаво ҳароратини оширади.

5. Уюрмали қувурнинг иссиқ оқими ҳароратининг ҳаво босимига боғлиқлиги аниқланди, бу эса уюрмали қувурнинг иссиқ ҳаво оқими орқали иссиқлик алмашинувчига узатилаётган иссиқ оқимни қийматини аниқлашнинг имконини беради.

6. Турли хил тартибларда, ҳар хил совуқ фракция генераторлари бўлган уюрмали қувурни қўллаш тажрибада тадқиқ қилинди ва натижалари олинди. Уюрмали қувурларда «С» типдаги совуқ фракция генераторларини қўллаш

ҳавонинг максимал паст ҳароратини – 45 °С гача олиш имконини беради, «Н» типдаги совуқ фракция генераторларини қўллаганда эса, совуқ ҳавонинг ҳарорати камроқ бўлади, лекин совутишнинг юқори даражасига эришиш имконини беради.

7. Уюрмали қувурларни қўллаб скважинанинг ҳарорат режимини математик модели таклиф этилди, бу эса ҳаво босими қийматиға нисбатан скважинанинг исталган нуқтасида ҳароратни башорат қилиш ва аниқлаш имконини беради.

8. Компрессор ички ёнув двигателининг иккиламчи энергия ресурсларини утилизация қилиш қурилмасининг янги конструкцияси ишлаб чиқилди, бу компрессорнинг энергия йўқотилишларини камайтириш ва фойдали иш коэффициентини ошириш имконини беради. Қурилманинг янгилиги 26.06.2019 йилдаги FAP 01311 - сонли Ўзбекистон Республикасида фойдали модель учун олинган патент билан ҳимояланган.

9. Биз ишлаб чиққан иссиқликни утилизация қилиш қурилмаси қўлланганда, ички ёнув двигателининг тутун газлари коллектори ва иссиқлик алмашинувчи оралиғида эжекцияли соплони қўллаш ички ёнув двигателининг ёқилғи сарфини 10% гача камайтириш имконини беради.

10. Ечилувчи керн қабул қилгичли колонкавий снаряднинг янги конструкцияси таклиф этилди, уни қўллаш жинс заррачаларини қайта парчалашга сарфланадиган энергия сарфини камайтириш имконини беради. Конструкциянинг янгилиги 29.05.2020 йилдаги FAP 01503-сонли Ўзбекистон Республикасида фойдали модель учун олинган патент билан ҳимояланган.

11. Скважина тубида ҳароратни пасайтириш эвазига бурғилашнинг механик тезлигини ошириш имконини берувчи, уюрмали қувурли бурғилаш снарядининг янги конструкцияси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган уюрмали қувурли бурғилаш снарядини қўллаш бурғилашнинг механик тезлигини 7 % гача ошириш имконини беради. Конструкциянинг янгилиги 03.04.2020 йилдаги FAP 20200089 - сонли Ўзбекистон Республикасида фойдал модел учун ўрнатилган устворлик билан ҳимояланган.

12. Ишлаб чиқилган бурғилаш снарядидан чиқадиган совутилган ҳаво оқими ҳароратининг ўзгариши компрессор ҳосил қиладиган ҳаво босими ва сарфига боғлиқлиги аниқланган. Скважина тубида тозаловчи ҳаво ҳароратини мослаш, ҳаво сарфи ва босимини ўзгартириш орқали амалга оширилади.

13. Анъанавий бурғилаш снаряди ва уюрмали совутгичли бурғилаш снаряди қўлланганда, турли ўқли босимларда скважина тубидаги ҳароратнинг ўзгариши айланишлар сонига эмпирик боғлиқлиги аниқланган. Уюрмали қувурли бурғилаш снаряди тозаловчи ҳавонинг бошланғич ҳароратини пасайтириш имконини беради, бу эса жинс парчаловчи асбобнинг ишини яхшилайдди.

14. Уюрмали совутгичли бурғилаш снаряди ва ички ёнув двигатели иссиқлигини утилизация қилиш ускунасини қўллаш, битта бурғилаш ускунасининг эксплуатациясида йилига 22 500 минг сўм миқдорида иқтисодий самарадорликка эришиш имконини беради.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.17.30.12.2019.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ДЖУРАЕВ РУСТАМ УМАРХАНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИХРЕВЫХ ТРУБ**

**04.00.16 – Горные машины;
04.00.15 – Технология и техника геологоразведочных работ**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора технических наук (DSc)**

Навои – 2020

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.3.DSc/Т369.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме) размещен на веб-странице по адресу www.ndki.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научные консультанты:

Меркулов Михаил Васильевич
доктор технических наук, профессор

Тошов Жавохир Буриевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Столповских Иван Никитович
доктор технических наук, профессор

Нескоромных Вячеслав Васильевич
доктор технических наук, профессор

Шакиров Анвар Адилевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Институт геологии и геофизики

Защита диссертации состоится 14 декабря 2020 года в 12⁰⁰ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.17.30.12.2019.Т.06.01. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №64). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 30 ноября 2020 года.

(реестр протокола рассылки №26 от 30 ноября 2020 года).



 **К.С. Санакулов**
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

 **Ш.Ш. Заиров**
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

 **И.Т. Мислибаев**
Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире расширения разведки и добычи полезных ископаемых, является основной базой индустрии, повышающий всех отраслей народного хозяйства любой страны. Средняя глубина разведочных скважин составляет до 500-600 м, а на отдельных месторождениях до 1200-1500 м и более. Скорость бурения - является одним из главных факторов, способствующих сократить сроки поиска и разведки месторождения, а также эксплуатации технологических и технических скважин. Бурение с продувкой воздухом относится к новым прогрессивным и высокоэффективным методам, отличающееся от промывки жидкостью тем, что для очистки забоя от шлама применяется газообразный агент, в частности сжатый воздух. Бурение с очисткой забоя воздухом способствует повышению механической скорости бурения и снижает простои, связанные с ликвидацией геологических осложнений, что приводит к увеличению производительности и эффективности буровых работ. Задачи, связанные с повышением энергетической эффективности эксплуатации бурового оборудования, до конца не решены.

На сегодняшний день практика бурения показывает, что использование сжатого воздуха для очистки забоя от шлама является наиболее эффективным в сложных и неблагоприятных для применения бурового раствора условиях: при бурении в поглощающих зонах промывочной жидкости, при невозможности или трудности водоснабжения, при ведении буровых работ в районах с отрицательной температурой окружающей среды. Однако, при бурении с очисткой забоя воздухом возникают высокие температуры на забое скважины за счет малой теплоемкости воздуха, которые отрицательно действуют на эффективную работу породоразрушающего инструмента. Кроме того, значительно повышаются топливно-энергетические затраты буровых работ за счет использования компрессорных агрегатов, затраты энергии привода которых больше, относительно насосов, используемых в аналогичных условиях. Повышение скорости проходки при бурении скважин возможно за счет внедрения новых высокопроизводительных технических и технологических решений.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по интенсификации поиска и разведки новых месторождений полезных ископаемых, исследованию энергосберегающих и экономически эффективных методов эксплуатации буровых оборудований, применению ресурсосберегающих технологий при бурении скважин, обеспечивающих повышение эффективности буровых работ. В Постановлении Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «дальнейшему развитию и либерализации экономики, созданию дополнительных условий для привлечения инвестиций в модернизацию производства, повышению

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли».

конкурентоспособности крупных предприятий горно-металлургической отрасли». В связи с этим важно выполнять задачи по повышению энергетической эффективности эксплуатации буровых оборудований, сокращению сроков поиска и разведки месторождений полезных ископаемых и снижению топливно-энергетических затрат при ведении геологоразведочных работ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики 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 Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-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 приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования, направленные на повышение эффективности бурового оборудования и компрессорных установок, проводятся во многих ведущих исследовательских центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе в: University of Tulsa (США), Woodbury University (США), Российском государственном геологоразведочном университете (Россия), Сибирский Федеральный университет (Россия), The University of Queensland (Австралия), Уральском государственном горном университете (Россия), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», (Россия), Государственном предприятии «Институт минеральных ресурсов», Навоийском государственном горном институте, Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан) и др.

В результате исследований по повышению эффективности бурового оборудования и компрессорных установок, проведенных в мире, получен ряд научных результатов, в том числе: исследование факторов, влияющих на эффективность буровых установок (Уральский государственный горный университет, Россия); совершенствование и повышение эффективности породоразрушающих инструментов (University of Tulsa США, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия); энерго- и ресурсосбережение при ведении буровых работ (Российский государственный

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> и др. источников.

геологоразведочный университет, Россия); разработана методика снижения затрат и повышения экономической эффективности проходки скважин (The University of Queensland, Австралия, Сибирский Федеральный университет, Россия, ГП «Институт минеральных ресурсов», Узбекистан); энергосбережение при эксплуатации компрессорных установок; утилизация вторичных энергоресурсов компрессорных установок (Навоийский государственный горный институт, Узбекистан).

В мире по разработке энергоэффективных методов эксплуатации бурового оборудования ведется ряд исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, в том числе: исследование факторов, влияющих на эффективность буровых установок; совершенствование и повышение эффективности породоразрушающих инструментов; исследование энерго- и ресурсосбережения при ведении буровых работ; снижение затрат и повышение экономической эффективности проходки скважин; энергосбережение при эксплуатации компрессорных установок; утилизация вторичных энергоресурсов компрессорных установок.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования, повышения эффективности породоразрушающих инструментов и совершенствования компрессорных установок внесли Соловьев Н.В., Куликов В.В., Кудряшов Б.Б., Горшков Л.К., Лимитовский А.М., Меркулов М.В., Стеклянов Б.Л., Шамансуров И.И., Тошов Ж.Б., Рахимов Р.Р., Торгашов А.В., Миняев Ю.Н., Френкель М.И., Фролов П.П., Шамшев Ф.А., Шрейнер Л.А., Магардумов А.М., Heriot Watt., Garnier A.I., Hollis W.T., Cannon G. E., Nicolson R.M., Stapel A.G и др. Ими получены значительные результаты в повышении эффективности буровых установок и снижении энергетических затрат рудничных компрессорных установок.

Однако, на сегодняшний день разработка научных основ эффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб и повышения скорости бурения на основе улучшения условий работы породоразрушающего инструмента изучены не полностью. А также, не полностью исследовано влияние температурных режимов породоразрушающего инструмента на эффективность бурения и энергетические затраты. Вместе с тем, существуют нерешенные проблемы, обусловленные отсутствием связи между условиями идеализации свойств горных пород и условиями работы рабочих органов, определением зависимостей, выделяемых на забое скважины высоких температур от скорости объемного разрушения, определением прироста температуры очистного воздуха при бурении скважин и относительным влиянием на работоспособность породоразрушающего инструмента. В связи с этим исследование температурного режима породоразрушающего инструмента и повышение энергетической эффективности компрессорных установок при бурении скважин с очисткой забоя воздухом является актуальной научной и практической проблемой горно-геологической отрасли и требует продолжения исследований в этом направлении.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на тему: ЁБВ–Атех–2018–22 – «Разработка ресурсосберегающих технологий для повышения эффективности бурения скважин с продувкой воздухом» (2018-2019 гг.).

Целью исследования является разработка эффективного энергетического комплекса при бурении скважин с продувкой воздухом на основе совершенствования температурного режима работы породоразрушающего инструмента и повышения эффективности компрессорных установок.

Задачи исследования:

анализ известных работ, выполненных по бурению скважин с продувкой воздухом, и выбор направления исследований;

исследование температурного режима работы породоразрушающего инструмента и его влияния на эффективность бурения;

исследование вихревой трубы и возможности ее использования при охлаждении породоразрушающего инструмента;

разработка новой конструкции инструмента при расположении вихревого охладителя у забоя скважины;

разработка математической модели теплового режима скважины с применением вихревой трубы;

исследование энергетической эффективности компрессорных установок и разработка конструкции системы утилизации теплоты ДВС компрессора с использованием избыточного воздуха;

экспериментальное исследование влияния эжекции отработанных газов двигателя внутреннего сгорания на эффективность его работы;

разработка методов, повышающих энергетическую эффективность бурения скважин с продувкой воздухом, и оценка энергетической эффективности предлагаемых решений.

Объектом исследования является технологический процесс бурения с продувкой воздухом, энергоэффективная эксплуатация бурового оборудования.

Предмет исследования: температурный режим работы породоразрушающего инструмента и эффективность дизельного привода компрессоров буровых оборудований.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы комплексные методы исследований, включающие теоретические обобщения и экспериментально-производственные исследования в лабораторных и промышленных условиях, методы математического моделирования температурных режимов работы породоразрушающего инструмента с применением методов математической статистики и стандартных математических и графических программ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе анализа экспериментальных данных получена аналитическая зависимость величины температуры холодного потока воздуха вихревого

охладителя от давления воздуха, позволяющая рассчитать температуру охлажденного воздуха при различных давлениях, создаваемых компрессором;

разработана математическая модель температурного режима скважины с применением вихревой трубы, позволяющая определить и прогнозировать температуру в любой точке скважины в зависимости от давления воздуха;

установлено, что применение эжекционного сопла на выхлопной трубе двигателя внутреннего сгорания при использовании утилизационной установки вторичных энергоресурсов привода компрессора позволяет снизить расходы топлива, величина которого изменяется в зависимости от нагрузки на двигатель;

разработана конструкция устройства для утилизации вторичных энергоресурсов двигателя внутреннего сгорания компрессора, позволяющая снизить энергетические потери и повысить КПД энергоисточника;

установлена зависимость температуры охлаждающего потока, выходящего с бурового снаряда с вихревой трубой от давления и расхода воздуха, создаваемым компрессором, позволяющая определить температуру очистного воздуха на забое скважины;

установлена эмпирическая зависимость изменения температуры на забое от частоты вращения бурильной колонны при различных осевых нагрузках при применении обычного бурового снаряда и бурового снаряда с вихревой трубой;

разработана конструкция бурового снаряда с вихревым охладителем, позволяющая увеличить механическую скорость бурения на основе снижения температуры на забое.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания, повышающее эффективность эксплуатации компрессорных установок на основе экономии топлива и утилизации вторичных энергоресурсов;

разработана конструкция колонкового снаряда со съемным керноприемником, способствующая снижению затраты энергии и повышению стойкости буровой коронки;

разработана конструкция бурового снаряда для бурения с продувкой воздухом, позволяющая нормализовать температурные режимы работы породоразрушающего инструмента;

разработана аналитическая модель температурного режима скважины, позволяющая рассчитать и прогнозировать температуру на забое.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по разработке методов энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования, а также положительными результатами экспериментальных испытаний разработанной конструкции бурового инструмента и системы утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессора, способствующих повышению энергетической эффективности эксплуатации бурового оборудования.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается исследованием вихревой трубы и возможности ее использования при охлаждении породоразрушающего инструмента, разработкой математической модели теплового режима скважины с применением вихревой трубы и научных основ энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется разработкой устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорных установок, новой конструкции колонкового снаряда со съемным керноприемником, конструкции бурового снаряда для бурения с продувкой воздухом и аналитической модели температурного режима скважины, способствующих повышению энергетической эффективности эксплуатации бурового оборудования.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по разработке научных основ энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб:

устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессора буровой установки внедрено в Центральной геологоразведочной партии Геологоразведочной экспедиции ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» №02-06-07/8762 от 19.08.2020 г.). В результате достигнуто снижение тепловых потерь в окружающую среду и повышение эффективности компрессора бурового оборудования;

разработанная новая конструкция бурового снаряда с вихревым охладителем внедрена в Центральной геологоразведочной партии Геологоразведочной экспедиции ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» №02-06-07/8762 от 19.08.2020 г.). В результате обеспечены благоприятные температурные режимы на забое скважины и увеличена механическая скорость бурения;

вихревая труба внедрена в Центральной геологоразведочной партии Геологоразведочной экспедиции ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» №02-06-07/8762 от 19.08.2020 г.). В результате достигнута экономия топлива двигателем внутреннего сгорания компрессора до 10%.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования проведена на 3 республиканских и 11 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 31 научных работ, из них 1 монография, 11 статей в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 4 из которых в республиканских и 7 в зарубежных журналах, получены 2 патента на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 194 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации **«Анализ состояния и основные направления совершенствования бурения скважин с продувкой воздухом»** проведен анализ особенностей бурения скважин с продувкой воздухом, рассмотрена эффективность основных методов борьбы с пылью при бурении скважин с продувкой воздухом. Произведен анализ зарубежной и отечественной практики бурения скважин с продувкой воздухом, а также определены основные направления совершенствования и повышения энергетической эффективности бурового оборудования при бурении скважин с продувкой воздухом.

Совершенствование техники и технологии буровых работ, повышение энергетической эффективности буровых оборудований и уменьшение себестоимости бурения скважин является актуальной задачей поиска и разработки месторождений полезных ископаемых.

Повышение эффективности бурения скважин требует внедрения новых инновационных и высокопроизводительных технических решений.

На сегодняшний день, наиболее прогрессивным и эффективным методом бурения в определенных условиях считается бурение скважин с очисткой забоя воздухом и различными газообразными промывочными агентами.

При бурении с продувкой скорость бурения резко увеличивается за счет отсутствия гидростатического давления столба промывочной жидкости, благодаря большим скоростям воздушного потока происходит более полная и быстрая очистка скважины от шлама. В результате, улучшаются условия работы породоразрушающего инструмента, что ведет к ускорению проходки.

Применение сжатого воздуха для очистки забоя скважины в определенных условиях является эффективным способом проходки скважин. Но массовые расходы и теплоемкость воздуха значительно меньше по сравнению с промывочной жидкостью, что приводит к возникновению высоких температурных режимов на забое скважины, которые отрицательно влияют на эффективность породоразрушающего инструмента.

Кроме того, значительно повышаются топливно-энергетические затраты буровых работ за счет использования компрессорных агрегатов, затраты

энергии привода которых больше, относительно насосов, используемых в аналогичных условиях.

Работа в номинальном режиме компрессора является основной причиной больших энергетических потерь. Приблизительно 30 % сгораемого топлива преобразовывается в полезную мощность, а 70 % ее теряется в тепловом виде, по этой причине большая часть потерь приходится на двигатели внутреннего сгорания (ДВС) компрессорной установки.

Анализ результатов предыдущих исследований позволил сформулировать основные направления работы: повышение эффективности породоразрушающих инструментов на основе совершенствования температурных режимов на забое скважины и повышение эффективности компрессорных установок.

Во второй главе диссертации **«Исследование и совершенствование температурного режима работы породоразрушающего инструмента при бурении скважин с очисткой забоя воздухом»** выполнен анализ факторов и влияния температурного режима породоразрушающего инструмента на эффективность бурения, исследованы возможность применения вихревой трубы для нормализации температурного режима породоразрушающего инструмента.

Определены основные направления совершенствования температурного режима для повышения энергетической эффективности бурения скважин с продувкой воздухом.

При бурении скважин температурные факторы отрицательно влияют на работу бурового инструмента через высокие контактные температуры с необратимыми последствиями (деформации матриц, разрушение алмазов, зашлифование и засаливание их рабочих поверхностей, снижение твердости алмазов и прижоги инструмента).

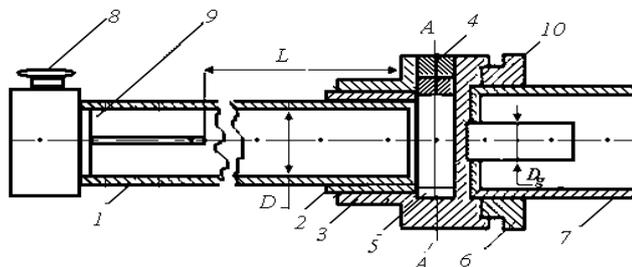
В результате высокой температуры бурового инструмента возникают аварийные ситуации, чаще алмазные долота прижигаются, затраты времени на устранение прижога составляют 8-10%. Очевидно, что повышение эффективности непосредственно связано с обеспечением температурного режима при бурении скважин.

Одним из эффективных средств поддержания температурного режима скважины при бурении с продувкой воздухом, является применение, охлажденного до отрицательных температур, воздуха в качестве очистного агента.

Использование вихревой трубы, основанной на эффекте Ранка, в качестве охлаждающего устройства для продувочного воздуха, возможно, является более эффективным и экономичным. Отличительные особенности вихревой трубы, малые размеры и отсутствие движущихся частей, позволяют использовать ее в качестве призабойного генератора холода в процессе бурения скважины. На рис. 1 приведен конструктивный вид вихревой трубы.

Вихревой эффект, или эффект Ранка, заключается в том, что приосевые слои кругового потока, образованного в результате истечения воздуха через сопло, значительно охлаждаются и протекают через отверстие диафрагмы как

холодный поток, одновременно происходит нагревание периферийных слоёв, которые затем вытекают через дроссель как горячий поток. Дроссель регулирует расход холодного и горячего воздуха. Часть воздуха, выходящая через холодный выход вихревой трубы, называется холодной фракцией. Она имеет минимальный расход воздуха при наименьшем значении температуры холодного потока.



1 – трубка; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – улитка; 5 – генератор холодной фракции на холодном выходе; 6 – гайка; 7 – трубка; 8 – дроссель; 9 – крестовина; 10 – прокладка

Рис. 1. Конструкция вихревой трубы

С целью установления основных закономерностей изменения параметров в различных режимах работы вихревой трубы проведены экспериментальные работы.

Результаты экспериментальных работ позволили установить зависимость изменения температуры холодного и горячего потоков вихревой трубы от давления воздуха.

В результате регрессионного анализа, проведенного на основании экспериментальных данных, получена зависимость температуры воздуха холодного потока вихревой трубы от его давления:

$$t_{1н} = -24,6 P - 10,9, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где P – давление воздуха, выходящего с компрессорной установки, МПа.

С помощью полученной зависимости можно определить начальную температуру воздуха на холодном выходе вихревой трубы, который нагнетается в бурильные трубы ($t_{1н}$), а также выражение (1) может быть использовано для расчёта температурного режима скважины с помощью формул (2) и (3) при бурении с продувкой воздухом с использованием вихревой трубы в качестве холодильной установки.

Температурный режим скважины при бурении – это распределение температуры циркулирующей промывочной среды в кольцевом и во внутреннем канале бурильной колонны, которое зависит от множества факторов. Принятые за основу формулы, предложенные Б.Б. Кудряшовым, позволяют рассчитать текущую температуру на любой глубине h , исходя из начальной температуры потоков промывочной среды при конечной глубине скважины H . Распределение температуры определяется по следующим формулам:

в бурильных трубах

$$t_1 = (t_{1H} - T_{\Pi}) \cdot e^{r_2 h} + \frac{k\pi}{G_{rcp}} \cdot \frac{\Delta t_3}{r_1} \cdot e^{r_1(h-H)} + T_{\Pi}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

в кольцевом канале

$$t_2 = (T_{\Pi} - t_{1H}) \cdot \frac{r_2}{r_1} \cdot e^{r_2 h} - \frac{k\pi}{G_{rcp}} \cdot \frac{\Delta t_3}{r_2} \cdot e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

где r_1, r_2 – корни характеристического уравнения:

$$r_1, r_2 = \frac{\pi}{G_c} \left(\frac{k_{\tau} D}{2} \mp \sqrt{\frac{k_{\tau}^2 D^2}{4} + k_{\tau} k D} \right), \text{ м}^{-1}; \quad (4)$$

где T_{Π} – средняя постоянная по глубине естественная температура пород, $^\circ\text{C}$; t_{1H} – температура промывочной среды, нагнетаемой в бурильные трубы, $^\circ\text{C}$; h – глубина скважины (текущая координата), м; H – конечная глубина, м; D – диаметр скважины, м; k – коэффициент теплопередачи через стенку бурильной колонны, отнесенной к единице длины трубы, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; G – весовой расход (для воздуха – G_r) в $\text{кг}/\text{с}$; c – удельная весовая теплоемкость очистного агента, (для воздуха при постоянном давлении – c_p) $\text{Дж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$; k_{τ} – коэффициент нестационарного теплообмена, $\text{Вт}/\text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$; Δt_3 – прирост температуры воздуха в призабойной зоне скважины, $^\circ\text{C}$.

Правильное определение величин формул (2) и (3) влияют на результат параметров температурного режима. При бурении скважин с продувкой воздухом с применением вихревой трубы, температура холодного потока воздуха (t_{1H}) на холодном выходе вихревой трубы, зависящая от давления, может быть определена по зависимости, полученной при испытаниях вихревой трубы.

В случаи применения вихревой трубы с целью охлаждения подаваемого в скважину воздуха, начальная температура (t_{1H}) промывочной среды будет определяться температурой воздуха на холодном выходе вихревой трубы.

После корректировки формул, с учетом экспериментально полученной зависимости температуры на холодном выходе вихревой трубы от давления (1), формулы (2) и (3) примут следующий вид:

в бурильных трубах

$$t_1 = ((-24,6 \cdot P - 10,9) - T_{\Pi}) e^{r_2 h} + \frac{k\pi}{G_{rcp}} \frac{\Delta t_3}{r_1} e^{r_1(h-H)} + T_{\Pi}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

в кольцевом канале

$$t_2 = (T_{\Pi} - (-24,6 \cdot P - 10,9)) \frac{r_2}{r_1} e^{r_2 h} - \frac{k\pi}{G_{rcp}} \frac{\Delta t_3}{r_2} e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

где P – давление воздуха, МПа.

На основе формул (2) и (3) разработана математическая модель температурного режима скважины с применением вихревой трубы, позволяющая определить и прогнозировать температуру в любой точке скважины в зависимости от давления воздуха. Температурный режим скважины был рассмотрен для двух случаев, в первом случае, вихревая труба устанавливается на устье скважины, охлажденный воздух подается в скважину по теплоизолированным бурильным трубам.

Результаты расчетов с теплоизолированными бурильными трубами при расположении вихревой трубы на устье (рис. 2) показывают, что от верхних участков ствола скважины до глубины 75-80 м происходит возрастание температуры продувочного воздуха и она становится близкой к температуре породы. В призабойной зоне на глубине 90 м наблюдается постепенное повышение температуры воздуха под действием тепла, поступающей от породоразрушающего инструмента. Таким образом, при конечной глубине скважины 100 м температура воздуха в бурильной трубе достигает 11°C и в кольцевом канале скважины – 18 °С.

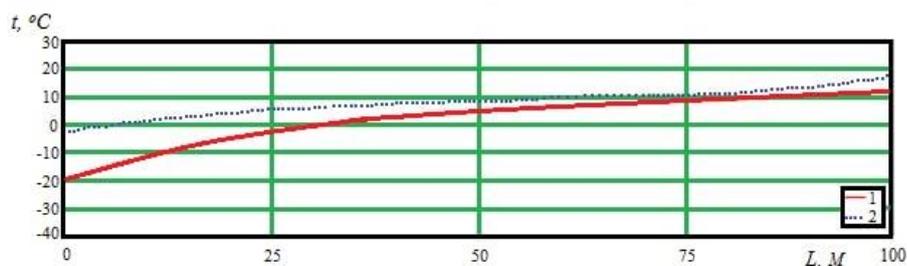
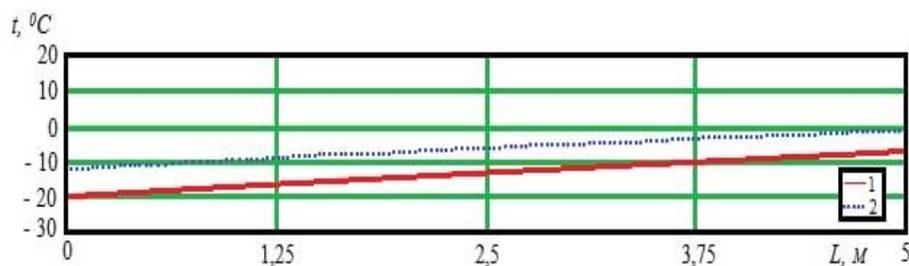


Рис. 2. График распределения температуры в теплоизолированных бурильных трубах (1) и в кольцевом канале (2)

Во втором случае, вихревая труба встраивается в состав бурового снаряда над колонковой трубой.

Результаты расчета при расположении вихревой трубы над буровым снарядом представлены графически на рис. 3, из которого наблюдается, что конечная температура в трубе на забое составляет -8 °С, а в кольцевом канале – 1 °С.



1- в колонковой трубе и 2- в кольцевом канале

Рис. 3. График распределения температуры при установке вихревой трубы в состав бурового снаряда над колонковой трубой

Результаты расчетов позволяют сделать вывод о том, что наилучшего охлаждения на забое можно достичь, установив вихревую трубу в состав бурового снаряда над породоразрушающим инструментом. Но в этом случае возникает необходимость разработки надёжной конструкции забойного бурового снаряда, обеспечивающей бесперебойную работу.

В третьей главе диссертации «Повышение эффективности привода дизельного компрессора за счет использования утилизированной теплоты» проанализированы энергетические потери компрессорных установок буровых оборудований, разработано устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессора и экспериментально исследовано влияние

эжекции отработанных газов двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на эффективность его работы.

Повышение скорости проходки скважин с продувкой холодным воздухом приводит к повышению энергоёмкости данного процесса по причине необходимости использования компрессора с более мощным приводом относительно насосов, используемых при бурении в подобных условиях.

Анализ работы передвижных компрессорных установок показывает, что значительная часть энергетических потерь приходится на ДВС привода компрессора, так как не все сгораемое топливо преобразовывается в полезную мощность. Большее количество тепловой энергии отводится от двигателя в систему охлаждения и уносится с отработавшими газами.

Величина эффективного КПД двигателя, которое определяет количество тепловой энергии преобразующейся в полезную мощность при сгорании топлива в двигателе, зависит от множества факторов и составляет 30 – 35 %. Остальное количество теплоты выводится в атмосферу с выхлопными газами, при этом загрязняя окружающую среду. Сегодня эта тепловая энергия не используется.

В настоящее время двигатель со свободным выхлопом можно встретить только как исключение. Он представляет собой весьма неэкономичную и нерациональную машину, так как выбрасывает в атмосферу значительное количество энергии, которую достаточно полно можно использовать при помощи ряда систем.

Утилизируемое тепло от ДВС компрессорной установки и горячего воздуха от вихревой трубы, принцип действия которой основан на вихревом эффекте, можно использовать для отопления производственных и бытовых объектов, на снабжение горячей водой, на технологические нужды производства.

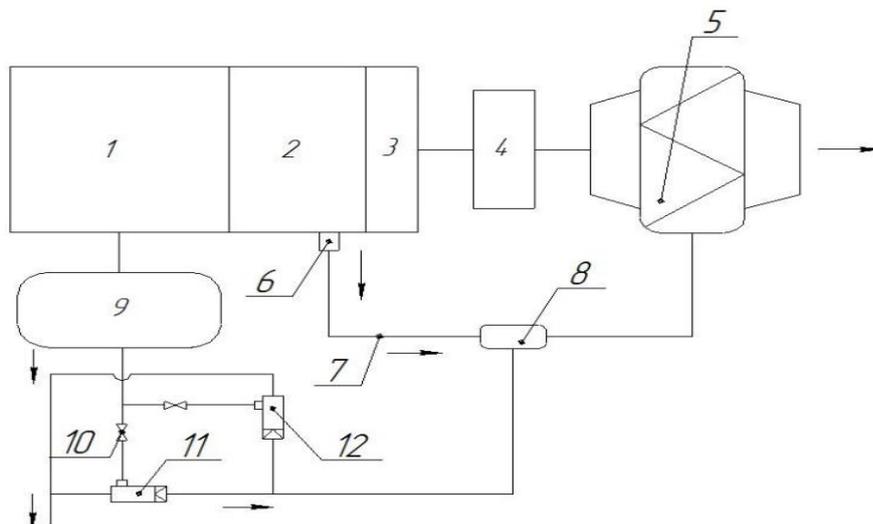
Использование тепла выхлопных газов с теплообменными аппаратами создает сопротивление на выхлопной трубе ДВС. Величина противодавления на выхлопе лимитируется т.к. это ухудшает рабочие процессы в цилиндрах двигателя, уменьшается коэффициент избытка воздуха, наполняемость цилиндров свежим зарядом и падает эффективная мощность двигателя. Повысить эффективность компрессора с приводом от ДВС можно применением вихревой трубы.

Для повышения эффективности компрессора и снижения затрат на теплоснабжение при бурении скважин с продувкой воздухом с применением вихревой трубы предлагается следующее устройство утилизации теплоты ДВС компрессора и нагретого воздуха, выходящего с горячего выхода вихревой трубы (рис. 4). Новизна устройства защищена патентом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 01311 от 26.06.2019.

Устройство работает следующим образом: после того, как двигатель компрессора запущен, сжатый воздух из ресивера 9 компрессора 1 подается в вихревые трубы 11 и 12, где происходит температурное разделение воздуха на холодный и горячий потоки. После разделения в вихревых трубах холодный поток воздуха подается в скважину. Горячий поток воздуха, через

инжекционное сопло 8 смешиваясь с горячим потоком, поступающим с выхлопными газами из выхлопной трубы 6 двигателя внутреннего сгорания 2, подается в теплообменник 5.

Вентилятор 4, отбирая теплоту радиатора 3, направляет его в теплообменник. Теплообменник 5 создает сопротивление движению выхлопных газов, что снижает полезную мощность двигателя и повышает его расход топлива.



1 – компрессор; 2 – ДВС; 3 – радиатор; 4 – вентилятор; 5 – теплообменник; 6 – выхлопная труба; 7 – труба; 8 – инжекционное сопло; 9 – ресивер; 10 – задвижка; 11 и 12 – вихревые трубы

Рис. 4. Устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорной установки

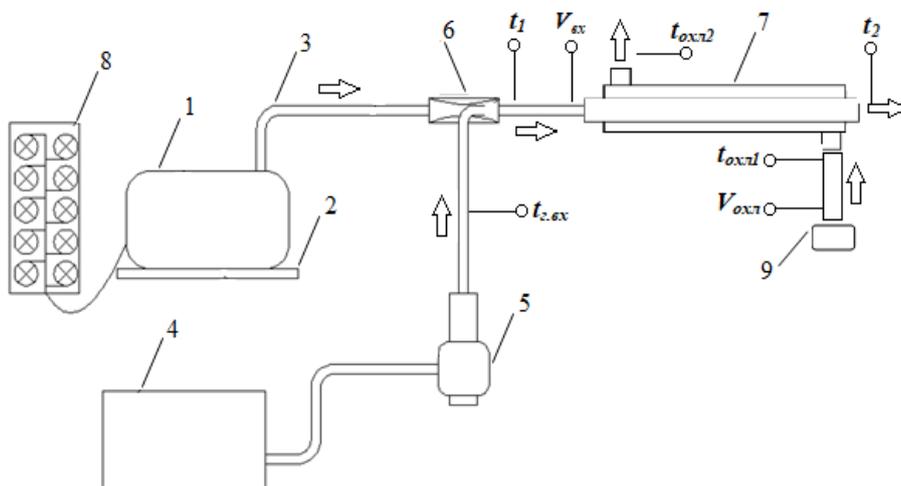
Для снижения вредного влияния сопротивлений теплообменника, горячий поток высокого давления с вихревой трубы 11 подается в инжекционное сопло 8, установленное в выхлопном трубопроводе. В сопле происходит разрежение газов, при котором струя горячего потока воздуха с вихревой трубы, выходя с большой скоростью из сопла, увлекает за собой выхлопные газы. При этом снижается сопротивление движению выхлопных газов, создаваемое теплообменником, что способствует снижению расхода топлива двигателем.

С целью определения влияния эжекции выхлопных газов ДВС на эффективность его работы, проведены экспериментальные исследования расхода топлива при эжекции выхлопных газов потоком воздуха от вихревой трубы.

Для выполнения экспериментальных исследований использовалась установка, схема которой представлена на рис. 5.

Исследования проводились с использованием бензоагрегата с генератором мощностью 2 кВт. В качестве нагрузки генератора использовались лампы накаливания. Нагрузку увеличивали по 300 Вт, от 0 до 1800 Вт. Вихревая труба устанавливалась в эжекционном сопле, расположенном в выхлопном коллекторе бензоагрегата, перед теплообменником. Сжатый воздух подавался в вихревую трубу от компрессора.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. Первый этап испытания проводился с подсоединением к глушителю бензоагрегата теплообменника, без применения эжекционного сопла, во втором этапе испытаний, между бензогенератором и теплообменником на выхлопном коллекторе устанавливалось эжекционное сопло.



1 – двигатель (ДВС); 2 – весы; 3 – выхлопная труба; 4 – компрессор; 5 – вихревая труба; 6 – эжекционное сопло; 7 – теплообменник; 8 – блок с лампами; 9 – вентилятор; t_1 – температура выхлопного газа на входе к теплообменнику, ($^{\circ}\text{C}$); t_2 – температура выхлопного газа на выходе из теплообменника, ($^{\circ}\text{C}$); $t_{\text{охл1}}$ – температура охлаждающего воздуха, подаваемого в теплообменник, ($^{\circ}\text{C}$); $t_{\text{охл2}}$ – температура охлаждающего воздуха, выходящего из теплообменника, ($^{\circ}\text{C}$); $V_{\text{вх}}$ – скорость потока выхлопного газа, подаваемого в теплообменник, (м/с); $V_{\text{охл}}$ – скорость потока охлаждающего воздуха, подаваемого в теплообменник, (м/с); $t_{\text{г.вх}}$ – температура воздуха на горячем конце вихревой трубы, ($^{\circ}\text{C}$)

Рис. 5. Схема экспериментальной установки исследования влияния эжекции выхлопных газов ДВС на эффективность его работы

Применение эжекционного сопла между бензогенератором и теплообменником позволило снизить расход топлива двигателя, на рис. 6 приведен график зависимости расхода топлива ДВС от нагрузки на двигатель.

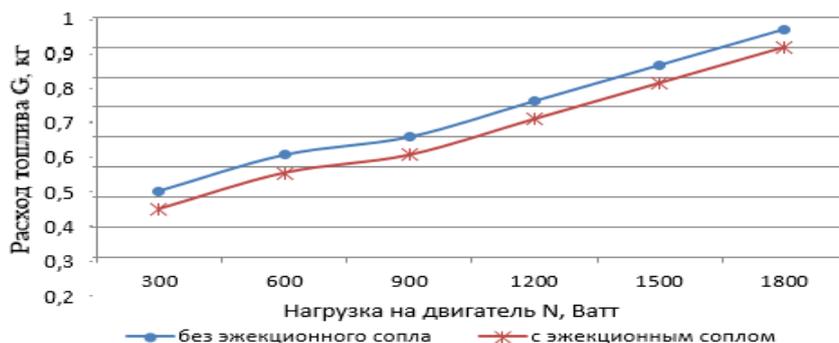


Рис. 6. График зависимости расхода топлива ДВС от нагрузки на двигатель

В ходе испытаний с применением эжекционного сопла наблюдалось снижение расхода топлива. Величина экономии топлива увеличивается с увеличением нагрузки двигателя. Результаты экспериментальных исследований показывают, что применение эжекционного сопла позволяет снизить расход топлива ДВС в среднем на 7-10 %.

В четвертой главе диссертации «**Оптимизация и совершенствование методов энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб**» экспериментально исследованы тепловые мощности забоя скважины при работе породоразрушающего инструмента.

Мощность является одним из важнейших параметров бурения геологоразведочных и взрывных скважин, определяющих энергоёмкость и эффективность процесса разрушения горной породы. Определение рациональных технологических режимов и обеспечение экономической эффективности зависит от определения необходимой мощности бурения на стадии проектирования процесса. Наиболее важным фактором, определяющим температурный режим скважины, кроме начальной температуры продувочного воздуха ($t_{1н}$) нагнетаемой в бурильные трубы, является прирост температуры продувочного воздуха Δt_z , в результате нагрева породоразрушающего инструмента у забоя скважины.

Результаты испытаний при опытном бурении с продувкой позволили определить тепловую мощность, выделяющейся на забое, т.е., мощность, которая идет на нагревание призабойной зоны и коронки:

$$P_{\text{тепл}} = c \cdot G \cdot (t_2 - t_1) \text{ Вт} \quad (7)$$

где c – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С; t_2 – температура воздуха на выходе с герметизатора, °С; t_1 – температура воздуха на выходе с вихревой трубы, °С; G – расход воздуха, кг/с.

Результаты испытаний позволили установить зависимость тепловой мощности от скорости объемного бурения (рис. 7).

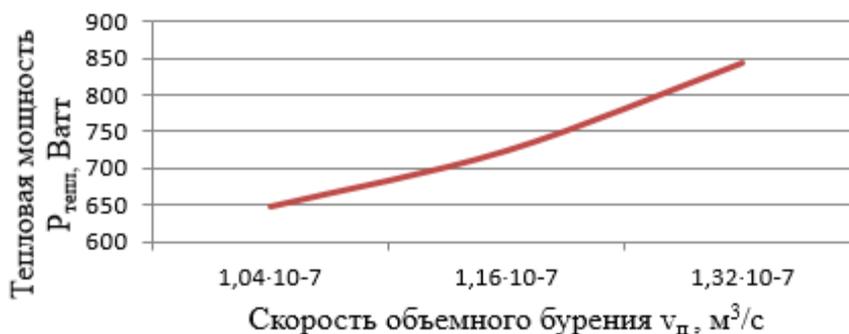


Рис. 7. Зависимость тепловой мощности от скорости объемного разрушения горной породы

По результатам экспериментальных испытаний, установлена зависимость изменения скорости объемного бурения от осевой нагрузки и частоты вращения бурильной трубы. Изменение скорости бурения, частоты вращения коронки и

осевой нагрузки влияет на скорость объемного разрушения. С другой стороны, известно влияние осевой нагрузки и числа оборотов на забойную мощность. Таким образом, объемную скорость разрушения можно принять за обобщающий параметр, оказывающий существенное влияние на тепловую мощность.

В результате проведенного регрессионного анализа экспериментальных данных получена следующая зависимость:

$$P_{\text{тепл}} = 7 \cdot 10^9 \cdot v_{\text{п}} - 83,82, \quad (8)$$

где $v_{\text{п}}$ – скорость объемного бурения, м³/с.

С помощью установленной зависимости можно определить повышение температуры воздуха для продувки:

$$\Delta t_3 = \frac{P_{\text{тепл}}}{G \cdot c} = \frac{7 \cdot 10^9 \cdot v_{\text{п}} - 83,82}{G \cdot c}, \quad (9)$$

где $P_{\text{тепл}}$ – тепловая мощность, выделяющаяся на забое в процессе бурения, Вт; c – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С; G – расход воздуха, кг/с; $v_{\text{п}}$ – скорость объемного бурения, м³/с.

При практических расчетах температурного режима скважины при бурении с продувкой с использованием вихревой трубы количество теплоты, выделяемой на породоразрушающем инструменте, которая определяет прирост температуры продувочного воздуха (Δt_3), может определяться по экспериментально полученной нами зависимости (8). При этом формулы для практических расчетов температурного режима скважины (2) и (3) предложенные Б.Б. Кудряшовым примут следующий окончательный вид:

в бурильных трубах

$$t_1 = [(-2.46 \cdot P - 10,9) \cdot T_{\text{п}}] \cdot e^{r_2 h} \cdot \frac{k\pi(7 \cdot 10^9 \cdot v_{\text{п}} - 83,82)}{G_{\text{г}}^2 \cdot c_{\text{г}}^2 \cdot r_1} e^{r_1(h-H)} + T_{\text{п}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (10)$$

в кольцевом канале

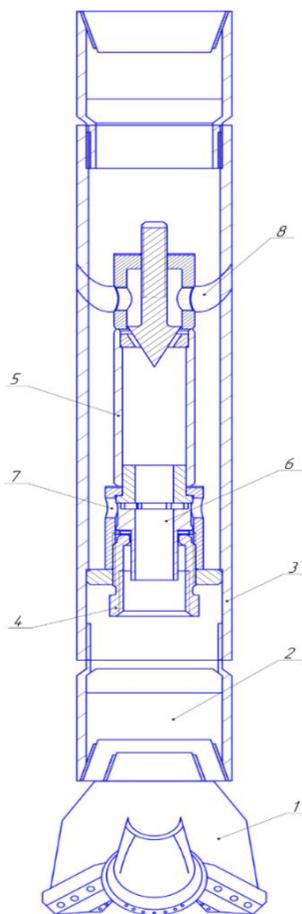
$$t_2 = [T_{\text{п}} - (-2.46 \cdot P - 10,9)] \frac{r_2}{r_1} e^{r_2 h} - \frac{k\pi(7 \cdot 10^9 \cdot v_{\text{п}} - 83,82)}{G_{\text{г}}^2 \cdot c_{\text{г}}^2 \cdot r_2} e^{r_1(h-H)}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

Разработана конструкция бурового инструмента, содержащая вихревую трубу для бурения скважин со сплошным забоем, разработана новая конструкция колонкового снаряда со съемным керноприемником, содержащий вихревую трубу и проведены промышленно-экспериментальные исследования разработанной конструкции бурового инструмента, содержащего вихревую трубу.

Обобщение результатов исследований и опыта использования вихревых труб, позволило разработать конструкцию вихревой трубы для установки ее в призабойной зоне бурового снаряда с целью охлаждения продувочного воздуха непосредственно на забое скважины.

Для повышения эффективности породоразрушающего инструмента, на основе нормализации и регулирования температурных режимов при бурении с очисткой забоя воздухом, разработана следующая конструкция бурового снаряда, включающая в себя вихревую трубу (рис. 8). Новизна конструкции

защищена приоритетом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 20200089 от 03.04.2020.



- 1 – шарошечное долото;
- 2 – переходник;
- 3 – наружная труба;
- 4 – гайка;
- 5 – вихревая труба;
- 6 – генератор холодной фракции на холодном выходе;
- 7 – входное отверстие;
- 8 – тангенциальное отверстие для выхода горячего воздуха

Рис. 8. Буровой снаряд, включающий в себя вихревую трубу для бурения с очисткой забоя воздухом

Буровой снаряд с вихревой трубой работает следующим образом. При бурении скважины сжатый воздух по наружной трубе 3, через входные отверстия 7, подается на генератор холодной фракции 6 вихревой трубы 5 и закручивается в ней. Поток сжатого воздуха при прохождении через вихревую трубу разделяется на два потока, поток холодного и горячего воздуха. Поток холодного воздуха вытекает из отверстия гайки 4, через переходник 2 и буровое долото 1, поступает на забой скважины для выноса продуктов разрушения в затрубное пространство с одновременным охлаждением бурового долота. Генератор холодной фракции, в данном устройстве, выполнен съемным, который можно заменить на другой тип генератора, что позволяет, в случае необходимости, изменить режим охлаждения при изменении режимов бурения.

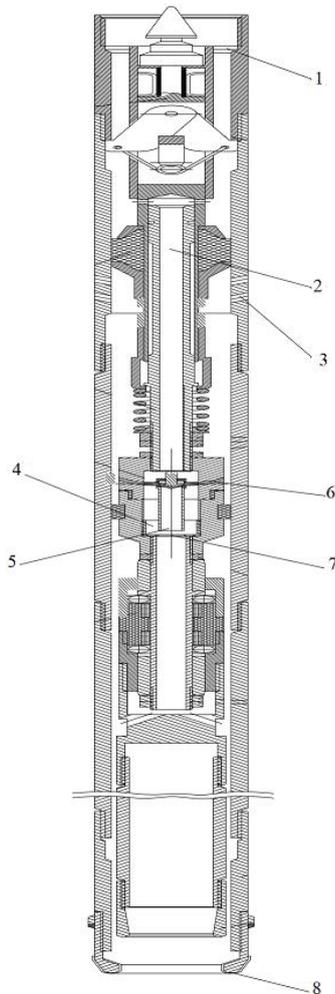
Горячий воздух из вихревой трубы 5, через тангенциальное отверстие для выхода горячего потока воздуха 8, вытекает в затрубное пространство. Поскольку отверстие 8 выполнено тангенциально эжекторным, то оно создаёт вихревое движение в затрубном кольцевом зазоре. Это позволяет эжектировать холодный поток с продуктами разрушения, что улучшает очистку забоя и благоприятно сказывается на охлаждении долота, так как уменьшаются затраты энергии на повторное переизмельчение частиц породы.

Такое выполнение бурового снаряда для бурения с продувкой воздухом позволяет повысить стойкость бурового долота и нормализовать температурный режим породоразрушающего инструмента.

С целью наилучшего охлаждения бурового долота при бурении скважин с продувкой воздухом и с отбором керна, перспективно использование вихревой трубы в качестве холодильника, встраиваемого в состав бурового снаряда (рис. 9). Новизна конструкции защищена патентом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 01503 от 29.05.2020.

Разработанная конструкция колонкового снаряда со съемным керноприемником для бурения с продувкой воздухом работает следующим

образом: при бурении скважины сжатый воздух через отверстие для продувочной жидкости 1 и по внутренней трубе 2 подается на диафрагму 4 вихревой трубы 5 и закручивается в ней. Поток сжатого воздуха, при прохождении через вихревую трубу, разделяется на два потока, поток холодного и горячего воздуха. Поток холодного воздуха вытекает из отверстия для выхода холодного потока воздуха 7 и через межтрубный кольцевой зазор поступает на забой скважины для выноса продуктов разрушения в затрубное пространство с одновременном охлаждением буровой коронки 8.



- 1 – отверстие для продувочного воздуха;
- 2 – внутренняя труба;
- 3 – тангенциальные отверстия на колонковой трубе для выхода горячего потока воздуха;
- 4 – диафрагма (для входа сжатого воздуха);
- 5 – вихревая трубка;
- 6 – тангенциальные отверстия для выхода горячего потока воздуха;
- 7 – отверстие для выхода холодного потока воздуха;
- 8 – буровая коронка

Рис. 10. Колонковый снаряд со съёмным кернаприемником, содержащий вихревую трубу

Горячий воздух из вихревой трубы через тангенциальное отверстие для выхода горячего потока воздуха 6 вытекает в межтрубное пространство и далее через тангенциально эжекторным отверстиям для выхода горячего потока воздуха 3 вытекает в затрубное пространство.

Поскольку отверстия 3 выполнены тангенциально эжекторным, то они создают вихревое движение в затрубном кольцевом зазоре, что позволяет эжектировать холодный поток с продуктами разрушения, улучшает очистку забоя и благоприятно сказывается на охлаждении коронки, за счёт уменьшения затрат энергии на повторное переизмельчение частиц породы. Применение охлажденного продувочного воздуха значительно снижает температуру в скважине, создает благоприятные температурные условия для работы породоразрушающего инструмента, предотвращая отрицательное влияние высоких температур на забое скважины.

Для определения температуры охлажденного продувочного воздуха в зависимости от давления и расхода воздуха разработанной конструкции бурового снаряда с вихревой трубой проводились экспериментальные испытания.

На основе результатов испытаний установлена зависимость температуры охлажденного потока воздуха от давления воздуха, создаваемым компрессором (рис. 10).

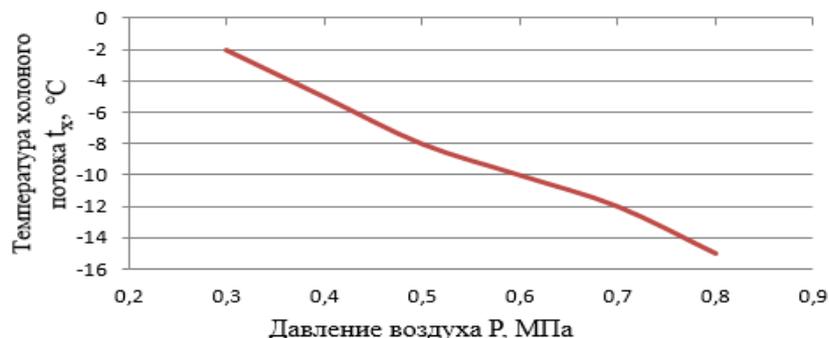


Рис. 10. График зависимости температуры охлажденного потока воздуха от давления, создаваемого компрессором

При давлении сжатого воздуха 0,3 МПа температура охлажденного потока воздуха составила -2°C , а при давлении 0,8 МПа -15°C , с увеличением давления сжатого воздуха на каждые 0,1 МПа наблюдалось снижение температуры охлажденного воздуха на 2-3 $^{\circ}\text{C}$.

С целью определения эффективности разработанных конструкций бурового инструмента и влияния низких начальных температур очистного воздуха на эффективность инструмента, были проведены опытно-промышленные исследования.

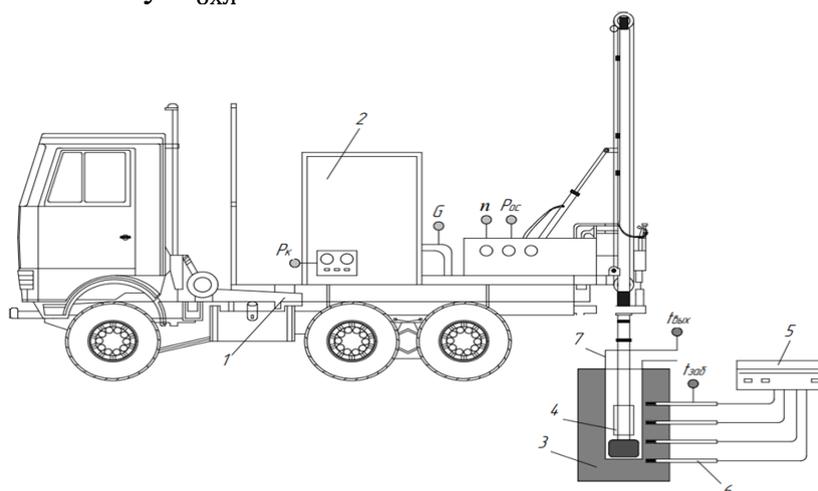
Схема экспериментальной установки при испытании бурового снаряда с вихревым охладителем приведена на рис. 11.

Экспериментальные работы были проведены следующим образом: на искусственный разбуриваемый блок 3, с коэффициентом крепости породы $f=7$, установили термпары 6 и подключили к многоканальному измерителю температуры 5. Сверху разбуриваемого блока установили патрубок 7 для отвода очистного воздуха со шламом. Буровой снаряд с вихревой трубой 4 присоединили к вращателю буровой установки 1, далее запустили компрессор 2 затем, буровую установку 1, задали давление сжатого воздуха P_k на компрессоре, частоту вращения n и осевую нагрузку P_{oc} .

После установившегося режима работы замеряли расход воздуха G на выходе из компрессора, замеряли температуру на забое $t_{заб}$ и температуру $t_{вых}$ очистного воздуха на выходе из скважины. Длительность экспериментального бурения T для каждого заданных параметров составила 10 минут, после которых замерялась длина проходки L . Экспериментальные работы выполнялись с применением обычного бурового снаряда и нами разработанного бурового снаряда с вихревой трубой по несколько раз с различными частотами вращения n , осевой нагрузкой P_{oc} , давлением P_k и расходом G сжатого воздуха.

Результаты экспериментальных испытаний разработанной конструкции бурового инструмента, содержащей вихревую трубу, позволили установить зависимость изменения температуры на забое скважины $t_{заб}$ от частоты вращения бурильной колонны n , величины осевой нагрузки P_{oc} и температуры продувочного воздуха, подаваемого в скважину $t_{охл}$. Также установлена

зависимость углубления скважины от температуры продувочного воздуха, подаваемого в скважину $t_{\text{охл}}$.



1 – буровая установка; 2 – компрессор; 3 – искусственный разбуриваемый блок; 4 – буровой снаряд, содержащий вихревую трубу; 5 – многоканальный измеритель температуры; 6 – термопары типа К; 7 – патрубок для отвода очистного воздуха со шламом; n – точка замера частоты вращения бурильной колонны (об/мин); $P_{\text{ос}}$ – точка замера осевой нагрузки (кН); $P_{\text{к}}$ – точка замера давления воздуха на выходе из компрессора (МПа); G – точка замера расхода воздуха на выходе из компрессора (кг/с), $t_{\text{заб}}$ – точка замера температуры на забое ($^{\circ}\text{C}$); $t_{\text{вых}}$ – точка замера температуры очистного воздуха на выходе из скважины ($^{\circ}\text{C}$)

Рис. 11. Схема экспериментальной установки при испытании бурового снаряда с вихревым охладителем

На основе результатов экспериментальных испытаний установлена зависимость величины температуры на забое от параметров бурения и начальной температуры продувочного воздуха.

На рис. 12 и 13 приведены зависимости изменения температуры на забое от частоты вращения бурильной колонны при различных осевых нагрузках с обычным буровым снарядом и с применением нами разработанного бурового снаряда с вихревой трубой.

При бурении с очисткой забоя неохлажденным воздухом (рис. 12) наблюдается повышение температуры на забое с увеличением частоты вращения. К примеру, при осевой нагрузке на буровой снаряд 5 кН, частоты вращения 69 об/мин и температуры подаваемого очистного воздуха 35°C температура на забое составляла 77°C , при увеличении частоты вращения на 103 об/мин, температура на забое повысилась на 30°C и составила 107°C . При последовательном увеличении частоты вращения на 200 об/мин температура на забое повысилась на 76°C и составила 183°C , при частотах вращения 300 об/мин температура на забое составила 262°C . Увеличение осевой нагрузки также привело к повышению температуры на забое.

Применение бурового снаряда с вихревой трубой позволило снизить температуру на забое за счет создания отрицательных температур очистного воздуха (рис. 13).

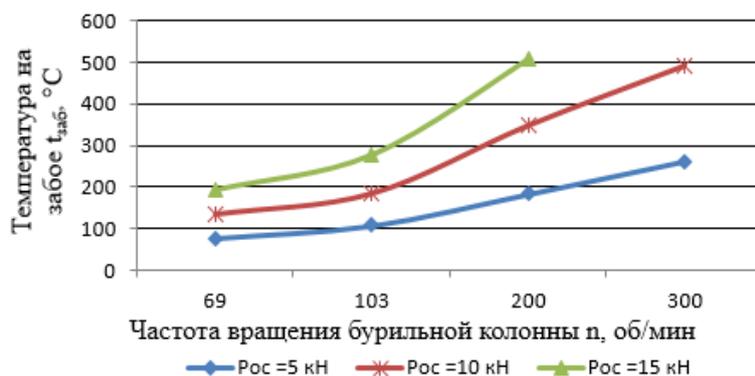


Рис. 12. График зависимости изменения температуры на забое $t_{\text{заб}}$ от частоты вращения буровой колонны n при различных осевых нагрузках $P_{\text{ос}}$ при применении обычного бурового снаряда

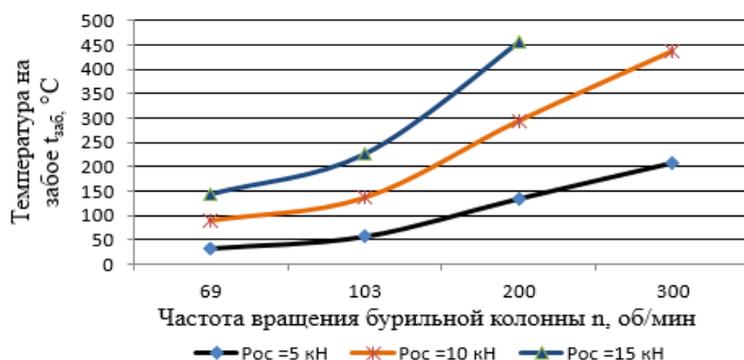


Рис. 13. График зависимости изменения температуры на забое $t_{\text{заб}}$ от частоты вращения буровой колонны n при различных осевых нагрузках $P_{\text{ос}}$ при применении бурового снаряда с вихревой трубой

Как видно из графика, при осевой нагрузке на буровой снаряд 5 кН, частоты вращения 300 об/мин и температуры очистного воздуха -15°C температура на забое составляет 206°C , что ниже на 56°C относительно бурения с обычным буровым снарядом. При бурении геотехнологических и технических скважин с продувкой низкие температуры на забое способствуют улучшению работы породоразрушающего инструмента, что ведет к ускорению проходки.

Механическая скорость проходки скважины, в первую очередь, зависит от режимных параметров бурения, вида и объема очистного агента, но при бурении с очисткой забоя воздухом условия охлаждения бурового снаряда влияют на величину скорости проходки, это обосновывается результатами экспериментальных исследований, приведенных графически на рис. 14.

Графическая зависимость изменения скорости проходки от частоты вращения буровой колонны показывает, что при начальной температуре очистного воздуха 40°C , осевой нагрузке 10 кН и частоты вращения буровой колонны 69 об/мин, скорость проходки составляет 2,6 м/ч, с повышением частоты вращения буровой колонны наблюдается увеличение скорости проходки, при частоте вращения 300 об/мин скорость проходки составляет 6,8 м/ч. При применении охлажденного воздуха для очистки забоя с температурой

-12°C в аналогичных условиях бурения наблюдается повышение скорости проходки, при частоте вращения бурильной колонны 69 об/мин, скорость проходки составляет 2,76 м/ч, а при частоте вращения 300 об/мин 7,6 м/ч.



Рис. 14. График зависимости изменения скорости проходки v от частоты вращения бурильной колонны n при осевой нагрузке 10 кН, с различными температурами очистного воздуха $t_{охл}$

Таким образом, в зависимости от режимов бурения, скорость проходки, за счет применения охлажденного до отрицательных температур очистного воздуха, увеличивается в среднем на 7 %.

В пятой главе диссертации «Технико-экономическая оценка эффективности применения разработанных решений» выполнена оценка эффективности работы бурового снаряда и оценка эффективности работы компрессорной установки, а также рассчитана общая экономическая эффективность комплекса.

Повышение эффективности работы бурового оборудования в значительной степени возможно за счет улучшения эксплуатационных показателей породоразрушающего инструмента и снижения топливно-энергетических ресурсов.

Экономический эффект от применения разработанной новой конструкции бурового снаряда, содержащей вихревую трубу и устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорной установки, достигается за счет увеличения механической скорости бурения, полезной утилизации теплоты и снижения расхода топлива ДВС привода компрессора.

Внедрение разработанного нами бурового снаряда с вихревой трубой позволило повысить эксплуатационные показатели породоразрушающего инструмента за счет увеличения механической скорости бурения на 7%.

При этом экономический эффект на одно долото составляет 91,2 тыс. сум. От применения одного бурового снаряда с вихревой трубой экономический эффект на один год составляет 12 300 тыс. сум.

Применение устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорной установки позволило полезно утилизировать теплоту выхлопных газов, которые можно использовать на технологические нужды, снизив затраты на теплоснабжение и снизить расходы топлива ДВС

компрессора на 7-10% за счет эжекции выхлопных газов. При этом экономический эффект на 1000 метров бурения составляет 544,4 тыс. сум.

Годовая экономия от применения устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорной установки составляет 10 200 тыс. сум.

Общая годовая экономическая эффективность комплекса от внедрения предлагаемых разработок составляет:

$$E_r = E_{бсв} + E_{ут} = 12300 + 10200 = 22500 \text{ тыс. сум/год}, \quad (12)$$

где E_r – годовая эффективность, тыс. сум; $E_{бсв}$ – экономия от применения бурового снаряда, содержащего вихревую трубу, тыс. сум; $E_{ут}$ – экономия от применения устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания компрессорной установки, тыс. сум при эксплуатации одного бурового оборудования.

В результате внедрения бурового снаряда с вихревым охладителем и устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания получен экономический эффект в размере 22 500 тыс. сум в год при эксплуатации одного бурового оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора технических наук (DSc) на тему: «Разработка научных основ энергоэффективной эксплуатации бурового оборудования с использованием вихревых труб» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Нормализация температурных режимов работы породоразрушающего инструмента при бурении скважин с очисткой забоя воздухом достигается за счет принудительного охлаждения подаваемого в скважину продувочного воздуха до отрицательных температур, непосредственно на забое.

2. Установлено негативное влияние высоких температур на породоразрушающий инструмент, предотвращение которого требует поддержания оптимального температурного режима на забое скважины.

3. Эффективное поддержание оптимального температурного режима работы породоразрушающего инструмента на забое скважины достигается применением вихревой трубы.

4. Установлена экспериментальная зависимость температуры холодного потока вихревой трубы в зависимости от величины давления и расхода воздуха. Температура холодного потока воздуха, выходящего с вихревой трубы с увеличением величины давления и расхода воздуха снижается, а уменьшение давления и расхода воздуха повышает температуру холодного потока.

5. Установлена зависимость температуры горячего потока вихревой трубы от давления воздуха, позволяющая определить величину теплового потока, передаваемого горячим потоком воздуха вихревой трубы в теплообменнике.

6. Экспериментально исследованы и получены результаты применения вихревой трубы с различными генераторами холодной фракции в различных

режимах. Применение генераторов холодной фракции типа «С» в вихревой трубе позволяет получить максимально низкие температуры воздуха до -45°C , а при применении генераторов холодной фракции типа «Н» отрицательная температура воздуха меньше, но генераторы холодной фракции типа «Н» позволяют получить максимально высокую степень охлаждения.

7. Предложена математическая модель температурного режима скважины с применением вихревой трубы, которая позволяет определить и прогнозировать температуру в любой точке скважины в зависимости от величины давления воздуха.

8. Разработана новая конструкция устройства для утилизации вторичных энергоресурсов двигателя внутреннего сгорания компрессора, которая позволяет снизить энергетические потери и повысить коэффициент полезного действия компрессора. Новизна устройства защищена патентом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 01311 от 26.06.2019.

9. Применение эжекционного сопла между выхлопным коллектором двигателя внутреннего сгорания и теплообменником при использовании нами разработанного устройства для утилизации теплоты позволяет снизить расходы топлива двигателя до 10%.

10. Предложена новая конструкция колонкового снаряда со съёмным керноприемником, применение которой позволяет снизить затраты энергии на повторное переизмельчение частиц породы. Новизна конструкции защищена патентом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 01503 от 29.05.2020.

11. Разработана новая конструкция бурового снаряда с вихревым охладителем, позволяющая увеличить механическую скорость бурения на основе снижения температуры на забое. Применение нами разработанного бурового снаряда с вихревым охладителем увеличивает механическую скорость бурения до 7%. Новизна конструкции защищена приоритетом на полезную модель Республики Узбекистан № FAP 20200089 от 03.04.2020.

12. Установлена зависимость изменения температуры охлажденного потока воздуха, выходящего из разработанного бурового снаряда, от давления и расхода воздуха, создаваемым компрессором. Регулирование температуры очистного воздуха на забое обеспечивается изменением величины давления и расхода воздуха.

13. Установлена эмпирическая зависимость изменения температуры на забое от частоты вращения бурильной колонны при различных осевых нагрузках при применении обычного бурового снаряда и бурового снаряда с вихревой трубой. Буровой снаряд с вихревой трубой позволяет снизить начальную температуру очистного воздуха до отрицательных значений, что способствует улучшению работы породоразрушающего инструмента.

14. Применение бурового снаряда с вихревым охладителем и устройства для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания позволяет получить экономический эффект в размере 22 500 тыс. сум в год при эксплуатации одного бурового оборудования.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL BASED ON SCIENTIFIC COUNCIL
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.17/30.12.2019.T.06.01
AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

DJURAEV RUSTAM UMARKHANOVICH

**DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC FOUNDATIONS FOR ENERGY
EFFICIENT OPERATION OF DRILLING EQUIPMENT USING VORTEX
TUBES**

**04.00.16 – Mining machines;
04.00.15 – Technology and technique of geological exploration**

**DISSERTATION ABSTRACT
FOR THE DOCTOR OF SCIENCES (DSc) OF TECHNICAL SCIENCES**

The theme of dissertation doctor of sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2020.3.DSc/T369.

The dissertation has been carried out at the Navoi State Mining Institute.

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

Scientific Consultants:

Merkulov Mikhail Vasilyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Toshov Javokhir Buriyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Stolpovskikh Ivan Nikitovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Neskoromnikh Vyacheslav Vasilyevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Shakirov Anvar Adilovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

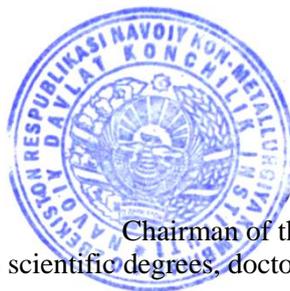
Institute of Geology and geophysics

The defence of the dissertation will be held on 14 December 2020 at 12⁰⁰ at the meeting of the single Scientific Council based on Scientific Council of scientific degrees DSc.17/30.12.2019.T.06.01 at the Navoi State Mining institute. Address: 210100, Navoi, Galaba Shokh street, 127. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-00-55; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No 64. Address: 210100, Navoi, Galaba Shokh street, 127. Phone: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on 30 November 2020.

(Protocol at the register No 26 dated 30 November 2020).

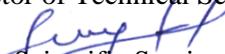


 **K.S. Sanakulov**

Chairman of the Scientific Council for awarding the scientific degrees, doctor of Technical Sciences, professor

 **Sh.Sh. Zairov**

Scientific Secretary of the Scientific Council for awarding of scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

 **I.T. Mislibayev**

Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council for the award of academic degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of research work is to develop an effective energy complex for drilling wells with air blowing based on improving the temperature regime of the rock cutting tool and increasing the efficiency of compressor units.

The object of the research work is the technological process of drilling with air blast, energy efficient operation of drilling equipment.

The scientific novelty of the research is as follows:

for the first time, on the basis of the analysis of the experimental data presented, the analytical dependence of the temperature of the cold air flow of the vortex cooler on the air pressure was obtained, which makes it possible to calculate the temperature of the cooled air at various pressures created by the compressor;

for the first time, a mathematical model of the temperature regime of the well with the use of a vortex tube was developed, which makes it possible to determine and predict the temperature at any point in the well, depending on the air pressure;

it was found that the use of an ejection nozzle on the exhaust pipe of an internal combustion engine when using a recycling installation of secondary energy resources of the compressor drive allows to reduce fuel consumption, the value of the latter changes depending on the load on the engine;

a new design of a device for utilization of secondary energy resources of an internal combustion engine of a compressor has been developed, which allows to reduce energy losses and increase the efficiency of an energy source;

the dependence of the temperature of the cooling flow leaving the drill with a vortex tube on the pressure and air flow generated by the compressor has been established, which makes it possible to determine the temperature of the cleaning air at the bottom of the well;

for the first time the empirical dependence of the temperature change at the bottomhole on the rotational speed of the drill string at various axial loads was established when using a conventional drill and a drill with a vortex tube;

a new design of a drilling assembly with a vortex cooler was developed, which allows increasing the ROP based on lowering the temperature at the bottom hole.

Implementation of the research results. Based on the research carried out to develop the scientific foundations for energy efficient operation of drilling equipment using vortex tubes:

The developed device for the utilization of the heat of the internal combustion engine of the compressor of the drilling rig was introduced at the Central exploration party of the Geological exploration expedition of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07 / 8762 dated 19.08.2020). As a result, a decrease in heat losses to the environment and an increase in the efficiency of the compressor of the drilling equipment were achieved;

the developed new design of a drilling assembly with a vortex cooler was introduced at the Central Geological Prospecting Party of the Geological Exploration Expedition of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07 / 8762 of 08.19.2020). As a result,

favorable temperature conditions were provided at the bottom of the well and the ROP was increased;

The vortex tube was introduced at the Central Geological Prospecting Party of the Geological Prospecting Expedition of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07 / 8762 dated 19.08.2020). As a result, up to 10% fuel savings are achieved by the internal combustion engine of the compressor.

The structure and scope of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the thesis is 194 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Джураев Р.У., Меркулов М.В. Нормализация температурного режима скважин при бурении с продувкой воздухом. – Монография. – Навои: изд. им. Алишера Навои, 2016. – 128 с.
2. Джураев Р.У., Меркулов М.В. Экспериментальные исследования тепловой мощности забоя при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: изд. МГГУ, 2016. – №1. – С. 288-293 (05.00.00; №29).
3. Джураев Р.У., Меркулов М.В. Утилизация теплоты ДВС привода компрессора и избытков воздуха при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: изд. МГГУ, 2016. – №7. – С. 186-192 (05.00.00; №29).
4. Джураев Р.У., Мустафаев О.Б. Скважиналарни хаво ёрдамида бурғилашнинг энергия самарадорлигини ошириш // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – №2. – С. 45-47 (05.00.00; №7).
5. Djuraev R.U., Khatamova D.N., Polvonov N.O., Mustafaev O.B. Method of normalization of temperature regimes of the boreholes with application of air purging // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. –2018 Vol. 5, Issue 9. –pp. 6785-6789 (05.00.00; №8).
6. Джураев Р.У. Результаты экспериментальных исследований по определению влияния эжекции выхлопных газов ДВС на эффективность его работы // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №3. – С. 79-82 (05.00.00; №7).
7. Djuraev R.U., Khatamova D.N. Forecasting and regulating the temperature regime while drilling wells with stall air cleaning // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. – 2019. Vol. 9, №3, – pp. 57-61 (04.00.00; №7).
8. Джураев Р.У., Меркулов М.В., Хатамова Д.Н., Сафарова М.Д. Совершенствование температурного режима породоразрушающего инструмента при бурении скважин с очисткой забоя воздухом // Горный Вестник Узбекистана. –Навои, –2020. –№2 (81). – С. 67-71 (05.00.00; №7).
9. Djuraev R.U., Toshov J.B., Khatamova D.N. Improving methods of energy-efficient operation of drilling equipment using vortex tubes when drilling wells with air purging // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2020. – С. 45-54 (04.00.00; №6).
10. Djuraev R.U., Khatamova D.N. Analysis of the possibility of using vortex pipes when drilling wells with air purging // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2020. Vol. 7, Issue 9. – pp. 14907-14911 (05.00.00; №8).
11. Djuraev R.U., Toshov J.B. Study of the temperature regime of rock-breaking tools when drilling wells with air cleaning of the bottom face // International Journal

of Geology, Earth & Environmental Sciences. – 2020. Vol. 10. – №3. – pp. 9-14 (04.00.00; №7).

12. Merkulov M.V., Djuraev R.U., Leontyeva O.B., Makarova G.Y., Tarasova Y.B. Simulation of thermal power on bottomhole on the bases of experimental studies of drilling tool operation // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. Vol. 8, No.8. – pp. 4383-4389 (Scopus Base, DOI: 10.30534/ijeter/2020/55882020).

II бўлим (II часть; part II)

13. Джураев Р.У., Хайдарова М.Э. Нормализация температурного режима при бурении скважин с продувкой воздухом при использование вихревой трубы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва: Изд. МГГУ, – №1084/10-16. 2016. – №10.

14. Djuraev R.U., Merkulov M.V., Shimorina E.F., Borzova T.V., Ananyev S.A. Geological Exploration in the Cryolite Zone: Reducing Environmental Risks by Ensuring the Temperature Condition // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. Vol. 9, Issue 2. – pp. 3038-3045.

15. Джураев Р.У., Меркулов М.В., Хатамова Д.Н. Устройство для утилизации теплоты двигателя внутреннего сгорания // Патент на полезную модель. № FAP 01311, по заявке № FAP 20170075 от 19.06.2017. Зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей Республики Узбекистан 26.06.2018.

16. Джураев Р.У., Меркулов М.В., Хатамова Д.Н. Колонковый снаряд со съемным керноприемником // Патент на полезную модель. № FAP 01503, по заявке № FAP 20190066 от 29.05.2019. Зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей Республики Узбекистан 10.06.2020.

17. Джураев Р.У., Хайдарова М.Э. Особенности бурения геологоразведочных скважин и влияние температурного режима на эффективность бурения с продувкой воздухом // Молодой учёный, Международный научный журнал. – Казань, 2016 – № 14. – С. 137-139.

18. Джураев Р.У. Прогнозирование и регулирование температурного режима при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом // Материалы VIII Международной Межвузовской конференции «Молодые – наукам о земле». – Москва, 2016. Том 4. – С. 192-194.

19. Джураев Р.У. Возможность обеспечения температурного режима скважины при бурении с продувкой // Материалы Республиканской научно-технической конференции. Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. – Наваи, 2016. – С. 189.

20. Джураев Р.У. Возможность использования теплоты ДВС привода компрессора при бурении скважин с продувкой воздухом // Материалы Республиканской научно-технической конференции. Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. – Наваи, 2016. – С. 188.

21. Джураев Р.У. Повышение эффективности бурения геологоразведочных скважин с продувкой воздухом // «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги худудий илмий-амалий конференция. – Бухоро, 2016. – С. 242-245.
22. Djuraev R.U., Toshov B.R., Khatamova D.N., Shomurodov B.X. The study of temperature regimes of the boreholes with application of air purging // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshon region: achievements, challenges and prospect. – Navai, 2017. – pp. 36-41.
23. Djuraev R.U. Method of internal combustion engines heat utilization at boreholes drilling with air purge // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshon region: achievements, challenges and prospect. – Navai, 2017. – pp. 46-49.
24. Джураев Р.У., Мустафаев О.Б., Шомуродов Б.Х., Турсунов А.К. Геологик разведка ишларида қайта тикланувчан энергия манбаларини қўллаш // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С. 530.
25. Джураев Р.У., Хатамова Д.Н., Тагирова Ю.Ф. Модернизация системы охлаждения поршневых компрессорных установок // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С. 176.
26. Джураев Р.У., Хатамова Д.Н., Шомуродов Б.Х. Утилизация вторичных энергоресурсов компрессорной станции с применением теплового насоса // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С. 537.
27. Джураев Р.У., Кароматова З.Х. Повышение эффективности систем охлаждения компрессорных установок // Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса. Международная научно-техническая конференция, посвященная 60-летию НГМК. – Навои, 2018. – С. 264.
28. Джураев Р.У., Кароматова З.Х. О влияние системы охлаждения компрессорных установок на её эффективность // Материалы международной научно-технической конференции посвященная 60 летию НГМК. Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса. – Навои, 2018. – С. 266.
29. Джураев Р.У., Тошов Б.Р., Кароматова З.Х. Потери производительности пневматических установок // Материалы международной научно-технической конференции посвященная 60 летию НГМК. Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса. – Навои, 2018. – С. 268.
30. Джураев Р.У., Меркулов М.В. Экспериментальные исследования влияние эжекции на эффективность работы ДВС привода компрессора // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». – Москва, 2019. – С. 112-115.

31. Djuraev R.U., Jurayev F.N., Khatamova D.N. Experimental study of the effect of ejection of exhaust gases of an internal combustion engine on its efficiency // Материалы V международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века». – Нур-Султан, 2019. – С. 136-141.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан таҳрирдан
ўтказилди.