

## **АНДАТПА**

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялар  
8D071 – «Инженерия және инженерлік іс» мамандығы бойынша  
8D07102 – «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» білім беру  
бағдарламасы

### **АМАНБАЕВ СӘБИТ ШАЯХМЕТҰЛЫ**

## **ТӨМЕНГІ ДЕҢГЕЙДІҢ НЕГІЗГІ ҚАСИЕТТЕРІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, МОДУЛЬДІК ЖОЛ ӨТПЕСІН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫСТАРЫН ӘЗІРЛЕУ**

**Диссертациялық жұмыстың өзектілігі.** Қазақстан Республикасының қазіргі қалаларында көлік инфрақұрылымының ең өзекті мәселелерінің бірі - жер асты коммуникацияларын жөндеу және қайта құру кезінде көше және жол желісінің өткізу қабілетінің төмендеуі. Жылу, су, кәріз және электр желілерін ауқымды жаңарту жол беттерін қазуды, траншеялар қазуды және көлік қозғалысын ішінара немесе толығымен шектеуді қамтиды. Көлік қозғалысының жоғары көлемі жағдайында бұл кептеліске, жол жүру уақытының артуына, отын шығынының артуына және қалалардағы экологиялық жағдайдың нашарлауына әкеледі.

Бұл мәселе, әсіресе, коммуналдық желілердің айтарлықтай бөлігі тікелей жолдардың астынан өтетін ірі қалаларда өзекті. Жөндеу жұмыстары кезінде көлік ағындары көршілес көшелерге бұрылуға мәжбүр болады, бұл қаланың жол желісіне шамадан тыс жүк түсіреді және жалпы көлік жүйесінің тиімділігін төмендетеді. Жөндеу жұмыстарының ұзақтығы бірнеше айға созылуы мүмкін болғандықтан, қосымша қиындықтар туындайды.

Бұл мәселені шешудің бір перспективалы шешімі - жолды толығымен жаппай, жөндеу аймағы арқылы көлік қозғалысына мүмкіндік беретін жылжымалы модульдік жол өткелдерін пайдалану. Бұл құрылымдар негізгі бағыт бойынша көлік ағынын сақтауға, айналма жолдардағы кептелісті азайтуға және көлік кептелісімен байланысты әлеуметтік-экономикалық шығындарды азайтуға көмектеседі. Бекітілген жол өткелдері мен жол айырықтарынан айырмашылығы, жылжымалы жол өткелдерін тез жинауға, бөлшектеуге және белгіленген жерге тасымалдауға болады.

Жылжымалы көпірлер мен өткелдер жүйелерінде жеке әзірлемелердің болуына қарамастан, қалалық жағдайларға арналған модульдік жылжымалы жол өткелдерін жобалау, олардың тірек құрылымдарын, шассийін есептеу және тіректердің жермен өзара әрекеттесуі жеткілікті түрде зерттелмеген. Мұндай құрылымдарды тасымалдау және пайдалану режимдерінің ерекшеліктерін ескере отырып, сондай-ақ жол өткелдерінің тіректерінен түсетін жүктемелер кезінде жердің кернеу-деформация күйін бағалаудың кешенді жобалау әдістері жетіспейді.

Осыған байланысты, модульдік жылжымалы жол өткелінің жобалауын әзірлеу, оның кернеу-деформация күйін зерттеу, тіректердің жер негізімен өзара әрекеттесуін есептеу, сондай-ақ мұндай құрылымдарды есептеу және жобалау әдістемесін жасау өзекті болып табылады.

**Зерттеудің мақсаты** топырақ негізімен өзара әрекеттесуін ескере отырып, жер асты коммуналдық желілерін жөндеу кезінде қолданылатын модульдік жылжымалы жол өткелін жобалаудан, есептеу әдістемесін жасаудан және жобалаудан тұрады.

Зерттеу мақсатына жету келесі мәселелерді кезең-кезеңімен шешу арқылы қамтамасыз етілді:

– уақытша көпірлердің, жол өткелдерінің жобаларын, оларды есептеудің әртүрлі әдістерін және тіректердің топырақ іргетастарымен өзара әрекеттесуін аналитикалық шолу;

– көлбеу және ортогоналды модульдердің, сондай-ақ жылжымалы жол өткелінің шассиінің тірек құрылымдарын негіздеу және таңдау;

– шассидің ортогоналды модулі мен осьтерінің беріктігі, қаттылығы және тұрақтылығы бойынша құрылымын зерттеу, есептеу және жобалау;

– модульдік эстакада тіректерінің жүктемесінен топырақ массивінің беріктігін зерттеу, есептеу және бағалау;

– топырақ массасының беріктігін бағалауды тексеру үшін «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» жүйесінің Ansys бағдарламалық жасақтама пакетінде математикалық модельдеу;

– эстакадаларды орнату әдістерін әзірлеу және зерттеу нәтижелерін жалпы есептеу әдісі ретінде енгізу.

**Жұмыстың идеясы.** Мақсат - тез орнатылатын жылжымалы модульдік жол өткелін пайдалану арқылы коммуналдық желілерді жер асты жөндеу кезінде жолдың өткізу қабілетін сақтау.

**Зерттеу нысаны:** эстакаданың тірек құрылымының элементтерінің, оның шассиінің кернеу-деформация күйі және оның тіректерінің жер негізімен күш өзара әрекеттесуі.

**Зерттеу тақырыбы:** модульдік жылжымалы жол өткелі.

Диссертацияда эстакаданың металл конструкцияларының құрылымдық күштері, астыңғы бөлігінің жұмысы және тіректердің жермен өзара әрекеттесуі зерттелді. Қолданылған зерттеу әдістеріне механикалық және математикалық модельдеу, топырақ кернеулерін аналитикалық есептеу, ANSYS бағдарламалық жасақтамасында сандық модельдеу және аналитикалық және сандық нәтижелерді салыстыру кірді.

**Ғылыми жаңалық** жұмыс жағдайындағы көпірдің (көпірдің) және қозғалыс кезінде көлік құралының қасиеттеріне ие құрылымның параметрлерін негіздеуден тұрады және келесі ережелерде көрініс табады:

– модульдік жылжымалы жол өткелінің кеңістіктік алдын ала құрастырылатын және бөлшектелетін құрылым ретінде жұмыс істеуін ескере отырып, оның есептеу схемасы мен математикалық моделі алғаш рет әзірленді;

– модульдердің және олардың қосылыстарының бірлескен жұмысын ескере отырып, тірек құрылымының элементтерінің кернеу-деформация күйін

статикалық және қозғалмалы жүктемелердің әсерімен байланыстыратын тәуелділіктер анықталды;

– ортогональды бағытталған модульдің бойлық қаңқасының қауіпті түйіндеріндегі иілу моменттерінің арқалық пен тіректер сызықтық қаттылықтарының қатынасына аналитикалық тәуелділігі алынды ( $n = i_2/i_1$ ); сәуленің қаттылығын өзгерткен кезде күштерді қайта бөлу сипаты анықталды және оңтайлы диапазон анықталды  $1,5 \leq i_2/i_1 \leq 2,0$ , бұл максималды иілу моменттерінің 20–25%-ға төмендеуін және құрылымның металл құрамының 15–18%-ға төмендеуін қамтамасыз етеді;

– тасымалдау кезіндегі құрылымның өз салмағы мен динамикалық жүктемелердің әсерін ескере отырып, эстакаданың астыңғы бөлігінің қуат жұмысын анықтау үшін есептелген тәуелділіктер алынды;

– топырақ іргетасындағы кернеулердің таралуының жүктеме параметрлеріне, тіректердің геометриясына және траншеяның шетіне дейінгі қашықтыққа тәуелділігі анықталды;

– жол өткелінің тіректерінің астындағы топырақ массивінің жергілікті тұрақтылығын бағалау үшін есептеу коэффициенттері алынды, бұл максималды жүктемелер мен тұрақтылық қауіпсіздік коэффициенттерін анықтауға мүмкіндік береді;

– топырақ массивіндегі кернеулерге арналған аналитикалық шешімдерді тексеру Мор-Кулон серпімді-пластикалық топырақ моделін қолдана отырып, ANSYS бағдарламалық пакетіндегі сандық модельдеу негізінде жүргізілді;

#### **Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер:**

– модульдік жылжымалы жол өткелінің тірек құрылымы мен оның шассиінің көліктік және пайдалану жағдайларындағы бірлескен жұмысын сипаттайтын зерттеу нәтижелері;

– модульдік конструкцияны және тасымалдау жүктемелерінің әсерін ескере отырып, құрылымдық элементтердің кернеу-деформация күйінің таралу заңдылықтары;

– ортогональды бағытталған модульдің бойлық рамасындағы ішкі күштерді арқалық пен тіректер қаттылығының қатынасымен байланыстыратын тәуелділіктер;

– жол өткелінің тіректерінің астындағы топырақ негізінің кернеу күйінің қалыптасу заңдылықтары;

– топырақ массивінің жергілікті тұрақтылығын және іргетасқа түсетін шекті жүктемелерді бағалау нәтижелері;

– ANSYS бағдарламалық пакетіндегі «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» жүйесін сандық модельдеу нәтижелері және оларды аналитикалық шешімдермен салыстыру;

– тасымалдау, орнату және пайдалану шарттарын ескере отырып, модульдік жылжымалы жол өткелін есептеу және жобалау әдісі.

#### **Автор қорғайды:**

– тірек модульдерінен және шассиден тұратын модульдік жылжымалы жол өткелінің жобасы;

- жол өткелінің есептеу моделі және тірек құрылым элементтерінің көлденең қималарын таңдау негіздемесі;
- шассидің жобалық шешімдері мен есептеулері, соның ішінде осьтің айналу механизмдері, дөңгелектің көтерілуі және айналуы, сондай-ақ ось параметрлері;
- динамикалық коэффициенттің енгізілуіне негізделген эстакаданың жүріс бөлігін жанама есептеу нәтижелері;
- эстакада тіректерінің жер негізімен өзара әрекеттесуінің есептеу схемасын қолдану және сандық модельдеуде Мор-Кулон топырағының серпімді-пластикалық моделін пайдалану;
- топырақ негізінің кернеу күйін аналитикалық және сандық зерттеу нәтижелері және оның жергілікті тұрақтылығын бағалау;
- «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» құрылымы мен жүйесінің математикалық және сандық модельдеу нәтижелері;
- модульдік жол өткелдерін тасымалдау, орнату және бөлшектеу бойынша технологиялық шешімдер.

**Практикалық маңыздылығы.** Жұмыс модульдік жылжымалы жол өтпесін есептеу және жобалау әдістемесін әзірлеумен, оның жобалау параметрлерін негіздеумен, тасымалдау, орнату және пайдалануды ұйымдастыру шешімдерімен анықталады.

Ғылыми зерттеулер мен әзірлемелердің нәтижелері «Gradient Project Institute» ЖШС қызметіне енгізілді және сонымен қатар Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің оқу процесінде 6B07106 – «Көлік, көлік техникасы және технологиялары» білім беру бағдарламасының студенттерін «Жол қозғалысын ұйымдастыру және қауіпсіздігі» пәні аясында оқытуда қолданылады.

#### **Жұмыстың қысқаша мазмұны.**

Бірінші тарауда жер асты коммуналдық қызметтерін жөндеу кезінде туындайтын көлік кептелісінің ағымдағы мәселелері талданады. Онда қозғалмалы механизмдермен жабдықталған қолданыстағы жылжымалы көпірлер мен жол өткелдерінің жобалары, сондай-ақ көпір құрылымдары мен тірек-жол өзара әрекеттесуін есептеудің заманауи әдістері қарастырылады. Зерттеу мақсаттары мен міндеттері анықталған.

Екінші тарауда модульдік жылжымалы жол өткелінің дизайны әзірленеді және оның техникалық негіздемесі келтіріледі. Қолданылу аясы, жұмыс жағдайлары, жол өткелінің құрылымдық дизайны және оның шассиінің дизайны талқыланады.

Үшінші тарау ортогональды бағытталған модульдің құрылымдық элементтерін және шасси осьтерін есептеуге арналған. Беріктік, қаттылық және тұрақтылық есептеулері орындалады, құрылымдық элементтердің қаттылық сипаттамаларының әсері зерттеледі және шасси осьтеріне түсетін жүктемелер анықталады.

Төртінші тарауда эстакада тіректерінің астыңғы топырақпен өзара әрекеттесуі қарастырылады. Топырақ кернеулерінің аналитикалық анықталуы

жүргізіледі, сондай-ақ эстакада тіректерінің жүктемелері астындағы топырақтың беріктігі мен жергілікті тұрақтылығы бағаланады.

Бесінші тарауда ANSYS бағдарламалық жасақтамасын пайдалана отырып, эстакада тірек-төменгі жүйенің математикалық модельдеуі ұсынылған және аналитикалық және сандық нәтижелер салыстырылған. Эстакаданы орнату және тасымалдау технологиялары талқыланып, диссертацияның негізгі нәтижелері мен қорытындылары ұсынылған.

**Автордың жеке үлесі.** Зерттеу модульдік жылжымалы жол өткелдері бойынша ғылыми және техникалық әдебиеттерді талдауды, зерттеу мақсаттары мен міндеттерін белгілеуді, жол өткелінің құрылымдық дизайнын әзірлеуді, есептеулерді жүргізуді және ось параметрлерін және доңғалақты көтеру механизмдерін анықтауды қоса алғанда, ортогональды бағытталған модуль мен шассиді жобалауды қамтиды. Автор жол өткелінің тірек-төменгі бөлігі жүйесінің аналитикалық және сандық модельдеуін жүргізді, кернеу-деформация күйін және жергілікті топырақтың тұрақтылығын бағалады, сондай-ақ жол өткелін тасымалдау, орнату және пайдалану бойынша шешімдер әзірледі.

**Басылымдар және жұмысты мақұлдау туралы ақпарат.** Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері орыс және ағылшын тілдеріндегі тоғыз ғылыми басылымда көрініс тапқан. Олардың қатарында Scopus және Web of Science индекстелген халықаралық журналдардағы екі мақала, сондай-ақ Қазақстан Республикасы Жоғары білім министрлігінің Жоғары білімді зерттеу комитеті ұсынған журналдарда жарияланған төрт мақала бар.

Жұмыстың нәтижелері халықаралық ғылыми конференцияларда ұсынылды, онда екі тезис жарияланды. Зияткерлік меншікті растайтын авторлық құқықты мемлекеттік тіркеу туралы бір куәлік алынды.

Александр Ганюков пен Сәбит С. Аманбаевтың «Research of the Stress-Strain State of a Mobile Overpass Structure» мақаласында, «Communications – Scientific Letters of the University of the Zilina» журналында жарияланған (Scopus дерекқорында индекстелген; «Көлік» бағыты бойынша пайыздық көрсеткіш – 37-ші, «Инженерия (механикалық инженерия)» бағыты бойынша – 44-ші; <https://doi.org/10.26552/com.C.2026.010>), ортогональды бағытталған эстакада модулінің кеңістіктік қаңқасының кернеу-деформация күйін зерттеу нәтижелері ұсынылған, иілу моменттері мен құрылымдық элементтердің қаттылығы арасындағы сыни күштер мен байланыстар анықталған.

Александр Ганюков, Әділ Қадыров, Әлия Кукешева, Айдар Жұмабеков, Кирилл Синельников, Сәбит Аманбаев және Ақбөпе Қарсақованың «Optimization of Mobile Overpass Support Placement Considering the Nonlinear Properties of the Soil Foundation» мақаласында, «Applied Sciences» журналында жарияланған (Web of Science дерекқорында индекстелген, «Инженерия (механикалық инженерия)» саласы бойынша Q2 квантили; Scopus дерекқорында – Q1 квантили, «Инженерия (механикалық инженерия)» саласы бойынша пайызилі – 79; <https://doi.org/10.3390/app16042075>), жылжымалы жол өткелінің тіректерін орналастыруды оңтайландыру нәтижелері топырақ негізінің

сызықтық емес қасиеттерін ескере отырып ұсынылған және ANSYS жүйесінде сандық есептеу әдісі жасалған.

А.А. Ганюков, А.С. Қадыров, С.Ш. Аманбаевтың «Модульдік жол өткелін орнату әдістерін әзірлеу» атты мақаласында, «Университет еңбектері» республикалық журналында жарияланған ([https://doi.org/10.52209/1609-1825\\_2022\\_2\\_217](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2022_2_217)), ЖБССҚЕК ұсынған, қран әдісі мен «сырғанау» әдісін қоса алғанда, модульдік жылжымалы жол өткелін орнату технологияларын әзірлеу нәтижелерін ұсынады.

«Университет еңбектері» журналында жарияланған авторлар С.Ш. Аманбаев пен Ш.М. Сүйінбаевтың «Модульдік эстакаданың астыңғы бөлігінің құрылымдық элементтерінің жұмысын зерттеу және есептеу» атты мақаласында ([https://doi.org/10.52209/1609-1825\\_2022\\_4\\_286](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2022_4_286)), модульдік эстакаданың астыңғы бөлігінің элементтерін есептеу нәтижелері осьтік жүктемелерді анықтаумен және құрылымның көлденең қималарын таңдаумен бірге ұсынылған.

А.А. Ганюков пен С.Ш. Аманбаевтың «Қалалық коммуналдық желілерді жөндеуде қолданылатын модульдік жол өткелін әзірлеу» атты мақаласында, «Университет еңбектері» журналында жарияланған ([https://doi.org/10.52209/1609-1825\\_2023\\_3\\_291](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2023_3_291)), модульдік жылжымалы жол өткелінің жобалауын әзірлеу нәтижелері және ортогональды бағытталған модульдің тірек элементтерінің аналитикалық есептеуі ұсынылған.

«Material and Mechanical Engineering Technology» журналында жарияланған А.С. Қадыров, А.А. Ганюков, С.Ш. Аманбаев және А.А. Богданованың «Development of Mobile Communal Overpasses Applied During Repairing of Urban Communal Networks» мақаласында ([https://doi.org/10.52209/2706-977X\\_2023\\_3\\_1](https://doi.org/10.52209/2706-977X_2023_3_1)), ЖБССҚЕК ұсынған, жылжымалы модульдік және бір аралықты жол өткелдеріне арналған жобалау шешімдері мен есептеу әдістерін әзірлеу нәтижелерін ұсынады.

А.А. Ганюков пен С.Ш. Аманбаевтың «Қалалық коммуналдық желілерді жөндеу кезінде көлік кептелісін жою үшін модульдік жылжымалы жол өткелдерін пайдалану» атты диссертациясы «ХV Сагиновский оқулары. Білім беру, ғылым және өндіріс интеграциясы» (Қарағанды, 2023 жылғы 16-17 маусым) халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдарында жарияланған, коммуналдық желілерді жөндеу кезінде көлік кептелісін азайту үшін жылжымалы жол өткелдерін пайдалануды қарастырады.

С.Ш. Аманбаев пен А.А. Ганюковтың ХІІ Халықаралық «Инновациялық технологиялар және инженерия» ғылыми-практикалық конференциясының материалдарында (Теміртау, 2023 жылғы 19-20 қазан) жарияланған «Модульдік жылжымалы жол өткелі көлік құралының жаңа түрі ретінде» атты диссертациясында модульдік жылжымалы жол өткелі жобалау және оның жер үсті негізімен өзара әрекеттесуін зерттеу нәтижелері ұсынылған.

**Жұмыстың көлемі мен құрылымы.** Диссертация кіріспеден, 5 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, ол 190 беттік машинамен басылған мәтінде баяндалған, олар 81 суретпен, 25 кестемен, 147 атаудан алынған әдебиеттер тізімімен және 7 қосымшамен түсіндірілген.

### **Зерттеу нәтижелері және негізгі қорытындылар.**

Диссертацияда ғылыми негізделген жаңа нәтижелер бар, оларды пайдалану модульдік жылжымалы жол өткелін құрудың маңызды қолданбалы мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

#### **Диссертациялық зерттеу нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар:**

1. Жүргізілген зерттеулер жер асты инженерлік және коммуналдық желілерін жөндеу кезінде көлік қозғалысын қамтамасыз ету үшін модульдік жылжымалы жол өткелінің жобасын әзірлеуге мүмкіндік берді;

2. Уақытша көпір құрылымдарына, жылжымалы өткелдерге және тіректердің жер негізімен өзара әрекеттесуін есептеу әдістеріне аналитикалық шолу жүргізілді, бұл модульдік жол өткелін әзірлеудің өзектілігін растады;

3. Модульдік жол өткелінің жобалау тұжырымдамасы әзірленді, оған ортогоналды және көлбеу модульдер, сондай-ақ құрылымды тасымалдауға арналған шасси кіреді;

4. Жол өткелінің жүк көтергіш құрылымдарының беріктігі, қаттылығы және тұрақтылығы бойынша зерттеулер мен есептеулер жүргізілді, негізгі элементтердің рационалды параметрлері анықталды;

5. Ортогональды бағытталған модульдің кернеу-деформация күйінің аналитикалық тәуелділіктері алынды және элементтердің қаттылығының күштерді қайта бөлуге әсері анықталды;

6. Тасымалдау кезіндегі статикалық және динамикалық жүктемелерді ескере отырып, эстакада шассиінің жұмысын есептеу және зерттеу жүргізілді;

7. Топырақтың кернеу күйін бағалауға мүмкіндік беретін «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» жүйесінің өзара әрекеттесуінің есептеу схемасы әзірленді;

8. Топырақ іргетасындағы кернеудің таралуының тәуелділіктері алынды және жол өткелінің тіректерінің астындағы топырақ массивінің жергілікті тұрақтылығын бағалау жүргізілді;

9. «Өтпелі тіреуіш – топырақ негізі» жүйесінің сандық модельдеуі ANSYS бағдарламалық жасақтама пакетінде Мор-Кулон серпімді-пластикалық топырақ моделін қолдана отырып жүргізілді және аналитикалық шешімдермен салыстыру жүргізілді;

10. Модульдік жол өткелін тасымалдау, орнату және бөлшектеу үшін кран әдісі мен сырғанау әдісін қоса алғанда, технологиялық шешімдер әзірленді;

11. Тасымалдау, орнату және пайдалану шарттарын ескере отырып, модульдік жылжымалы жол өткелін есептеу және жобалау әдістемесі әзірленді.

**Тапсырмалардың орындалуын бағалау.** Зерттеу нәтижесінде келесі мәселелер толығымен шешілді:

– уақытша көпірлердің, жылжымалы және тез ашылатын жол өткелдерінің жобаларына, сондай-ақ оларды есептеу әдістеріне және тіректердің топырақ іргетастарымен өзара әрекеттесуіне аналитикалық шолу жүргізілді, бұл модульдік жылжымалы жол өткелін әзірлеудің өзектілігін негіздеуге мүмкіндік берді;

– көлбеу және ортогональды бағытталған модульдер үшін тірек конструкцияларын таңдау негізделді және модульдік эстакаданың жүріс бөлігін жобалау схемасы әзірленді;

– ортогональды модуль мен шасси осьтерінің құрылымын беріктікке, қаттылыққа және тұрақтылыққа зерттеу, есептеу және жобалау жүргізілді, негізгі элементтердің жобалау параметрлері анықталды және құрылымның жұмыс сызбалары әзірленді;

– модульдік жол өткелінің тіректерінің жүктемелерінің әсерінен топырақ массивінің беріктігін зерттеу, есептеу және бағалау жүргізілді, кернеудің таралу заңдылықтары анықталды және топырақ негізінің жергілікті тұрақтылығын бағалау жүргізілді;

– ANSYS бағдарламалық жасақтама пакетінде «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» жүйесін математикалық модельдеу жүргізілді, аналитикалық шешімдерді тексеру жүргізілді және алынған есептеу нәтижелерінің сенімділігі расталды;

– модульдік жол өткелін тасымалдау, орнату және бөлшектеу әдістері әзірленді, орнату жабдықтары таңдалды және зерттеу нәтижелері модульдік жылжымалы жол өткелін есептеу және жобалаудың жалпы әдістемесі түрінде енгізілді.

**Алынған нәтижелерді қолдану бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу.** Модульдік жылжымалы жол өткелін есептеу және жобалаудың әзірленген әдістемесін көлік, құрылыс және машина жасау салаларындағы инженерлік және техникалық қызметкерлерге, сондай-ақ жобалау және зерттеу ұйымдарына ұсынуға болады. Зерттеу нәтижелері мен сандық модельдеу модульдік жылжымалы жол өткелдерін есептеу, жобалау, орнату және пайдалану кезінде пайдаланылуы мүмкін.

**Іске асырудың техникалық және экономикалық тиімділігін бағалау.** Техникалық-экономикалық негіздеме бір жолақты модульдік жылжымалы жол өткелінің жоғары тиімділігін растады. Бірлікке жұмсалатын капиталдық шығындар 68–78 миллион теңгені құрайды. 15 жылдағы таза ағымдағы құны 320–480 миллион теңгеге жетеді, ішкі кірістілік нормасы 34–42%, өтелу мерзімі 6–11 ай және пайдалылық индексі 2,8–3,6 құрайды. Жол өткелі айналма жолдарды жабуға қажетті уақытты айтарлықтай қысқартады, кептелістің экономикалық әсерін айтарлықтай азайтады және көлік ағынының үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Жылжымалы жол өткелдерін енгізу экономикалық тұрғыдан тиімді және өте тиімді шешім болып табылады, бюджетті айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік береді.

**Аяқталған жұмыстың ғылыми-техникалық деңгейін бағалау:**

– қалалық коммуналдық желілерді жөндеу жағдайында пайдалануға арналған модульдік жылжымалы жол өткелін жобалау бойынша алғаш рет зерттеу жүргізілді; ортогональды және көлбеу модульдердің жобалау шешімдері әзірленді, сондай-ақ жол өткелінің тірек құрылымы мен жүріс бөлігінің жұмысы зерттелді;

– құрылымдық элементтердің кернеу-деформация күйін зерттеу жүргізілді, тасымалдау кезіндегі статикалық және динамикалық жүктемелерді ескере

отырып, шасси есептелді және негізгі элементтердің рационалды параметрлері анықталды;

– «жол өткелінің тірегі – топырақ негізі» жүйесінің өзара әрекеттесуінің есептеу схемасы әзірленді, топырақ массивінің беріктігі бағаланды және ANSYS бағдарламалық жасақтама пакетінде аналитикалық шешімдерді тексеру арқылы математикалық модельдеу жүргізілді;

– модульдік жылжымалы жол өткелін тасымалдау, орнату және бөлшектеу бойынша технологиялық шешімдер әзірленді.