

https://doi.org/10.51885/3134-8009_IJS_2026_3_10

XFTAP 52.47.15

АРНАЙЫ РОТАЦИЯЛЫҚ БҰРҒЫЛАУ ҚҰРАЛЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН МОДЕЛЬДЕУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО РОТАЦИОННОГО БУРИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

MODELING THE DESIGN OF A SPECIAL ROTARY DRILLING TOOL

А. Есиркепов^{ID1}, К.Шеров^{ID1}, Ж. Тошов^{ID2}, Г. Хамитова^{ID1*},
М. Усербаев^{ID1}, С. Кардыбай^{ID1}

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

²И. Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті, Ташкент қ., Өзбекстан

*Жауапты автор: Хамитова Гульжазира Журсиалиевна, e-mail: g.khamitova@kazatu.edu.kz

Түйінді сөздер:

роторлық айналмалы
бұрғылау, ротациялық
бұрғылау құралы,
құрал геометриясы,
бұрғылау сұлбасы,
төзімділік, демпфер.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақалада арнайы ротациялық бұрғылау құралы конструкциясын зерттеу және модельдеу нәтижелері келтірілген. Ротациялық бұрғылау құралының жаңадан арнайы конструкциясын әзірлеу арқылы бұрғылау жұмыстарының өнімділігін арттыру және өзіндік құнын төмендету мәселелері қарастырылып, зерттелген. Бұрғылау құралының тозуына әсер ететін факторларды талдау барысында негізгі фактор бұрғы құралының геометриясы екені анықталды. Сонымен қатар, бұрғылау құралдарының үзілісті жүктемелермен секірмелі режимде жұмыс істейтіні анықталды, бұл бүкіл бұрғылау бағанасында дірілдің пайда болуына алып келеді. Инерциялық айналуды орталығынан ауытқу бұрғылау күшінің артуына себеп болып, соның салдарынан бұрғылау құралы қарқынды тозады. Әзірленген ротациялық бұрғылау құралының конструкциясы қарапайым және оны дайындау технологиялық тұрғыдан тиімді. Қолданылатын бұрғылау сұлбасының мәні – кескіш тістің бұрғыланатын бетпен үздіксіз байланыста болуы, соның нәтижесінде бұрғылау процесі кезінде дірілдің пайда болуын болдырмау. Бұрғылау сұлбасы грунтты кесу принципіне негізделген. Бұрғылау құралының геометриясын өзгерту арқылы процестің кинематикасы негізінде бұрғылау күшінің бағыты мен мәнін өзгертуде мүмкіндік пайда болады. Бұрғылау сұлбасын дұрыс құру арқылы бұрғылау күшінің теріс мәндеріне қол жеткізуге болады. Мұндай күштер бұрғылау құралын кері итермей, керісінше, оны бұрғылау бағыты бойынша алға қарай тартады. Бұрғылау құралының геометриялық параметрлерін дәл анықтау мақсатында SolidWorks САПР бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, оның конструкциясы модельденді. Ротациялық бұрғылау құралының тәжірибелік үлгісі дайындалды.

Ключевые слова:

Роторное вращательное
бурение, ротационный

АННОТАЦИЯ

В данной статье приводятся результаты исследования и моделирование конструкции специального ротационного бурильного инстру-



© 2026 А. Есиркепов, К.Шеров, Ж. Тошов, Г. Хамитова, М. Усербаев, С. Кардыбай
Бұл жұмыс Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясы
(CC BY 4.0) бойынша таратылады.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

бурильный инструмент,
геометрия инструмента,
схема бурения, стойкость,
демпфер.

мента. Рассмотрены и изучены вопросы повышение производительности и снижения себестоимости бурильных работ за счет разработки новой специальной конструкции ротационного бурильного инструмента. При анализе факторов влияющих на износ бурильного инструмента выявлено, что преобладающим является геометрия инструмента. Также выявлено, что буровые инструменты работают скачкообразно с перебойными нагрузками, создавая условия для возникновения вибрации всей бурильной колонны, отклонения от центра инерционного вращения увеличивает силу бурения, которая приводит к интенсивному износу бурильного инструмента. Разработанный ротационный бурильный инструмент имеет не сложную конструкцию и технологично в изготовлении. Суть применяемой схемы бурения в том, что режущий зуб, имея непрерывный контакт с буримой поверхностью, исключает вибрацию в процессе бурения. Схема бурения основана на срезании грунта. Изменяя геометрию бурильного инструмента, появляется возможность через кинематику процесса изменить направления и значения силы бурения. При правильном построении схемы бурения можно добиться появления отрицательных сил бурения, которые не будут отталкивать, а наоборот втягивать бурильного инструмента по направлению бурения. Для точного определения геометрии выполнено моделирование конструкции бурильного инструмента с использованием программного комплекса САПР SolidWorks. Изготовлен опытный образец ротационного бурильного инструмента.

Keywords:

rotary drilling, rotary
drilling tool, tool geometry,
drilling scheme, wear
resistance, damper.

ABSTRACT

This article presents the results of research and modeling of the design of a special rotary drilling tool. The issues of increasing drilling productivity and reducing drilling costs through the development of a new special design of a rotary drilling tool are considered and studied. The analysis of factors affecting drilling tool wear revealed that tool geometry is the predominant factor. It was also found that drilling tools operate intermittently under fluctuating loads, creating conditions for vibration of the entire drill string. Deviation from the center of inertial rotation increases the drilling force, which leads to intensive wear of the drilling tool. The developed rotary drilling tool has a relatively simple design and is technologically efficient to manufacture. The essence of the proposed drilling scheme is that the cutting tooth, being in continuous contact with the drilled surface, eliminates vibration during the drilling process. The drilling scheme is based on cutting the ground. By changing the geometry of the drilling tool, it becomes possible, through the kinematics of the process, to change the direction and magnitude of the drilling force. With the proper design of the drilling scheme, negative drilling forces can be generated, which do not push the drilling tool away but, on the contrary, pull it in the drilling direction. To accurately determine the geometry, the drilling tool design was modeled using the SolidWorks CAD software package. A prototype of the rotary drilling tool was manufactured.

КІРІСПЕ

Өндіруші саладағы жоғары бәсекелестік пен капиталды көп қажет ететін өндіріс жағдайында бұрғылау жұмыстарының (бұдан әрі – БЖ) өзіндік құнын төмендету талап етіледі. Өзіндік құнды төмендету үшін еңбек өнімділігін арттыруға, дайындық жұмыстарына жұмсалатын шығындарды азайтуға бағытталған бірқатар іс-шараларды

жүзеге асыру қажет. Бұл ретте шығындардың уақыт пен жұмыс көлеміне тәуелділігін ескеру маңызды. БЖ өзіндік құнын төмендетудің негізгі критерийлерінің бірі – бұрғылау жұмыстарының техникасы, технологиясы мен ұйымдастырылуын үнемі жетілдіруге ықпал ететін техникалық прогресті пайдалану болып табылады (Булатов, Проселков & Шаманов, 2003; Волик, 2014; Нескоромных, 2012).

Алайда БЖ жүргізудің қазіргі заманғы техникасы мен технологиялық жабдықталуына қарамастан, бұрғылау құралы (бұдан әрі – БҚ) және оның жұмыс істеу принципі бұрынғы қалпында қалып отыр. БЖ кезінде негізінен тік, көлбеу бағытталған және көлденең бұрғылау тәсілдері қолданылады. Атап айтқанда, роторлық бұрғылау кеңінен қолданылса, кенжар қозғалтқыштармен бұрғылау көлемі де артып келеді (Попов и др., 2003; Тетельмин & Язев, 2014). Роторлық айналмалы бұрғылау кезінде (бұдан әрі – РАБ) жұмыс кенжарға қысылған тау жынысын бұзушы құралды (қашау, коронка) айналдыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл құралға осьтік жүктеме мен айналу моменті беріледі. Бұрғылау технологиясындағы маңызды аспектілердің бірі – қозғалысты бұрғылау құбырларына және бұрғылау құралына айналмалы қозғалысты беру болып табылады, өйткені бұрғылау күштері осы процестерге тікелей тәуелді.

Роторлық айналмалы бұрғылау (РАБ) әдісі жүз қырық жылдан астам уақыт бойы қолданылып келеді. Ұңғымаларды бұрғылаудың осы әдісінің технологиясы алғаш рет XIX ғасырдың сексенінші жылдарының басында Америка Құрама Штаттарында қолданылған. Содан бері процестің тиімділігін арттыруға бағытталған жекелеген жаңашылдықтарды қоспағанда, бұл әдіс іс жүзінде өзгеріссіз қалып отыр. Өзгерістер тау жыныстарын бұзатын бұрғылау құралдарына қатысты болды – олар жетілдірілді, ұңғымаларды жууға арналған жаңа сұйық орталар әзірленді, сондай-ақ механизм бөлшектерінің беріктігі арттырылды.

РАБ кезінде статикалық осьтік жүктемелер ең жоғары мәнге ие болады және олар негізінен бұрғылау бағанасының (бұдан әрі – ББ) өзіндік салмағынан туындайды. Созылу кернеулерінің пайда болуына алып келетін басқа жүктемелерге бұрғылау бағанасын көтеру кезінде құбырлардың тау жынысымен үйкеліс күштері, турбобұрғы мен қашаудағы қысымның айырмасы, сондай-ақ бұрғылау бағанасының қысылып қалуына және тартылуына байланысты күштер жатады. РАБ кезінде шарошкалы қашау, негізінен, бұрғылау станогының ең жоғары жүктеме түсетін және жауапты элементі болып табылады. Оның қызмет ету циклі ішінде (іс жүзінде 10 жылдан астам уақыт) жұмсалған қашауларға кететін шығындар, әдетте, бұрғылау машинасының өзіндік құнынан бірнеше есе асып түседі.

Қазіргі уақытта бұрғылау жұмыстары (БЖ) құнының дағдарыс жағдайында өсуіне байланысты ғалымдардың зерттеулері осы мәселені шешуге бағытталған және негізінен мынадай бағыттарды қамтиды:

а) сенімділігін арттыру мақсатында бұрғылау станоктарының конструкцияларын жетілдіру;

б) әртүрлі типтік тау-кен геологиялық және технологиялық карьер жағдайлары үшін жаңа жоғары жылдамдықты және тозуға төзімді БҚ конструкцияларын жетілдіру және жасау;

в) БЖ басқаруды ұйымдастыруды және сервистік техникалық қызмет көрсету нысандарын жетілдіру;

г) ұңғымаларды бұрғылаудың технологиялық процесін тікелей жұмыс істейтін карьерлердің өнеркәсіптік жағдайларында оңтайландыру.

Алғашқы екі бағыт карьерлерден тыс жүзеге асырылатынын, эволюциялық дамумен сипатталатынын және негізінен конструкциялық әзірлемелердің нысаны болып табылатынын атап өткен жөн.

Ұңғымаларды бұрғылау кезінде БҚ тозуына әсер ететін 11 фактор анықталғаны белгілі, олардың ішіндегі ең көп тарағаны – БҚ геометриясының өзі.

Қолданылатын барлық бұрғылау сұлбалары (бұдан әрі – БС) тау жыныстарын бұзу механизміне негізделген, мұнда БҚ тістері күшті соққылардың әсерінен тау жынысын қырып-жонады. БҚ үзілісті жүктемелермен секіrmелі режимде жұмыс істеп, бүкіл бұрғылау бағанасында дірілдің пайда болуын туғызады. Инерциялық айналу орталығынан ауытқу бұрғылау күшінің артуына алып келеді, бұл өз кезегінде БҚ-ның қарқынды тозуына әкеледі. БҚ-ның тозуға төзімділігін арттыру мақсатында қымбат тұратын қатты қорытпалар (бұдан әрі – ҚҚ) мен алмаздар кеңінен қолданылуда. Алайда ҚҚ мен алмаздар бұрғылау процесіндегі күрт соққыларға және жүктеменің секіrmелі өзгеруіне төтеп бере алмайды. Соның салдарынан БҚ-ның кескіш жиектерінің кенеттен сынуы орын алып, бұл өндірістік апаттарға әкеледі.

Осыған байланысты жоғарыда аталған кемшіліктерді болдырмауды қамтамасыз ететін жаңа геометриялы БҚ жасау арқылы БС зерттеу қажеттілігі туындайды.

Ұсынылып отырған БС және соған сәйкес әзірленген БҚ-ның геометриясы айналмалы бұрғылау технологияларына жатады. БҚ геометриясы конструкцияны дайындау технологиясы тұрғысынан күрделі емес. БҚ-ны дайындау кезінде жергілікті материалдарды қолдануға болады. БҚ өндірісін Республика аумағында ұйымдастыру мүмкіндігі бар. Тәжірибелік үлгілер алты координатты станоктарда дайындалды, алайда сериялық өндірісте тістерді арзанырақ басқа тәсілдермен дайындауға болады. Қолданылатын БС мәні – кескіш тістің бұрғыланатын бетпен үздіксіз байланыста болуында, бұл бұрғылау процесі кезінде дірілдің пайда болуын болдырмайды. БС грунтты кесу принципіне негізделген. БҚ геометриясын өзгерту арқылы процестің кинематикасы негізінде бұрғылау күшінің бағыты мен мәнін өзгертуге болады. БС-ны дұрыс құру арқылы теріс бағытталған бұрғылау күштерінің пайда болуына қол жеткізуге болады. Мұндай күштер БҚ-ны кері бағытта итермей, керісінше, оны бұрғылау бағыты бойынша алға қарай тартады (Буткин & Демченко, 2012).

Қолданыстағы бұрғылау сұлбаларында бұрғылау құралының кескіш сынасы грунтқа соғылған кезде үлкен кернеулерге ұшырайды (Андреев, Дунаев & Зубарева, 2014; Борисов, 2012; Гринько, 2015). Бұл бұрғылау сұлбаларында жылдамдық бағыты мен қорытқы бұрғылау күшінің бағыты бір-біріне қарама-қарсы болады. Нәтижесінде осьтік кернеулер бұрғылау машинасының бұрғылау бағанасына толық беріледі. Ұңғыманың ұзындығын және белсенді бұрғылау құралдарының үзілісті жұмыс істеу сипатын ескере отырып, берілетін кернеулер резонанстық сипатқа ие болады, бұл цементтеуші элементтердің бұзылуына әкеледі. Мұндай жағдайлардың алдын алу үшін ұңғымада алдын ала иілген корпус, центрлеуші құрылғы, тұрақтандырғыш құрылғы және т.б. сияқты қауіпсіздік элементтері қарастырылады.

Ғалымдардың бұрғылау процесін жетілдіруге және оның өнімділігін арттыруға бағытталған зерттеулері мынадай негізгі бағыттарға шоғырланған:

- беріктігін арттыруға мүмкіндік беретін қымбат тұратын қатты қорытпалар қолданылатын бұрғылау құралдарының жаңа геометриясын жасау;
- бұрғылау кешендерінің қызмет ету мерзімін ұзарту мақсатында жаңа механизмдер, құрылғылар мен жабдықтар әзірлеу, бұл өз кезегінде бұрғылау жабдықтарының құнын арттырады;
- бұрғылау процесін жетілдіретін, сонымен қатар бұрғылауға жұмсалатын шығындарды арттыратын жаңа бұрғылау ерітінділерінің құрамдарын әзірлеу.

Дегенмен, қолданылатын барлық әдістердегі процестің жақсаруына қарамастан, бұрғылау аймағында айтарлықтай күштер әсер етеді (Вадецкий, 2013; Калинин & Кульчицкий, 2006). Кесу жиегінің сипатынан басқа, жоғары бұрғылау күштерінің маңызды факторы бұрғылау құралының геометриясы болып табылады. Себебі бұрғылау құралдары, әдетте, доғал кескіш немесе қырғыш тырма тәрізді тістермен жабдықталған. Тістердің қайрау бұрышы кейде 90° -тан асады.

Ауыр бұрғылау құбырының бүкіл салмағы жоғарыдан доғал бұрғы құралына бекітіледі. Бұрғылау кезінде бұрғылау құралына түсірілетін күш пен оның айналу шамасының арақатынасы айтарлықтай өзгереді. Мұндай жағдайда тістер грунтқа немесе тау жынысына батып, ал шоғырланған күш қарама-қарсы бағытта әсер етіп, бұрғылау құбырларының иілуіне әкеледі (Australian Drilling Industry Training Committee Limited, 1997; Smil, 2017; Мессер & Повалихин, 2001; Сароян, 1990).

Бұрғылау әдістерін талдау қазіргі қолданыстағы технологияларда «құбырдың иілуі» жағдайының алдын ала қарастырылғанын көрсетеді. Бұл жағдайды болдырмау үшін тиісті бұрғылау әдісін қолдану арқылы бұрғылау құралының геометриясын өзгерту қажет.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

SolidWorks (Солидворкс) САПР бағдарламалық кешені жобалаудың конструкторлық және технологиялық кезеңдеріндегі инженерлік міндеттерді автоматтандыруға арналған. Бағдарламалық кешенді SolidWorks Corporation компаниясы әзірлеген, қазіргі уақытта ол Dassault Systèmes (Франция) компаниясының тәуелсіз бөлімшесі болып табылады. Бағдарлама 1993 жылы әзірленіп, AutoCAD, Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS және Pro/ENGINEER сияқты бағдарламалық өнімдермен бәсекелестікке түсті.

SolidWorks САПР бағдарламалық кешені Microsoft Windows операциялық жүйесінде жұмыс істейді және күрделілігі мен мақсаты әртүрлі бұйымдарды әзірлеуге мүмкіндік береді.

SolidWorks бағдарламалық кешені әртүрлі қосымша қолданбалы модульдерді қамтиды:

- ЕСКД талаптарына сәйкес үш өлшемді модельдер мен сызбаларды әзірлеу: SolidWorks;

- конструкцияларға инженерлік есептеулер жүргізу, оларды талдау және оңтайландыру: SolidWorks Simulation;

- аэрогидродинамикалық модельдеу: SolidWorks Flow Simulation;

- электротехникалық жобалау: SolidWorks Electrical;

- инженерлік деректерді басқару: SolidWorks Enterprise PDM;

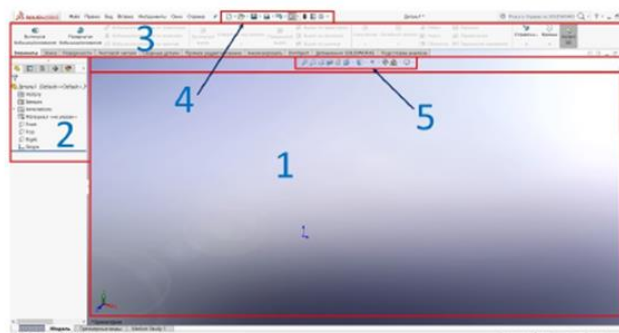
- интерактивті құжаттаманы әзірлеу: SolidWorks Composer;

- механикалық өңдеу, ЧПУ: SolidCAM;

- конструкциялардың технологиялылығын талдау: SolidWorks Plastics, DFM және т.б.;

- сызбасыз технологиялар: SolidWorks MBD және т.б.

Бөлшектің жаңа құжатын ашып, оны «Бұрғы 190,5» атауымен сақталады. Бағдарламаның интерфейсі әртүрлі функционалдық панельдері бар терезеден тұрады (1-сурет).



1-сурет. SolidWorks бағдарламасының жұмыс терезесі: 1 – графикалық аймақ;

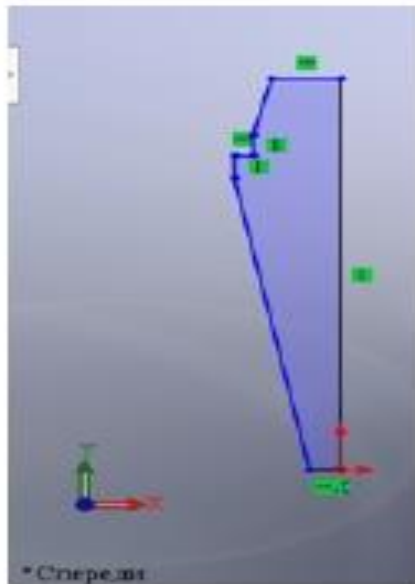
2 – басқару панелі; 3 – құралдар панелі; 4 – стандартты панель; 5 – Көрініс панелі

Ескерту – авторлар құрастырған

Алдымен эскизді жасау үшін пайдаланылатын жазықтық құрылады. Manager ішкі нысан сипаттары терезесін ашып, Эскиз құралдар тақтасына өту қажет. Осыдан кейін SolidWorks қолданбасы эскиз жасау режиміне ауысады.

1. Стандартты көріністер құралдар тақтасындағы «Алдыңғы» белгішесі  басылады.

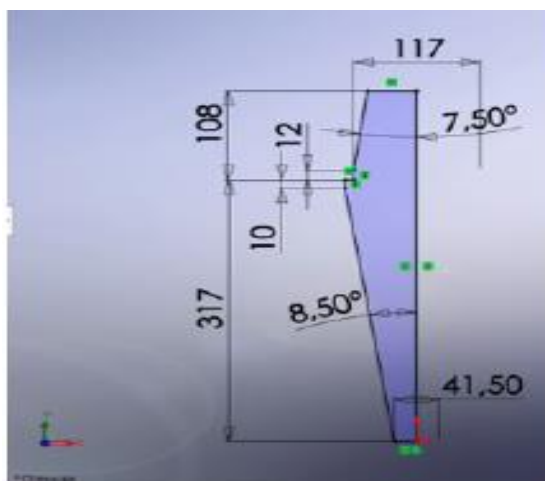
2. Эскиз құралдар тақтасындағы «Сызық» түймесі  басылады. Енді 2-суретте көрсетілгендей, бұрғының геометриясын құрылады.



2-сурет. Бұрғылау құралының геометриясы

Ескерту – авторлар құрастырған

3. Эскиз құралдар тақтасында «Өлшемдерді автоматты түрде қою»  пәрмені таңдалады. 3-суретте көрсетілгендей, эскизге өлшемдері қойылады.



3-сурет. Бұрғылау құралының эскизі

Ескерту – авторлар құрастырған

4. Элементтер құралдар тақтасындағы «Айналмалы дөңес/негіз»  батырмасы басылады. «Айналдыру» PropertyManager диалогтік терезесі пайда болады.

5. «Айналу осі»  өрісінен эскиздегі ұзын тік сызықты таңдалады. «Айналдыру» элементі жасалады.  батырмасы басылады.

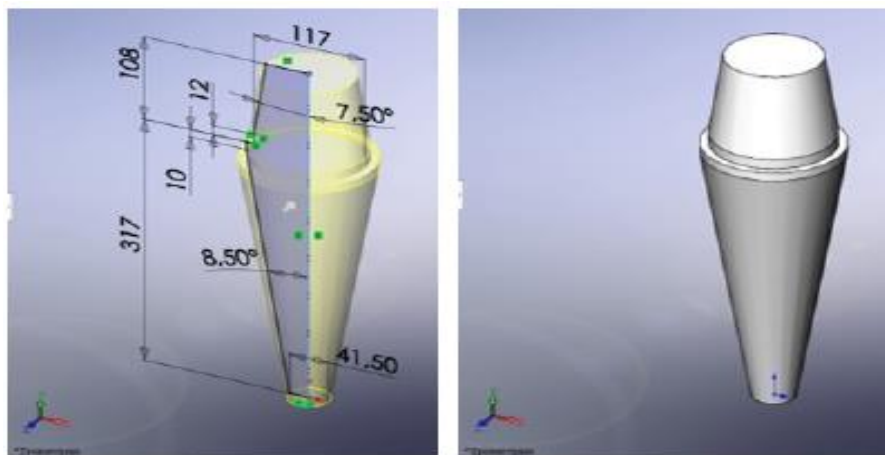
6. FeatureManager құрылым ағашынан «Алдыңғы жазықтық» тармағын таңдап, осы жазықтықта эскиз ашылады.

7. Эскиз құралдар панеліндегі «Осьтік сызық»  батырмасын басып, бастапқы нүкте арқылы өтетін тік осьтік сызық салынады.

8. Эскиз құралдар панеліндегі «Сызық»  батырмасын басып, осьтік сызықтан бастап, 2-суретте көрсетілгендей, дискінің геометриясын құрылады.

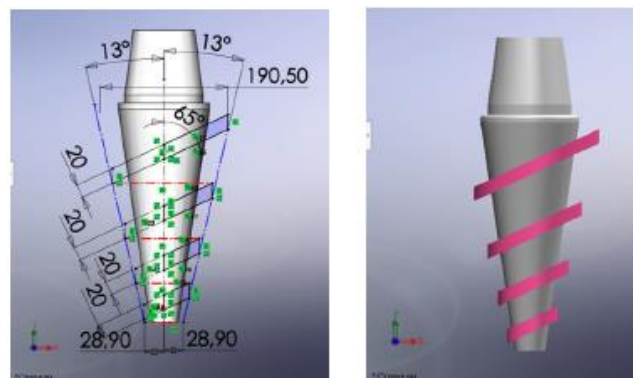
9. Эскиз құралдар панеліндегі «Өлшемдерді автоматты түрде қою»  пәрменін таңдап, 2-суретте көрсетілгендей, эскиздегі қалған өлшемдері көрсетіледі.

Барлық бөлшектер жеке-жеке жасалып болғаннан кейін оларды біртұтас жинақтамаға біріктіруге болады. Ол үшін жаңа SolidWorks құжатын құрып, құжат түрін таңдау мәзірінен «Бөлшектер мен басқа жинақтамалардың үш өлшемді орналасуы» пәрменін таңдау қажет. Әрі қарай жұмыс аймағына "Бөлшекті" қосыңыз. Ол бастапқы нүктеге қатысты бекітіледі және қалған бөлшектер осы нысанға қатысты жинақталады. Біздің жағдайда алғаш жасалған Конусты таңдаймыз. Оған дискілер мен бұрғыны бекіту жоспарланған (4-суретті қараңыз). Одан кейін бірден дискінің бетіне пластиналарды қосамыз (5-суретті қараңыз).



4-сурет. Жиналған конус

Ескерту – авторлар құрастырған



5-сурет. Жиналған бұрғылау құралы

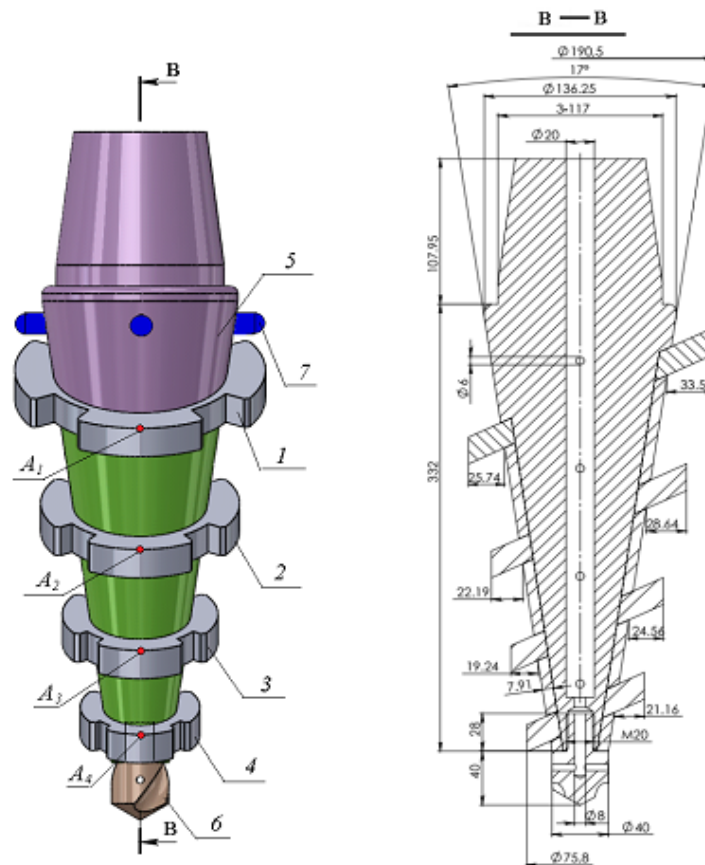
Ескерту – авторлар құрастырған

10. Элементтер құралдар тақтасындағы «Айналмалы дөңес/негіз»  батырмасы басылады, сол кезде «Айналдыру» PropertyManager диалогтік терезесі ашылады.

11. «Айналу осі»  өрісінде эскиздегі ұзын тік сызық таңдалады. 7-суретте көрсетілгендей, «Айналдыру» элементі құрылады. Одан кейін  батырмасы басылады.

12. Элементтер құралдар панелінен «Айналмалы кесу» пәрмені таңдалады.

Әрбір дискіде 4 ойық жасалады. Содан кейін 6-суретте көрсетілгендей, жиектеріне фаска жасалады. Әрі қарай, диаметрлері 50 мм және 30 мм болатын тесіктерді салынады.



6-сурет. Роторлық бұрғылауға арналған ротациялық бұрғылау құралы:

1, 2, 3, 4 – диск тәрізді кескіш тістер; 5 – корпус; 6 – грунтқа немесе тау жынысына енгізуге арналған бұрғылау қашауы; 7 – демпфер

Ескерту – авторлар құрастырған

Ұсынылып отырған бұрғылау құралы конструкциясының сұлба бойынша жүргізілген алдын ала сынақтары роторлық қашау 6 арқылы грунтта қалыптасқан ұңғыма қабырғасымен А нүктесінде жанасатын кескіш тістердің грунтқа ене бастап, кесілген грунт қабатын жоғары қарай шығаратынын көрсетті. Өз кезегінде, грунттың кесілген қабаты бұрғылау құралының кескіш тісіне қысым түсіре бастайды. Бұл жағдайда қорытқы Р күшінің мәні теріс болады. Бұрғылау құралының әрбір тісінде пайда болатын күштерді қосатын болсақ, бұрғылау процесінде пайда болатын қорытқы бұрғылау күші бұрғылау құбырын төмен қарай жылжыту үшін жеткілікті болады деп болжауға болады. Бұл жағдайда бұрғылау құралы бұрғылау бағанасын кері итермей, керісінше, оны төмен қарай жылжытуға мүмкіндік береді. Мұндай нәтижеге қол жеткізілген жағдайда бұрғылау процесіндегі құрамдас элементтердің рөлін түбегейлі қайта қарастыруға болады.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Кескіш тісінің тұйық қозғалыс траекториясы бар ротациялық бұрғылау құралы ГОСТ 2.604-2000, ГОСТ 2.601-2013, ГОСТ 2.114-95, ҚР СТ 21.101-2002, ГОСТ 2.001-2013 және ҚР СТ 1263-2004 талаптарына сәйкес Бірыңғай конструкторлық құжаттама жүйесі (БҚҚЖ) негізінде дайындалды.

7-суретте ротациялық бұрғылау құралының тәжірибелік үлгісі әртүрлі ракурстан көрсетілген.



7-сурет. Ротациялық бұрғылау құралының тәжірибелік үлгісі

Ескерту – авторлар құрастырған

Технологияға сәйкес термиялық өңдеу жүргізу, яғни тез кесетін болаттан жасалған дайындаманы босаңдату қажет. Сыртқы және ішкі конустардың осьтері қиылысатын аймақта тістерді өңдеу кезінде қажетті өлшемдерді технологиялық тұрғыдан қамтамасыз етілуі тиіс. Тістерді муфельді пештерде 1800–2000°C температураға дейін қыздырып, шынықтыру қажет. Тістерді конусқа бекіту кезінде түйіспелі дәнекерлеуді қолдану керек.

45 маркалы болат негізінде Al, Si, Cr, Mn, Fe, Ni, Mo, W және басқа да элементтерден қаттылығы HRC 60–62 бірлікті құрайтын арнайы қорытпа жасау қажет. Қорытпаның құрамы мен оның құрамындағы элементтердің арақатынасын қалыптастыру кезінде қорытпаға қойылатын негізгі критерийлерді: жылу өткізгіштігін, қаттылығын, серпімділік модулін, соққыға беріктігін және дірілге төзімділігін ескеру қажет.

Тістерді конструкциялық болаттан жасап, олардың бетін арнайы қорытпамен қаптау арқылы кескіш беттің қажетті қаттылығын және тістің өзінің қажетті қатаңдығын қамтамасыз ету қажет.

Дайындау процесі жоба орындаушыларының толық бақылауымен жүзеге асырылуы тиіс. Бұрғылау құралын дайындаудың технологиялық процесі Технологиялық құжаттаманың бірыңғай жүйесі (ТҚБЖ) – ГОСТ 3.1001-2011 талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

Конус – 45 ГОСТ 1050-2013 конструкциялық болаттан конус түрінде жасаңыз. Дайындаманы таспалы ара станогында - JET MBS - 1014 W кесіңіз. Дайындама шеңберінің өлшемі W 140 мм, L = 485 мм. ЧПУ токарлық станогында жалпы өлшемдері: W 140 мм, L = 480 мм болатын механикалық өңдеуді орындаңыз. 3-117 ГОСТ Р 50864-96 бойынша конустық бұранданы кесіңіз, конусты қайта орнатып өңдеңіз. Үш (бұрғы) үшін W 60 мм

шеңберді таңдаңыз, материалы 45 ГОСТ 1050-2013 конструкциялық болаттан жасалған. Дайындаманы кесу операциясы JET MBS - 1014 W таспалы ара станогында орындалады. Дайындама өлшемі $W = 60$ мм, $L = 93$ мм. Әрі қарай, бұрғылау сұйықтығының өтуіне мүмкіндік беру үшін KSB 40 CNC бұрғылау станогында бұрғылау жұмыстары орындалады. Әрбір тіс пен ұштан алынған топырақты кетіру үшін бұрғылау сұйықтығы алты тесік арқылы бұрғылау аймақтарына жеткізіледі.

Конустың жіңішке бөлігіне грунтқа енгізіле отырып арналған, 45 маркалы конструкциялық болаттан жасалған бұрғы орнатылады. Бұрғының екі жағында ойықтары бар, олардың бір жағына қатты қорытпалы пластиналар орнатылады. Конустың конустық сағасында конустық бұранда ойылған, оның көмегімен құрал өтпелі муфта арқылы стандартты бұрғылармен қатар бұрғылау құбырларына бекітіледі (Khojibergenov et al., 2019; Toshov et al., 2024). Бұрғылау құралының конусы көтерілу бұрышы $\omega = 17^\circ$ болатын диск тәрізді кескіш тістермен жабдықталған. Кескіш тістер бір-біріне параллель орналасқан және олардың арасында белгілі бір арақашықтық сақталған.

Тістерді қалыңдығы $S = 20$ мм болатын, ГОСТ 1050-2013 талаптарына сәйкес 45 маркалы болаттан жасалған дөңгелек дайындамадан немесе прокат табақтан $\varnothing 180$ мм, $\varnothing 140$ мм, $\varnothing 110$ мм және $\varnothing 70$ мм өлшемдерінде KNUTH Plasma-Jet DST 2060 HPR/HSD ЧПУ плазмалық кесу қондырғысында дайындау қажет.

Кесілген грунттың жоғары қарай өтуіне арналған кескіш дискінің төрт жағындағы ойықтарды ЧПУ-мен жабдықталған бес осьті тік фрезерлік өңдеу орталығында дайындау қажет.

Дайындаманы 25° бұрышпен арнайы айлабұйымға орнатып, ЧПУ-мен жабдықталған бес осьті тік фрезерлік өңдеу орталығында өңдеу қажет. Фрезаның көмегімен бөлшектің сыртқы бетін белгіленген барлық талаптарды сақтай отырып фрезерлік өңдеу жүргізіледі. Одан кейін 17° көлбеу бұрышын сақтай отырып, ішкі тесіктердің конустық беттерін фрезерлік өңдеу орындалады.

Бұрғылау құралы спецификацияға сәйкес жинақталады, ал оның барлық бөлшектері бақылау тексеруінен өткізіледі. Барлық бөлшектердің жарамдылығы және сызбалардың Бірыңғай конструкторлық құжаттама жүйесінің (БКҚЖ) талаптарына сәйкестігі тексеріледі. Бұрғылау құралын жинақтау электр доғалық дәнекерлеу әдісімен жүзеге асырылады, бөлшектер әзірленген сызбаларға сәйкес құрастырылады.

Дәнекерлеуден кейін бұрғылау құралы дискілерінің алдыңғы бетіне химиялық құрамының нормалары ГОСТ ИСО 513-91 (СТ СЭВ 5015-85) талаптарына сәйкес келетін BK8 маркалы қатты қорытпадан жасалған пластиналар орналастырылады. Әрбір дискіге пластиналар химиялық құрамының нормалары ГОСТ 19248-90 талаптарына сәйкес келетін Л63 маркалы жез негізінде 900°C температурада дәнекерлеп біріктіру (пайка) әдісімен ажырамайтын қосылыс түрінде бекітіледі.

Бұрғылау құралын жинақтағаннан кейін оның айналу орталығынан ауытқуы және айналмалы дененің соғуы тексеріледі. Бұл параметрлердің мәндері технологиялық нормаларда белгіленген рұқсат етілген шектерде болуы тиіс. Сынақтар БВИ-03-72 моделіндегі теңгерімдеу станогында жүргізіледі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері негізінде ұсынылған бұрғылау сұлбасы мен бұрғылау құралының конструкциясы бойынша мынадай қорытындылар жасауға болады:

1. Ұсынылған конструкция үшін роторлық бұрғылау әдісін қолдану тиімді болып табылады.
2. Бұрғылау кезінде грунтты өңдеуге арналған бұрғылау ерітіндісін және оған қажетті техникалық құралдарды қолданған жөн. Оларға: бұрғылау сорғысы, грунт жинағыш,

роторлық шлангілі тіреуіш, сүзгі, вертлюг, жалғастырғыш вертлюг, шлам бөлігіш, жылжымалы блок, ілмек, шланг және т.б. жатады.

3. Кескіш тістің алдыңғы бұрышын (6-сурет) академик В.В. Ржевскийдің жіктемесіне сәйкес бұрғылау қуатының критерийлерін ескере отырып, бұрғылау құралының ұңғымаға тиімді енуін қамтамасыз ететіндей $25-50^\circ$ аралығында белгілеу қажет.

4. Бұрғылау кешенінің құрамынан ұңғыманың қисаюын болдырмауға арналған мынадай қауіпсіздік механизмдерін алып тастау мүмкіндігі қарастырылуы мүмкін:

- қисаю механизмі;
- тұрақтандырғыш құрылғы.

Алайда мұндай шешімді бірқатар эксперименттік сынақтар жүргізіп, оның тиімділігі дәлелденгеннен кейін ғана қабылдау қажет.

5. Қатты дененің таза ығысуы кезінде жұмсалатын күштің ең аз болатынын, ал бұзылудың 45° бұрышта жүретінін ескере отырып:

- кескіш сынаның геометриялық параметрлерін қатты тау жынысының 45° бұрышта бұзылуын қамтамасыз ететіндей етіп таңдау қажет;
- сына бұрышының мәні 95° -тан аспауы тиіс.

Бұл жағдайда кескіш сынаның статикалық және кинематикалық жағдайлардағы геометриялық параметрлерінің айырмашылығын ескере отырып, оны қайрау кинематикалық параметрлер негізінде жүргізілуі тиіс. Кинематикалық жағдайда артқы бұрыштың теріс мәнге ие болатынын атап өткен жөн.

6. Бұрғылау процесі кезінде пайда болатын соққы жүктемелерін бәсеңдету үшін кескіш тістер мен төлкелердің арасына мыс немесе пластмасса пластиналарды орнату қажет (6-суретті қараңыз). Пластиналардың қалыңдығын бұрғылау құралы тістерінің геометриялық параметрлеріне сәйкес таңдау керек.

Кескіш тістерді қатты қорытпалы пластиналардан күйдіру әдісімен дайындап, кейіннен механикалық өңдеу және олардың бетіне тозуға төзімді жабын жағу ұсынылады. Сондай-ақ кескіш тістерді тез кесетін болаттан кесу, шынықтыру және ажарлау арқылы дайындауға болады.

Кескіш тістер мен төлкелерді корпусқа орналастырып, оларды ажыратылатын қосылыс, яғни бұрандалы қосылыс арқылы бекіту ұсынылады. Бұрғылау құралының корпусында ішкі бұранда, ал айналмалы қашау түріндегі қашаудың мойнында сыртқы бұранда ойылуы тиіс (6-суретті қараңыз). Бұранданың бағыты бұрғылау құралының айналу бағытына қарама-қарсы болуы тиіс.

7. Бұрғылау құбырындағы центрлеуші құрылғының орнына бұрғылау құралының конструкциясында демпфер қарастыру қажет (6-суретті қараңыз). Демпфер конструкциялық болаттан кесу және шынықтыру арқылы дайындалып, бұрғылау құралының корпусына бұрандалы қосылыс арқылы бекітілуі тиіс.

Демпфер центрлеуші құрылғы қызметін атқара отырып, бұрғылау процесінде пайда болатын тербелістерді болдырмауға және оларды бұрғылау құралы орналасқан аймақта бәсеңдетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол бұрғылау құралының бағыттаушы элементі қызметін атқарады.

8. Бұрғылау режимінің параметрлері қатты грунттар үшін орташа, ал жұмсақ грунттар үшін жоғары мәндерде белгіленуі тиіс.

Зерттеу нәтижелері әзірленіп жатқан бұрғылау сұлбасы ұңғыма құрамындағы кейбір элементтерді алып тастауға мүмкіндік беретін бұрғылау режимінің параметрлерін ескере отырып есептелуі тиіс екенін көрсетті. Мысалы, бұрғылау күшінің Р теріс мәндерін ескере отырып, бұрғылау бағанасының құрамынан HWD (Heavy Weight Drill Pipe – ауырлатылған бұрғылау құбыры) элементін алып тастау мүмкіндігі қарастырылады.

Бұрғылау бағанасы тартылған жағдайда оның иілу процесі болмауы тиіс. Егер бұл теория өндірістік сынақтар барысында расталса, иілген корпусты қолдану қажеттілігі туындамауы мүмкін. Бұрғылау кезінде ұңғыманың қисаюының болмауы оның конструкциясындағы тұрақтандыру механизмдерін алып тастауға мүмкіндік береді.

Бұрғылау кешенінің құрамынан кейбір механизмдерді алып тастау бұрғылау жұмыстарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретіні анық.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Авторлар мүдделер қайшылығы жоқ екенін мәлімдейді.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: жоқ

ИНСТИТУЦИОНАЛДЫҚ ЭТИКА КОМИТЕТІНІҢ ҚОРЫТЫНДЫСЫ: Қолданылмайды.

ЕРІКТІ КЕЛІСІМ ТУРАЛЫ МӘЛІМДЕМЕ: Қолданылмайды.

ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛЖЕТІМДІЛІГІ ТУРАЛЫ МӘЛІМДЕМЕ: Осы техникалық зерттеудің нәтижелерін растайтын деректерді тиісті сұраныс бойынша жауапты автордан алуға болады.

АЛҒЫС БІЛДІРУ: Авторлар әдістемелік қолдау мен пайдалы пікірлері үшін әріптестеріне, сондай-ақ мақаланың сапасын арттыруға септігін тигізген анонимді рецензенттерге алғыс білдіреді.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА: Авторлар осы ғылыми мақаланы дайындау барысында мәтін жазу, редакциялау, фактілерді тексеру, деректерді талдау немесе басқа да кезеңдерде генеративті жасанды интеллект құралдарын және онымен байланысты технологияларды қолданбағанын мәлімдейді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Australian Drilling Industry Training Committee Limited. (1997). Drilling: The manual of methods, applications, and management (4th ed.). Lewis Publishers.
- Khojibergenov, D. T., Yanyushkin, A. S., Ibragimova, Z. A., Khozhibergenova, U. D., Sherov, K. T., & Absadykov, B. N. (2019). Drilling tool with negative drilling force value. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 1(433), 169–175. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.21>
- Smil, V. (2017). Oil: A beginner's guide (2nd ed.). Oneworld Publications.
- Toshov, J. B., Sherov, K. T., Sikhimbayev, M. R., Absadykov, B. N., & Esirkepov, A. (2024). Analysis of interaction of rock breaking tool with rock in the drilling process. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 1(463), 271–281. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.380>
- Андреев, А.Ф., Дунаев, В.Ф., & Зубарева, В.Д. (2014). Основы проектного анализа в нефтяной и газовой промышленности. Москва: Олита // Andreev, A.F., Dunaev, V.F., & Zubareva, V.D. (2014). Osnovy proektnogo analiza v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti [Fundamentals of project analysis in the oil and gas industry]. Moscow: Olita.
- Борисов, К. И. (2012). Научный метод оценки эффективности динамических процессов разрушения горных пород при бурении скважин современными инструментами режуще-скалывающего действия [Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук]. Томск. // Borisov, K. I. (2012). Nauchnyy metod otsenki effektivnosti dinamicheskikh protsessov razrusheniya gornyx porod pri burenii skvazhin sovremennymi instrumentami rezhushche-skalyvayushchego deystviya [Scientific method for evaluating the efficiency of dynamic rock destruction processes during well drilling using modern cutting-and-chipping tools] [Doctoral dissertation]. Tomsk.

- Булатов, А.И., Проселков, Ю.М., & Шаманов, С.А. (2003). Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин. Москва: Недра-Бизнесцентр. // Bulatov, A.I., Proselkov, Yu.M., & Shamanov, S.A. (2003). Tekhnika i tekhnologiya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin [Equipment and technology of oil and gas well drilling]. Moscow: Nedra-Biznestsentr.
- Буткин, В.Д., & Демченко, И.И. (2012). Буровые машины и инструменты. Красноярск: Сибирский федеральный университет // Butkin, V.D., & Demchenko, I.I. (2012). Burovye mashiny i instrumenty [Drilling machines and tools]. Krasnoyarsk: Sibirskiy federalnyy universitet.
- Вадецкий, Ю. В. (2013). Бурение нефтяных и газовых скважин (7-е изд.). Москва: Академия. // Vadetskiy, Yu. V. (2013). Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin [Drilling of oil and gas wells] (7th ed.). Moscow: Akademiya.
- Волик, Д.А. (2014). Буровые породоразрушающие инструменты. Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина // Volik, D.A. (2014). Burovye porodorazrushayushchie instrumenty [Drilling rock-cutting tools]. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas.
- Гринько, Д. А. (2015). Метод расчета и поддержания рациональных режимных параметров бурильной машины мехатронного класса [Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова]. Новочеркасск. // Grinko, D. A. (2015). Metod rascheta i podderzhaniya ratsionalnykh rezhimnykh parametrov burilnoy mashiny mekhatronnogo klassa [Method for calculating and maintaining rational operating parameters of a mechatronic-class drilling machine] [Candidate of Technical Sciences dissertation, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)]. Novocherkassk.
- Калинин, А. Г., & Кульчицкий, В. В. (2006). Естественное и искусственное искривление скважин. Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований. // Kalinin, A. G., & Kulchitskiy, V. V. (2006). Estestvennoe i iskusstvennoe iskrivlenie skvazhin [Natural and artificial well deviation]. Moscow–Izhevsk: Institut kompyuternykh issledovaniy.
- Мессер, А. Г., & Повалихин, А. С. (2001). Перспективные технологии бурения скважин. Нефтегазовая вертикаль, (16), 30–33. // Messer, A. G., & Povalikhin, A. S. (2001). Perfektivnye tekhnologii bureniya skvazhin [Perspective well drilling technologies]. Neftegazovaya vertikal, (16), 30–33.
- Нескоромных, В. В. (2012). Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ. Красноярск: Сибирский федеральный университет. // Neskromnykh, V. V. (2012). Razrushenie gornykh porod pri provedenii geologorazvedochnykh rabot [Rock destruction during geological exploration]. Krasnoyarsk: Sibirskiy federalnyy universitet.
- Попов, А. Н., Спивак, А. И., Акбулатов, Т. О., и др. (2003). Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Москва: Недра-Бизнесцентр. // Popov, A. N., Spivak, A. I., Akbulatov, T. O., et al. (2003). Tekhnologiya bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin [Technology of oil and gas well drilling]. Moscow: Nedra-Biznestsentr.
- Сароян, А. Е. (1990). Теория и практика работы бурильной колонны. Москва: Недра. // Saroyan, A. E. (1990). Teoriya i praktika raboty burilnoy kolonny [Theory and practice of drill-string operation]. Moscow: Nedra.
- Тетельмин, В. В., & Язев, В. А. (2014). Основы бурения на нефть и газ (3-е изд., доп.). Долгопрудный: Интеллект. // Tetelmin, V. V., & Yazev, V. A. (2014). Osnovy bureniya na neft i gaz [Fundamentals of oil and gas drilling] (3rd ed., expanded). Dolgoprudny: Intellect.

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Есиркепов Азимбек – техника ғылымдарының магистры, докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

Есиркепов Азимбек – магистр технических наук, докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан.

Esirkepov Azimbek – Master of Technical Sciences, PhD candidate, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan.

E-mail: azimbek.esirkepov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3098-2853>



Шеров Карибек – техника ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

Шеров Карибек – доктор технических наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан.

Sherov Karibek – Doctor of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

E-mail: k.sherov@kazatu.edu.kz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0209-180X>



Тошов Жавохир – техника ғылымдарының докторы, профессор, И. Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті, Ташкент қ., Өзбекстан.

Тошов Жавохир – доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова, г. Ташкент, Узбекистан.

Toshov Javokhir – Doctor of Technical Sciences, Professor, Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Tashkent, Uzbekistan.

e-mail: j.toshov@tdtu.uz.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4278-1557>



Хамитова Гульжазира – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан.

Хамитова Гульжазира – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, г.Астана, Казахстан

Khamitova Gulzhazira – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

e-mail: g.khamitova@kazatu.edu.kz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4958-7415>



Өсербаев Мұратбек – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан.

Усербаев Муратбек – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

Userbayev Muratbek – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan

e-mail: m.userbayev@kazatu.edu.kz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1562-7431>



Қардыбай Сауатбек – техника ғылымдарының магистры, докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан.

Кардыбай Сауатбек – магистр технических наук, докторант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан.

Kardybay Sauatbek – Master of Technical Sciences, PhD student, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan.

E-mail: kardybai.sauatbek@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2683-9484>