

БУГАЕВ АНДРЕЙ БОРИСОВИЧТІҢ

8D071 - "Машина жасау" білім беру бағдарламасы бойынша, 8D071 - "Инженерия және инженерлік іс" даярлау бағыты бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациясының
АННОТАЦИЯСЫ.

«Қар- мұз кабатын бұзуга арналған аспалы соққы роторлық жабдықтың параметрлерін әзірлеу және негіздеу»

Диссертация Қазақстан Республикасының инфрақұрылымдық дамуының 2020-2025 жылдарға арналған "Нұрлы жол" Мемлекеттік бағдарламасы, 8D071 - "Инженерия және инженерлік іс" даярлау бағыты бойынша PhD философия докторы дәрежесін алуға, PhD 8D07102 - "Машина жасау" докторантурасының білім беру бағдарламасы шеңберінде орындалды.

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Қыс айларында коммуналдық және жол-пайдалану қызметтері үшін өзекті мәселе автомобиль жолдары мен тротуарлардың жүк көтергіш бетінде пайда болатын мұздану мен қар-мұз түзілімдерін (ҚМТ) тазалау және жинау болып табылады, бұл жаяу жүргіншілердің қозғалысын және автомобильді басқаруды айтарлықтай қиындатады, ал кейде оларды мүмкін емес етеді.

Автомобиль жолдары мен жаяу жүргіншілер жолдарында жиналатын қар-мұз өсінділері физикалық қасиеттері мен сыртқы мінез-құлқы бойынша тығыздалмаған, бір-біріне жабыспайтын қар (борпылдақ), сығылған, орамаланған қар және мөлдір шыны тәрізді мұзға бөлінуі мүмкін. Бір-біріне жабыспайтын қарда шиналардың қар жамылғысы бар ілінісу коэффициенті 0,2-ге дейін төмендейді, қар орамаланған кезде шиналардың беткі қабаты 0,01 0 0,25, шыны тәрізді мұз пайда болған кезде шиналардың ілінісу коэффициенті 0,08...0,15 болады. Салыстыру үшін құрғақ асфальттың ілінісу коэффициенті - 0,7...0,8 құрайды.

Жол жабынымен доңғалақтың ілінісу коэффициенті жүгіріске, тежеу жолының ұзындығына және тасымалдаудың өзіндік құнына әсер етеді, сонымен қатар көлік құралдарынан улы газдардың бөлінуінің өсуіне айтарлықтай әсер етеді. Табиғи бақылаулардың нәтижелері көрсеткендей, көлік құралдарының тежеу жолының ұзындығы көктайғақ қаупі бар аралықта 2,5...6,0 есеге, отын шығыны 85%-ға дейін артады.

Қазіргі уақытта жолдар мен тротуарларда мұздануды бақылаудың әртүрлі әдістері бар.

Олардың негізгілеріне мыналар жатады:

- жолды химиялық көктайғаққа қарсы материалдармен және сұйықтықтармен жабу;
- бақыланбайтын соққы арқылы механикалық әсер ету;
- жылу әсері;
- жолды фрикциялық материалдарымен, оның ішінде жылытылған материалдармен жабу.

Мұзды механикалық бұзу және жою ең әмбебап және тиімді болып көрінеді. Бүгінгі таңда жұмыс істеп тұрған механикалық жабдықтың кемшілігі жолдың (тротуардың) көтергіш бөлігін оларды ҚМТ-тан тазарту процесінде зақымдау ықтималдығы, сондай-ақ мұзды ұсақтауға қажетті энергияның үлкен шығындары, оның тығыздығы, демек, беріктігі (қаттылығы) уақыт функциясының жоғарылауымен, оның қиратушы әсерге төзімділігін сипаттайды. Сондықтан, мұзбен бірге жол төсеміне күтпеген әсер ететін мұзды механикалық түрде кетіруге арналған барлық жұмыс органдары қазіргі уақытта қолдануға ұсынылмайды және көбінесе мәжбүрлі шара ретінде қолданылады.

Жолдардағы қар-мұз түзілімдерін бұзуға арналған жаңа перспективалы соқпалы-роторлы жұмыс жабдығының жұмыс процесі туралы зерттеулердің болмауы және соққы мұз жарғыштың геометриялық және салмақ параметрлерінің кедергі күштері мен айналу моментіне әсерін анықтау зерттеудің өзектілігін анықтайды.

Жұмыстың өзектілігі, сондай-ақ болжамды әлеуметтік әсер ҚР аумағында қысқы ЖКО және жаяу жүргіншілер жарақаты жағдайларының күтілетін төмендеуінен туындап отыр, ал жаңа мұз жаратын машиналармен жолдар тезірек қанағаттанарлық күйге келтірілетіндіктен, жүргізушілер мен автомобильдер кептеліс жағдайында аз болады, демек, олар шығаратын пайдаланылған газдар көлемі азаяды.

Диссертациялық жұмыстың идеясы мұзды механикалық ұсақтауға арналған жаңа тиімді әдістер мен реттелетін және басқарылатын бағыт және оның қасиеттері өзгерген кезде мұз ұсатқыштың ҚМТ-ға әсер ету күші есебінен ҚМТ-ны алып тастағаннан кейін қызмет көрсетілетін жолдың беткі қабатының жұмысқа қабілеттілігі мен тұтастығын жедел қамтамасыз етуге қабілетті машиналардың параметрлерін әзірлеуге және негіздеуге дейін азаяды.

Шешілуі диссертациялық жұмыста келтірілген проблема қысқы температуралық ауытқулар кезінде қалалық және қалааралық автомобиль көлігінің үздіксіз жұмысын тиімді қамтамасыз етудің қиындығынан туындайды, соның нәтижесінде жолдарда мұз қабыршағы пайда болады, оның жарылуы тиісті техника мен жабдықтардың жоқтығынан қиындық туғызады, олардың параметрлерін әзірлеу және негіздеу қорғау үшін ұсынылатын диссертациялық зерттеуде келтірілген.

Диссертациялық жұмыстың негізгі гипотезасы ең аз шығын кезінде мұз жарғыштың соққыларымен жол төсемінің үстіңгі қабатын бұзбай мұз қабаты мен ҚМТ-ны механикалық тазалау тиімділігін арттыру мүмкіндігінен тұрады.

Диссертация тақырыбындағы зерттеулерді талдау жол-қызмет көрсету ұйымдарының жаяу жүргіншілер тротуарлары мен автомобиль жолдарын қыста ұстауға арналған тиімділігі жоғары және энергия үнемдейтін жабдыққа деген үлкен сұранысын анықтады.

Мұндай жұмыстарды тиімді аспалы және ҚМТ-ға жұмыс әсері, мысалы, соққы - әсер етудің ең энергиямен қаныққан және қирату үшін тиімді түрі

болып табылатын басқа да жабдықтарды қолдана отырып орындауға болады. Алайда, жолдың салмақ түсетін жамылғысы бұзылмауы үшін соққы оның белсенді құрамдас бөліктерінің ҚМТ арқылы жол жамылғысының қабатына шоғырланған әсерін және енуін болдырмайтындай етіп жасалуы тиіс, бұл жабдықпен генерацияланатын соққы шамасын басқарылатын реттеу есебінен қамтамасыз етуге болады, мұздың сығылу беріктігінен асатын және асфальтбетонның беріктігінен асып кету үшін жеткіліксіз жабдықпен жасалатын соққы мөлшерін басқарылатын реттеу есебінен не қамтамасыз етілуі мүмкін, бұл жолдың жабынына іс жүзінде зақым келтірместен мұзды бұзуға мүмкіндік береді.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты - жолдардағы қар-мұз түзілімдерін бұзуға арналған аспалы соққы-роторлы жұмыс жабдықтарының жұмыс процесін бейнелейтін тәуелділіктер мен заңдылықтарды анықтау.

Диссертациялық жұмыстың міндеттері:

- жолдардағы және тротуарлардағы көктайғаққа қарсы күрес мәселесінің жай-күйіне талдау, сондай-ақ мұзды және қар-мұз түзілімдерін (ҚМТ) бұзуға арналған аспалы соққы-роторлы жұмыс жабдығының конструкциялары саласындағы патенттік және ғылыми-техникалық мәліметтерге конструктивті талдау жасалды;

- деформацияланатын мұз қабатына сфералық бойкты инерциялық енгізудің механикалық-математикалық моделі әзірленді және зерттелді;

- жол төсеміндегі мұздың бұзылу заңдылықтарын тәжірибелік тексеруге арналған эксперимент әдістемесі мен эксперименттік стендтер мен жабдықтар әзірленді. Эксперименттік нәтижелерді аналитикалық нәтижелермен салыстыру жүргізілді;

- мұзды және қар-мұз түзілімдерін (ҚМТ) әр түрлі геометриялық пішіндермен бұзуға арналған, автомобиль жолдарын мұздан және ҚМТ-тан тазартудың максималды тиімділігін қамтамасыз ететін аспалы соққы-роторлы жұмыс жабдығының конструкциясы ұсынылды.

Зерттеу нысаны жолдардағы мұз бен қар-мұз түзілімдерін бұзуға арналған аспалы соққы-роторлы жұмыс жабдықтарының жұмыс процесі болып табылады.

Зерттеу пәні - соқпалы-роторлы жұмыс жабдықтарының жолдардағы мұз түзілімдерімен өзара әрекеттесуінің жұмыс процесінің заңдылықтары.

Ғылыми жұмыс минималды энергия шығындары кезінде максималды нәтиже алу мақсатында автомобиль жолдары мен қалалық аумақтарды қыста күтуге арналған машиналардың аспалы жабдықтары жұмысының жаңа тәсілдерін әзірлеуге және ғылыми негіздеуге негізделген.

Ғылыми жаңалық:

- мұзды қабыршақты тиімді механикалық ұсақтау және жол төсемінің бетінен оны инерциялық бойкалардың соққысымен бұзбай ҚМТ тазарту мүмкіндігі туралы гипотеза эксперименттік жолмен расталды;

- теориялық жолмен мұз ұсатқыштың инерциялық элементтерінің геометриялық параметрлеріне, оның жұмыс жылдамдығына және ротордың айналу жиілігіне байланысты соққы-роторлы мұз ұсатқыштың бұзылатын

мұзбен өзара әрекеттесуіндегі кедергі күштерінің құрамдас бөліктері анықталды;

-деформацияланатын мұз қабатына сфералық соққыларды енгізудің механикалық-математикалық моделі және сфералық соққылардың параметрлеріне мұз қабатының бұзылуының тәуелділігінің теориялық-эмпирикалық моделі;

- сфералық ұштығы бар атқышпен жойылған кезде мұзға ену тереңдігінің нәтижелері эксперименттік жолмен алынды;

- эксперименттік жолмен иілгіш тартқыштардағы сфералық соққылары бар мұз ұсатқыштың жұмыс секцияларының сенімділігіне, жұмысқа қабілеттілігіне, функционалдығына және мүдірмеушілігіне салыстырмалы мәжбүрлі сынақтардың нәтижелері алынды;

Ғылыми-қолданбалы әсер - бұл жол төсемдеріндегі ҚМТ-мен күресу үшін тиімділігі жоғары жабдықтың жаңа түрлерін жасау.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы:

- жолдардың тазартылатын бетіндегі мұз қабығының тиімді механикалық бұзылуын іске асыратын дайын, түпнұсқа, аспалы, эксперименттік айналмалы-соқпалы мұз ұсатқыштың техникалық құжаттамасы мен конструкциясында;

- базалық тартқыш машинаға ілінетін және мұз қабатының тиімді механикалық бұзылуын қамтамасыз ететін жаңа, ауыстырылатын, айналмалы-фрезерлік соққы мұз ұсатқыштың параметрлерін есептеудің әзірленген әдістемесінде;

- жұмыс қабілеттілігін, функционалдығын және сенімділігін анықтауға мүмкіндік беретін соққы-роторлы мұз жаратын жұмыс жабдықтарының жұмыс секцияларын үдемелі зерттеуге арналған әзірленген эксперименттік стенде.

- РСТ патентіне халықаралық өтінімде (Web of Science-те келтірілген) жарияланған өнертабысқа ҚР 6 патентімен, өнертабысқа 1 Еуразиялық патентпен расталған мұзды және қатпарды бұзуға арналған жаңа аспалы соққы-роторлы жұмыс органының сындарлы шешімдерінде.

Қорғауға мынадай ғылыми ережелер шығарылады:

- мұзды және қабатты бұзу үшін әртүрлі геометриялық пішіндегі инерциялық соққылары бар топсалы соқпалы-роторлы жұмыс жабдықтарын пайдалану жол төсемін мұз жамылғысынан, жол төсемінің өзін бұзбай қалдыра отырып, тиімді тазартуға мүмкіндік береді;

- тегіс, сондай-ақ кедір-бұдырлы бетте мұздың жанасатын күштерінің кедергісі мұздың бөлінуіне орташа есеппен 20% артық, бұл мұз пленкасын таза жылжумен алудың іс жүзінде мүмкін еместігін куәландырады және оны бұзу (ұсақтау) және механикалық тәсілмен, мысалы, инерциялық соққыштармен тазалау талап етіледі;

- жол төсемінің мұз жамылғысының қалыңдығы мен температурасының өзгеруінің оны ұсақтау қуатын тұтынудың өзгеруіне әсер ету заңдылықтары;

- соққыштың $m=0,5$ кг массасында және оның сфералық жұмыс бетінің диаметрі $r=0,03$ м болғанда, ауа температурасында $h_l=0,1$ м қалыңдықтағы

мұздың толық бұзылуы $t^{\circ}B=20^{\circ}C$ сфераны бетонның бетіне тигізбестен және соққысыз жүреді, ал мұзды ұсақтауға және автожолдар бетінен ҚМТ-ға жұмсалатын энергия шығыны өнімділікті сақтай отырып, 25% - ға дейін азаяды;

- ҚМТ-ның бұзылуына оған қолданылатын күш әсер етпейді, бірақ оған берілген кинетикалық энергия мен ҚМТ-ның ұсақталуының пайдалы жұмысын жасауға жұмсалатын бөлігінің мәні әсер етеді, яғни, ол ҚМТ денесінде пайда болатын кернеулердің потенциалдық энергиясына айналады қабат оның қалыптасу процесінде, одан әрі ыдырауға немесе ұсақтауға әкеледі.

Докторантурада оқу кезінде А.Б.Бугаев 2018-2020 жылдарға арналған № АР 05130746 мемлекеттік бюджеттік жобасында конкурсында жеңіп алған "Қысқы уақытта жолдар мен тротуарларды тазалауға арналған механикаландырылған кешен" және 2021-2023 жылдарға арналған АР09260192 "Жұмыс тиімділігі жоғары инновациялық фрезерлік-роторлы қар тазалайтын жұмыс жабдықтарын әзірлеу" ҚР БҒМ-да кіші ғылыми қызметкер лауазымында жұмыс істеді.

Зерттеу нәтижелері тиісті әдіспен ресімделіп, Өскемен қ., "Евротехсервис К" ЖШС ШҚФ жұмыс процесіне енгізілді.

Қысқаша мазмұны. Диссертацияның бірінші тарауында жолдар мен тротуарлардағы көктайғаққа қарсы күрес мәселесінің жай-күйіне және алдыңғы зерттеулерге талдау жасалды. Айналмалы мұз ұсатқыштардың патенттік-техникалық шешімдеріне талдау жасалды. Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері қойылған.

Екінші тарауда мұзды бұзу үшін жұмыс органдарының жұмыс істеуі мен модельдеуінің теориялық негіздемесі келтірілген. Инерциялық-соққыға әсер ететін жұмыс жабдығының ҚТМ-мен өзара әрекеттесу процесінің сипаттамасы берілген. Деформацияланатын мұз қабатына сфералық бойкты енгізудің механикалық-математикалық моделі ұсынылған. Серпімді деформацияланатын мұз қабаты бар сфералық әсер етушінің соққы күшінің өзара әсерінің математикалық моделі ұсынылған.

Үшінші тарау мұз жинағыштың инерциялық соққыларымен мұзды бұзу процесін эксперименттік зерттеу әдістемесіне арналған. Эксперименттік зерттеулердің кезеңдері, міндеттері және жалпы схемасы, зертханалық жағдайда эксперимент жүргізу әдістемесі берілген. Мұз қабатының бұзылуының сфералық соққылардың параметрлеріне тәуелділігінің теориялық және эмпирикалық моделі берілген. Иілгіш тартқыштардағы сфералық соққылары бар мұз ұсатқыштың жұмыс секцияларының сенімділігіне салыстырмалы мәжбүрлі сынақтардың нәтижелері сипатталған. Мұз ұсақтағыштың жұмыс жабдығының инерциялық-соққы соққыларымен ҚТМ соқтығысуының теориялық моделінің теориялық-тәжірибелік жолмен сәйкестігін тексеру орындалды. Эксперименттік зерттеу нәтижелері Берілген.

Төртінші тарауда қар-мұз түзілімдерін бұзуға арналған топсалы соқпалы-айналмалы жұмыс жабдықтарының ұтымды дизайнын әзірлеу және тандау бойынша шолу мен ұсыныстар берілген.

Диссертанттың жеке үлесі. Диссертациялық жұмысты автор жеке өзі орындады, автор белгілі конструкцияларға патенттік талдау жасады, мұз ұстақыш машиналар саласындағы теориялық зерттеулерге шолу жасады.

Ол инерциялық-соққы әсерінің жұмыс жабдықтарының ҚТМ-мен өзара әрекеттесу процесін сипаттады.

Инерциялық-соққы әсерінің жұмыс істейтін мұз кесетін жабдығын әзірлеудің теориялық модельдері мен алғышарттарын әзірледі және зерттеді. Ол серпімді деформацияланатын мұз қабатымен сфералық әсер етушінің соққы күшінің өзара әсерінің математикалық моделін жасады. Табиғи өндіріс жағдайында жаңа мұз ұсатқыштың прототипінің тиімділігін тексеру үшін мұз ұсатқыштың жұмыс бөлімін және табиғи жұмыс жабдықтарын мәжбүрлі сынау үшін эксперименттік стендтер әзірледі және жасады. Теориялық тәуелділіктерге эмпирикалық түзетулер енгізді. Сфералық соққылары бар мұз ұсақтағыштың аспалы жұмыс жабдықтарына табиғи эксперименттік зерттеулер жүргізді. Иілгіш тартқыштарда сфералық соққылары бар мұз ұсатқыштың жұмыс секцияларының сенімділігіне салыстырмалы мәжбүрлі сынақтарды орындады.

Жұмысты жариялау және сынақтан өткізу. Диссертацияның негізгі ережелері 19 ғылыми жұмыста, оның ішінде 35-тен жоғары процентиі бар Scopus дерекқорына кіретін 2 мақалада және Web of Science дерекқорында келтірілген өнертабысқа бір патентте, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған 1 бапта, 1 Еуразиялық патентте және ҚР өнертабыстарына 8 патентте, ҒЗЖ туралы ҰМҒТСО-да тіркелген 3 есепте, РФДИ рефераттық базасына кіретін 2 бапта жарияланған. Барлық басылымдарда жұмыс процесінің теориялық және эксперименттік зерттеулерінің материалдары мен нәтижелері жолдарды мұздан тазартудың жұмыс процесінің ұтымды параметрлерін және айналмалы мұз ұсатқыштардың жұмыс органдарының конструктивті параметрлерін таңдауға мүмкіндік беретін, мұз массасының ішінде де, оның иілгіш тартқыштағы сфералық әсер етушімен жанасу аймағында да жүретін процестер туралы түсінік беретін автомобиль жолдарының бетіндегі мұз қабатының механикалық сынуы ұсынылған. Сонымен қатар, диссертация материалдары халықаралық ғылыми-практикалық және ғылыми-әдістемелік конференциялардың 4 тезисінде ұсынылған.

Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалды және талқыланды: студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың "Қазақстанның инновациялық дамуына жастардың шығармашылығы" VII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында, ШҚТУ, (2021); "Ғылым, білім және өндірістің интеграциясы - Ұлт жоспарын іске асырудың негізі" ХҒПК (Сағынов оқулары №12), 18-19 маусым 2020 ж. ҚР БҒМ. Қарағанды: ҚарMTY, 2020; VI ХҒПК "Қазіргі әлемдегі ғылым және білім: XXI ғасырдың сын-қатерлері": (4 Секция, Техникалық ғылымдар). "Бөбек" ЗТБ. Нұр-Сұлтан, 2020.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс машинкамен басылған мәтіннің 189 бетінде баяндалған, Белгілеулер мен қысқартулардан, кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, 131 суретті, 16 кестені, 128 атаудан және 6 қосымшадан тұратын пайдаланылған дереккөздердің тізімін қамтиды.

Автор "Жол-құрылыс машиналары" кафедрасының ұжымына және оның меңгерушісі Кустарев Геннадий Владимировичке эксперименттік жұмыстарды жүргізу кезінде көрсеткен көмегі мен консультациялары үшін, сондай-ақ "Өскемен-Тазалық" ЖШС директоры А.Ж.Байгунусовқа және "Евротехсервис К" ЖШС ШҚФ директоры В. К. Дыдышкоға комиссияны ұйымдастыруға және мұз ұсатқыштың тәжірибелік үлгісін өндіріске енгізуге көмектескені және жәрдемдескені үшін алғыс білдіреді.

Зерттеу нәтижелері және негізгі қорытындылар. Диссертацияда жаңа ғылыми негізделген нәтижелер бар, оларды пайдалану автомобиль жолдарын мұз қабаттарынан механикалық тазартуға арналған мұз ұсатқыштың құрылымдық параметрлерін есептеу әдістемесін әзірлеудің маңызды қолданбалы мәселесін шешуді қамтамасыз етеді, бұл автомобиль жолдарын энергияны аз тұтынатын қар-мұз түзілімдерінен тиімді жылдам тазартуды қамтамасыз етеді.

Іілгіш тартқыштағы сфералық соққылары бар айналмалы мұз ұсақтағыштың жұмыс процесіне жүргізілген теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері осы типтегі машиналардың жұмыс органдары мен жұмыс режимдерінің параметрлерін таңдау бойынша бірқатар жалпы тұжырымдар мен практикалық ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді:

1. Мұзды сындырудың механикалық-математикалық моделі әзірленді, бұл мұз ұсақтағыш машинаның ұсақтау секцияларының параметрлері мен конструкциясын алдын-ала дұрыс таңдауға мүмкіндік береді, олардың жұмысы жол төсемінің тұтастығын сақтай отырып, мұздың ағымдағы күйі, оның қалыңдығы мен беріктігі үшін барынша тиімді болады.

2. Тегіс, сондай-ақ кедір-бұдырлы бетте мұздың жанасатын күштерінің кедергісі мұздың бұзылуына орташа есеппен 20% артық, бұл мұз пленкасын таза жылжумен алудың іс жүзінде мүмкін еместігін куәландырады және оны бұзуды (ұсақтауды) және механикалық тәсілмен, мысалы айналмалы инерциялық кескіштермен тазартуды талап етеді;

3. Эксперименттер және оларды компьютерлік өңдеу нәтижелері негізінде жаңа, нақтыланған теориялық-эмпирикалық формуланы шығара отырып, бастапқы математикалық тәуелділікті эмпирикалық қайта өңдеу орындалды, ол мұзжарғыштың инерциялық соққы бөлігінің параметрлерін және ҚМТ сипаттамаларын байланыстырады.

4. Алынған теориялық формулаларды эмпирикалық түзету және практикалық қолдануға жарамды тәуелділіктерді алу үшін әртүрлі массасы m және радиусы R жұмыс бетіндегі сфералық соққылармен мұзды бұзу бойынша эксперименттер жүргізілді, нәтижесінде жойылатын мұздың қалыңдығының сфералық соққылардың массасына тәуелділігі анықталды және мұздың жойылуы орын алған нақты кернеулер анықталды. Бұл кернеулер сфералық

соққылардың әсерінен мұздың ыдырау процесін есептеу үшін теориялық тәуелділіктерді эмпирикалық түзету және нақтылау үшін қолданылды.

5. Сфералық әсер етуші мұз қабатымен жабылмаған бетке жұмыс істегенде, онда соққылардың көлеңкелі іздері қалады, бірақ бетінің өзі жойылмайды, бұл диссертация ұсынған жол бетінің өзін бұзбай автомобиль жолдарының бетіндегі мұз қабатын бұзу мүмкіндігі туралы гипотезаның дұрыстығын растайды.

6. Эксперименттердің барлық циклдерінде бұзылатын мұздың h нақты қалыңдығы шоқтың мұзға енуінің есептелген тереңдігінен w 7... 8 есе артық екені анықталды және осы негізде берілген қалыңдықтағы мұзды бұзуға қажетті сфералық шоқтың массасы мен соғылу жылдамдығын анықтау үшін қосымша есептелген тәуелділіктер алынды.

7. ӨҚҚ жоспарлы сынақтарының нәтижесі тәуелділік (кестелер) болды: ҚМТ-ны бөлшектеу күшінің РО соққылау салмағынан өзгеруі; игеру жылдамдығынан; ҚМТ ұсақтау кедергісі сәтінің оның биіктігінен өзгеруі; ҚМТ қалыңдығынан бұзылудың динамикалық күшін түзету; ҚМТ мен мұздың қалыңдығынан, ҚМТ қалыңдығы мен мұздың соққы күшінен, соққы салмағынан және температурадан. Теориялық модельдің сәйкестігін тексеру кезінде теориялық және эксперименттік нәтижелердің алшақтығы 5-15% аралығында болды;

8. Нақтыланған әдістеме бойынша мұз ұсақтағыштың РО әр түрлі соққыштарымен ұтымды конструктивті жинақтауды таңдау жолдардың күндізгі қабатының өзгеріссіз өнімділігі мен толық сақталуы кезінде жолдардың үстіңгі бетіндегі ҚМТ-ны ұсақтау мен сыпыруға кететін энергия шығындарын 25% -ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

9. Инерциялық соққылар мен қабаттардың соқтығысуының математикалық моделінің сәйкестігін өнеркәсіптік тексеру мұз ұсатқыштың жетек білігінің ауыспалы бөлімдермен және жұмыс бағытына қарай инерциялық соққылармен бірге айналу нұсқасында қабатты ұсақтауға бағытталған қуат кері айналуға қарағанда 2-3 есе төмен екенін көрсетті.

10. Соққыш-шарды тастау бойынша жоспарлы экспериментте қабылданған көрсеткіштер, мысалы, оның массасы $m=0,5$ кг және жұмыс сфералық бөлігінің диаметрі $d=0,05$ м сияқты, биіктігі $h_l=14$ мм қарды, қоршаған температурада $t_{0в} = - 200^{\circ}\text{C}$, бір соққымен толығымен бөлуге мүмкіндік берді, шар $h_{ш} = 1200$ мм биіктіктен құлаған кезде, бұл РО $n = 360$ айн/мин, ал жиілігі $n=883$ айн/мин айналу жиілігіне сәйкес келеді, доптың $h_{ш}=700$ мм биіктіктен екі рет құлауына сәйкес келеді, бұл жерде шар іс жүзінде жол төсеміне жетпей мұзды бұзады.

11. Базалық машинаның жылдамдығы төмендеген немесе жетек білігінің айналу жылдамдығы артқан кезде қол жеткізілетін алдыңғы тесікке инерциялық соққының екі рет түсуі соққыштың жылдамдығын (немесе РО жетегі білігінің айналу жиілігін) 1,3 есе азайтуға әкеп соғады, бұл ҚМТ-ны жинауға кететін жалпы энергия шығындарын түзетуге және төмендетуге мүмкіндік береді.

12. Еріген немесе жаңбыр суының қатуы нәтижесінде пайда болатын қалыңдығы 3 мм-ге дейінгі жұқа мұз қабықшаларын қоса алғанда, қар-мұз түзілімдері сфералық соққылары бар топсалы тізбекті жұмыс органымен сәтті жойылады, бұл жетек білігінің стандартты айналу жылдамдығымен базалық машинаның бір өтуінде жол жамылғысынан қалыңдығы 15 мм-ге дейінгі қар-мұз орамасын тиімді алып тастауға мүмкіндік береді.

13. Мұздың сыну процесіне жұмыс сфералық бетінің радиусы сияқты әсер етуші параметр үлкен әсер етеді, оның ұлғаюымен мұздың сыну тиімділігі төмендейді. Сфералық соққыштың икемді байланысының (тізбегінің) ұзындығы 0,2 м болғанда, сфералық соққыштың радиусын 0,05...0,03 м шегінде орындау ұсынылады.

14. Соққы массасы $m=0,3$ кг кезінде, сфералық жұмыс бетінің диаметрі $r=0,03$ м, $t^{\circ}_B = -20^{\circ}\text{C}$ ауа температурасында қалыңдығы $h_n=0,08$ м дейін мұз, құлаған шардың бетон бетіне енуінсіз толығымен жойылады, яғни, сфералық жұмыс беті бар соққышты пайдалану кезінде жол жабынының бұзылуын болдырмау мүмкіндігі эксперименталды түрде расталады.

15. Қалыңдығы 15 мм-ге дейінгі мұз 1 өту кезінде $m=0,5$ кг соққы соққысымен жол щеткасының түктерінің стандартты сыртқы өлшемдеріне және трактордың қуат алу білігінің максималды айналымына дейін бұзылады. Әйтпесе, сфералық (шар тәрізді) соққыштың массасын және сәйкесінше оның радиусын арттыру қажет. Қар-мұз түзілімдерін тазарту үшін, қатты мұз жамылғысынан айырмашылығы, сфералық соққылаушы шарлары бар жұмыс органының сілтемелерін білікке шарларсыз бос кірістірулермен ауыстыруға болады, бұл машинаның үлкен өнімділігі мен аз қуат тұтынуын қамтамасыз етеді.

16. ҚМТ-ның бұзылуына оған қолданылатын күш әсер етпейді, бірақ оған берілген кинетикалық энергия мен оның ҚМТ-ның ұсақталуының пайдалы жұмысын жасауға жұмсалатын бөлігінің мәні әсер етеді, яғни, ол ҚМТ-ның денесінде пайда болатын кернеулердің потенциалдық энергиясына айналады, оны одан әрі бұзуға немесе ұсақтауға әкеледі. Мұздың қалыңдығы 15 мм немесе одан да көп болғанда, МТЗ-80 тракторының жетек білігінің стандартты айналымдарында айналатын $m=0,5$ кг соққы соққылағышының массасы тиімді ыдырау үшін ҚМТ жеткіліксіз, сондықтан тиімді ұсақтауға қол жеткізу үшін жетек білігінің айналу жылдамдығын арттыру оңайырақ, ал егер бұл мүмкін болмаса, онда соққылардың массасын көбейту керек немесе трактордың жылдамдығын төмендету керек, бұл жалпы энергия шығынын арттыруы мүмкін.

17. Автомобиль жолдарының бетін қар-мұз түзілімдерінен тазарту үшін сфералық соққысы бар мұз ұсатқыштың жұмысы кезінде қажетті физикалық беріктік жағдайының сақталуы дәлелденді: асфальтбетонда жатқан мұзға сфералық бойк соққаннан кейін пайда болатын максималды есептік кернеулер (МКЭ қауіпті нүктесіндегі кернеулер), асфальтбетонның шекті кернеулерінен аз, сондықтан ол бүтін және берік болып қалады, мұз қабаты бұзылады, өйткені дәл осы максималды жұмыс кернеулері, соққылардан кейін, мұздың шекті кернеулерінің мәндері көбірек болады.

18. Алынған теориялық-эмпирикалық формула бойынша мұз қабатының қалыңдығының бірдей мәндері үшін соққы массасының есептеулері жүргізілді, бұл эксперименттерде бір рет әсер ету кезінде қабат жойылды. Теориялық есептеулер нәтижелерінің алшақтығы эксперименттік нәтижелермен салыстырғанда өте аз болды (максималды қателік шегі - 15,6%).

19. Белгілі классикалық Буссинеск моделінің модификациясына сүйене отырып, деформацияланбайтын шексіз ортамен тығыз байланысты соңғы қалыңдықтағы екі қабатты негізге (асфальтбетон жабынындағы мұз) сфералық соққылағыш қысымы туралы серпімділік теориясының жаңа байланыс мәселесінің жабық шешімі алынды.

20. Алынған эмпирикалық-теориялық тәуелділіктер және ұсынылған есептеу әдістемесі соққы әрекетінің жұмыс органының параметрлерін айқындау бойынша әр түрлі міндеттерді оны жобалау кезінде де, жұмыс процесінде де шешуге мүмкіндік береді.

Әрі қарайғы зерттеулердің бағыты. Төмен энергия сыйымдылығындағы роторлы мұз ұсақтағыштың жұмыс жабдығының перспективалық конструкциясын әзірлеуді жалғастыру бағытында одан әрі жұмысты мынадай бағыт бойынша дамыту керек:

- энергия сыйымдылығын және тарту кедергісін 30-40%-ға төмендету және өнімділікті 20-30%-ға арттыру үшін айналмалы мұз ұсақтағыштың жұмыс жабдығын жетілдірудің жаңа, неғұрлым перспективалы жолдарын айқындау, оның ішінде:

- сфералық немесе басқа соққыштардың пішіні мен бекітпелерінің өзгеруі:

- жаңа эксперименттік және тәжірибелік-конструкторлық үлгілер мен модельдердің конструкциясын әзірлеу және дайындау;

- әдістемені әзірлеу және эксперименттік жұмыстарды жүргізу;

- конструкцияны аналитикалық есептеу әдістерін әзірлеу, оларды оңтайландыру және тиімділігін анықтау.

Қазақстан Республикасының аумағында жұмыс нәтижелерін коммерцияландыру мүмкіндігімен роторлы мұз ұсақтағыштың инновациялық жұмыс жабдығының эскиздік жобасын әзірлеу.