

**Б. Апшиқур<sup>1</sup>, М.М. Алимқулов<sup>2</sup>, А.К. Капасов<sup>1</sup>,  
А.Г.Гольцев<sup>1</sup>, В.Ю. Чернавин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан

<sup>2</sup>Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

E-mail: alimkulov\_murat@mail.ru

## **ШӨГУГЕ БЕЙІМ ӘЛСІЗ ТОПЫРАҚТАН САЛЫНҒАН ЖОЛ ҮЙІНДІЛЕРІНІҢ ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ЫҒЫСУЫН ТОҚТАТУДЫҢ ТИІМДІ ӘДІСІ**

**Аңдатпа.** Мақалада, теміржол құрылысындағы әлсіз топырақтан салынған жасанды құрылыстардың жауын-шашын, пойыз қозғалысы мен осьтік жүктеменің артуы және теміржол үйінділерінің әртүрлі биіктігіне байланысты туындайтын вертикальды жылжу процестерін тоқтатудың тиімді әдісі, әлсіз негіздегі үйінділердің кернеулі-деформацияланған жай-күйін есептеу, элементтердің соңғы беріктігінің сандық әдісін бағдарламалық кешенде қолданудың моделдері мен есептеулері, нақты эмпирикалық мәліметтермен келтірілген. Сондай-ақ есептік модельдерде қуаты 1 м және 6 м әлсіз негіздегі, биіктігі 1-3-12 м үйінділердің жұмысы қарастырылған, бұл Қазақстан өңірлеріндегі әсіресе, теміржол тасымалы артқан, Қытай Халық Республикасы «Алашанькоу-Алматы» бағыты арасындағы жолдардың, әлсіз негіздегі үйінділері биіктігінің барлық негізгі диапазонын және әлсіз негіз қуаттарын ескере отырып, Қазақстан темір жолдарының жер төсемінің әлсіз негізін нығайту үшін іс-шаралар әзірлеу, сазды топырақтардың деформациялық сипаттамаларына және темір жол үйінділерінің кернеулі-деформацияланған жай-күйіне статикалық, вибродинамикалық жүктемелердің әсерін зерттеу, практикалық, зертханалық деңгейде жүргізіліп, әлсіз негіздегі үйінділердің кернеулі-деформацияланған жай-күйін есептеу, топырақтың сүзгіштік консолидациясын және уақыт факторын есепке алмай, авторлар әзірлеген элементтің соңғы беріктігі-модельдерімен, әлсіз негіздегі үйінділер нұсқаларының кернеулі-деформацияланған күйінің жаппай есептеулері орындалып, нақты дәлелдермен инженерлік шешімдер ұсынылды.

**Түйін сөздер.** Теміржол үйіндісі, Жер төсемі, Геомеханика, Кернеулі-деформациялық жағдай, элементтердің соңғы беріктігін есептеу модулы, COSMOS/M

### **Кіріспе.**

Темір жолдардағы жасанды құрылыстар – жер төсемінің үйінділері мен қазындылары – әдетте, құрылыс процесінде де, ұзақ мерзімді пайдалану жағдайында да, кернеулі-деформацияланған күйдің өзгеру үрдісін келтіріп шығаратын, олардың табиғи құрылымын бұза отырып, жергілікті топырақ материалдарынан тұрғызылады [1].

Пайдаланылымдағы темір жол төсемдерінің үйінділері мен қазындыларының жүк көтергіштігін бағалаудың, қолданыстағы жүйесінің негізі, жаңа үйінділер мен қазбаларды жобалаудың негізгі есептеу әдісі-шекті күй әдісі болып табылады. Үйінділерді, қазбаларды және басқа да, жасанды құрылыстарды есептеу кезінде екі шекті күй басым болады, атап айтқанда, жүктемелердің әсерінен тепе-теңдік формасының тұрақтылығын жоғалту (тұрақтылықты есептеу), деформациялардың рұқсат етілген мәндерден асып кетуі (жауын-шашын, ылғалдануды есептеу) [2].

Теміржол үйінділері мен қазындылары әдетте, әртүрлі жүктемелердің күрделі әсері астында жұмыс істейді. Үйінділер мен қазындыларда өз салмағынан түсетін

жүктемелерден басқа, жылжымалы құрамнан тік жүктемелер, тежеуден горизонталь күштер, жер сілкінісі кезіндегі сейсмикалық күштер және тағы басқалар әсер етеді [3].

Темір жол үйінділері мен қазбаларды пайдалану тәжірибесі, деформациялардың рұқсат етілген мәндерден асып кетуі, тұрақтылықтың жоғалуы табиғи және техногендік сипаттағы әртүрлі себептерден туындаған, нысанның кернеулі-деформацияланған күйінің өзгеруімен жүретінін көрсетеді. Сазды топырақтармен салынған үйінділерде, жер төсемдерінің кернеулі деформацияланған күйінің (КДК) өзгеруіне әкелуі мүмкін, әрі (КДК) бағалау міндеті, барлық қолданыстағы факторларды ескеруді талап етеді [4,5].

Топырақ құрылымдарының кернеулі деформацияланған күйі, сыртқы факторлардың әсеріне ғана емес, сонымен қатар массивті құрайтын топырақтың физикалық табиғатына да, байланысты. Тұрақтылықты есептеуде қолданылатын негізгі параметрлер, топырақтың беріктік сипаттамалары, яғни -ішкі үйкеліс бұрышы  $\varphi$  немесе үйкеліс коэффициенті  $f = tg\varphi$ , меншікті ілінісу  $C = T-tg\varphi$  болып табылады. Шөгінділерді есептеуде қолданылатын негізгі параметрлер, топырақтың деформациялық сипаттамалары, яғни-деформация модулі және көлденең кеңею коэффициенті (Пуассон коэффициенті) [5,6]. Егер құмды топырақтар үшін статикалық, динамикалық және пульсациялық жүктеме жағдайында да, осы сипаттамаларды анықтау мәселесі белгілі бір дәрежеде шешілсе, онда сазды топырақтар үшін, зерттеушілердің кернеулі-деформацияланған күйі, әсіресе квазистатикалық, динамикалық және пульсациялық жүктемелердің әсерінен бағалау туралы бірыңғай пікірі жоқ [7,8].

Сазды топырақтардан тұратын жер төсемі негізінің кернеулі-деформацияланған күйін (КДК) бағалау міндеті, сенімділік мәселесінің маңызды инженерлік міндеттерінің бірі болып табылады, оны шешу КДК-не, беткейлердің геометриясына, топырақтың физика-механикалық қасиеттеріне, статикалық, динамикалық, сейсмикалық соққы жүктемелері және басқа да көптеген факторлардың әсер ету ерекшеліктеріне, әсерін зерттеуге байланысты кешенді тәсіл негізінде ғана, мүмкін болады [5].

Сазды топырақтардан тұратын темір жол үйінділері мен қазындылардың кернеулі-деформацияланған жай-күйін болжау, қазіргі заманғы геомеханика мен теміржол саласының күрделі өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл, әртүрлі типтегі сазды топырақтарда квазистатикалық, вибродинамикалық және пульсациялық жүктемелердің әсерінен жаңа кернеулі деформацияланған күйдің пайда болуы, топырақ фазаларының өзара әрекеттесуінің күрделі процестерімен, кернеулердің пайда болуымен және таралуымен, кеңістіктегі және уақыттағы топырақтың көлемдік және ығысу деформацияларымен бірге жүретіндігіне байланысты [9].

### **Материалдар мен тәсілдер.**

Жер төсемінің жұмысын, алыс жақын шетелдердің және еліміздің көптеген осы сала мамандары, ұзақ уақыт әртүрлі пайдалану шартында зерттеген. Солардың бірқатары, Г.М.Шахунянц, Е.В. Яковлев, Т.Г. Яковлев, М.В. Аверочкина, Н.И. Ананьев, Б.Д. Хейер, А.А. Цернант, Э.П. Исаенко, С.Н. Шарاپов, Е.С. Ашпиз, В.Ф. Барабошина, М.Ф. Вериго, В.В. Виноградова, М.Н. Голдштейн, В.А. Грицык, П.И. Дыдышко, Б.А. Евдокимов, Г.Н. Джинкина, Р.С. Закиров, А.Л. Исакова, Н.И. Карпущенко, А.Ф. Кима, А.Я. Когана, Г.Г. Коншина, А.Д. Омаров, В.С. Лысюк, А.Н. Марготьева, П.Г. Пешкова, С.Н. Попов, И.В. Прокудина, М.П. Смирнов, Ю.П. Смолина, Ю.И. Соловьев, В.П. Титов, Е.А. Исаханов, А.К. Уразбеков, С.С. Хасенов және басқа шетелдік ғалымдардың жұмыстары да, аталған тақырыпта өз зерттеу үлестерін қосты [10, 11,12,13,14,15].

Қазіргі таңда, үйінділердің негіздерін нығайту үшін топырақтар ғана емес, сонымен қатар дәстүрлі математикалық модельдерді [16] қолдана отырып, ескерілмейтін механикалық қасиеттері бар топырақтардан айтарлықтай ерекшеленетін, әртүрлі материалдар қолданылады. Теміржол жер төсемінің негізінің деформациялану себептерін

зерттеулердің нәтижелерін жалпылаудан, «ережелерде» қабылданған негізгі алаңның тік деформацияларын есепке алу, тек топырақтың механикалық параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар балласт призмасының параметрлеріне, осьтік жүктемеге және пойыздардың қозғалыс жылдамдығына байланысты болатын процестердің барлық күрделілігін көрсетпейді [11,12]. Жер төсемінің негізін нығайту шараларын зерттеу үшін, типтік жылжымалы құраммен жүктелген теміржол жолының толық моделін пайдалану қажет.

Шетелдерде магистральдық және жүрдек темір жолдарды салу кезінде қозғалатын поездың астындағы рельстің шөгуі нормаланады. Мәселен, мысалы, Германияда [17] жоғары жылдамдықты қозғалыс кезінде рельс шөгіндісі 1 мм аспауы керек деп саналады. Бұл жағдайда, жер төсемінің серпімді шөгіндісі 0,5 мм аз болуы керек [18]. Серпімді шөгінділердің мұндай мәндері, шамамен 80-100 МПа жол модулінде болуы мүмкін. Осыдан жер төсемінде 40-60 МПа деформация модулі болуы керек. Алайда, Қазақстанның сазды топырақтарында [19], 32 МПа аз серпімділік модулі бар екені белгілі. Бұл жағдайда ҚТЖ-темір жолдарды салу және пайдалану кезінде, жер төсемінің жоғарғы жағын күшейту жөніндегі, сындарлы іс-шараларды қарастыруы керек [7,8].

Топырақ механикасының ғылыми негіздері, отандық және Н.М. Герсеванов, Н.А. Цытович, В.А. Флорин, Н.Н. Маслов, Н.Н. Иванов, К. Терцаги, Д. Тейлор, г. Чеботарев және т. б. [20], шетелдік ғалымдардың еңбектеріне негізделген.

Геотехника мен топырақ механикасының дамуына М.Н. Голдштейн, Н.Я. Денисов, Г.М. Ломизе, И.И. Черкасов, Suklje L, Skempton A., Cazagrande A., Bishop A., Hvorslev M. және басқалар үлкен үлес қосты. Топырақтың беріктік (ығысу), қасиеттері туралы заманауи түсінік С.Р. Месчян, Г.М. Ломиза, В.В. Жихович, М.В. Малышев, Иващенко И.Н. және басқалар еңбектерінде ұсынылған.

Сазды топырақтардың реологиялық қасиеттері (сусымалы) С.Р. Месчян, М.Н. Голдштейн, Н.Н. Маслов, Э.М. Добров, Ю.К. Зарецкий, З.Г. Тер-Мартросян, Т. Ширинкулов, Е.А. Исаханов және т. б. еңбектерінде жарыққа шыққан.

Топырақтың механикалық қасиеттерін анықтаудың және сипаттаудың заманауи әдістері, Федоровский В.Г., Rotaru A., Месчян С.Р., Бугров А.К., Зарецкий Ю.К. және т. б. еңбектерінде біршама толық жазылған.

Вериго М.Ф., Хейер Б.Д., Лысюк В.С., Яковлева Т.Г., Грицык В.И., Блажко Л.С., Ашпиз Е.С., Шиладжян А.А., Яковлева Е.В. және т. б. Ғалымдардың, жүктеме кезінде жер төсемінің негізінің топырақтарының жұмысына жүргізген эксперименттік зерттеулері, жер төсемінің негізгі алаңындағы тік кернеулер  $0.8 \text{ кгс/см}^2$  (80 кПа) аспауы керек деген техникалық талаптарды реттеуге мүмкіндік берді. Дегенмен топырақтағы көлденең кернеулерге реттеу ұсынылмағанын байқаймыз.

### **Нәтижелер.**

Сазды топырақтар үшін белгіленген кернеулердің рұқсат етілген мәндері тұтастай алғанда, темір жолдың өту ауданының климаттық және өзге де сипаттамаларын есепке алмай, жер төсемінің негізі үшін қабылданды [13,14]. Жолдың шөгуінің нақты жағдайларында және қалдық деформациялардың жинақталуы, негізінен, таңдамалы түрде, яғни рельстің түйісу аймағында, жер төсемінен жасанды құрылыстарға өту бөлігінде, жолдың күштік бұзылыстары, рельс басының сырғанау бетіндегі бүліністері бар жерлерде поездық жүктеменің жоғары динамикалық әсер ету аймақтарында жүреді.

Теміржол үйінділерінің беріктігі мен тұрақтылығын есептеу үшін, іздестіру және инженерлік-геологиялық жұмыстар, пайдалану процесінде олардың өзгергіштігін ескере отырып, топырақтың беріктік сипаттамаларын белгілеу өте маңызды [5,6]. Теміржол жер төсемесін, әлсіз негізде жобалау кезінде олардың ықтимал деформацияларын перспективалық пойыз жүктемесімен арнайы есептеулермен бағалау қажет. Жер төсемі

мен оның негізінің жұмысы, оның беріктігі мен деформациясы, жалпы жағдайда, келесі факторлармен анықталады:

- темір жол төсемінің денесі мен негізін құрайтын топырақтың физикалық-механикалық қасиеттерінің түрі, құрамы, құрылымы және сипаттамалары;

- жұмыс істеп тұрған жүктемелер мен пайдалану жағдайларының сипаты, бағыты және шамасы (статикалық, діріл, динамикалық әсер ету, жылжымалы құрам осіне жүктемелер, қозғалыс қарқындылығы мен жиілігі, поездар қозғалысының жылдамдығы, олардың массасы және т. б.);

- жолдың жоғарғы құрылымының конструктивтік көрсеткіштері және олардың жай-күйі (рельстердің түрі, балласттың түрі және қабаттың қалыңдығы, шпалдардың түрі, бекітпелердің түрі, рельстердегі бүлінудің болуы және т. б.).

Қалыпты, тангенциалды және негізгі кернеулердің дәстүрлі есептеулерінде жер төсемін жобалау кезінде, үйінділердің топырақтары изотропты және уақытша пойыз жүктемесінің әсерінен серпімді кезеңде жұмыс істейтіні, шартты түрде қабылданады. Бұл, әрдайым құрылымдардың нақты жұмысына сәйкес келмейді. Топырақ механикасының дәстүрлі есептеулерінде, топырақты серпімді жартылай кеңістік ретінде қарастырады. Алайда, топырақ іс -жүзінде серпімді қасиеттерге ие емес. Бірінші жуықтауда оның топырақ қасиеттері серпімді пластика ретінде модельденеді. Компрессиялық құрылымдардағы немесе тұрақтандырғыштардағы топырақтың механикалық қасиеттерін зерттей отырып, алынған нәтижелер негізінен Мор-Кулон моделі тұрғысынан түсіндіріледі [11,12].

Теміржол көлігі ғылыми-зерттеу институттарының ВНИИЖТ [21] және JSC «NC» «Kazakhstan Railways» мәліметтері бойынша вагондардың перспективалық осьтік жүктемесі, вагондардың жаңа түрлері үшін 205-245 кН/м құрайды [22], бұл, тиелген типтік төрт осьті жартылай вагонның қазіргі статикалық жүктемесінен 2,5 есе көп.

Өртүрлі материалдардан тұратын топырақ құрылыстарын есептеу үшін, элементтердің соңғы беріктігін анықтау сандық әдістері (FEM- finite element method), қолданылады. FEM әдісі, жарты ғасырдан астам уақыттан бері белгілі, бірақ ол, алғашында тек дербес компьютерлерге арналған бағдарламалық жасақтама жүйелерін дамытуда кеңінен қолданылды. FEM қолданған кезде зерттелетін объект, шартты түрде элементтердің төбелерінде, бір-бірімен біріктірілген соңғы элементтерге бөлінеді. FEM күрделі модельді талдауды, белгісіз саны жеткілікті алгебралық теңдеулер жүйесін шешудің, қарапайым мәселесімен алмастырады [23]. Элементтің соңғы беріктігін есептеу әдісі, тәжірибе қажеттіліктері үшін, жеткілікті дәлдікпен, жер төсемінің кернеулі-деформацияланған күйін аналитикалық жолмен анықтауға мүмкіндік береді. Топырақ құрылыстарында жаңа материалдарды пайдаланудың құрылыс құнын, едәуір төмендетуге және құрылымдардың көлемін азайтуға мүмкіндік береді [24].

Соңғы жылдардағы инженерлік тәжірибеде, автомобиль және темір жолдардың, тіреу қабырғалары мен бөгеттердің топырақ құрылыстарының кернеулі-деформацияланған күйін есептеу үшін, Дракер-Прагердің (1), топырақтың серпімді-пластикалық моделінде жүктеме кезінде, топырақтың әрекетін сипаттау үшін, пайдаланатын сертификатталған COSMOS/M бағдарламалық жүйесі қолданылады [25].

$$\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}} = (\sigma_x + \sigma_y) \sin \phi + 2C \cos \phi. \quad (1)$$

COSMOS/M бағдарламасы модульдік құрылымға ие, бірақ пайдаланушы онымен тек, GEOSTAR бағдарламасының интерфейсі арқылы әрекеттеседі.

Жұмыста, әлсіз негіздегі үйінділердің, кернеулі-деформацияланған жай-күйін есептеу, сүзгіштік шоғырлануын және уақыт факторын есепке алмай орындалды. Сүзгіштік консолидациясы мен сусымалылықты есепке алмау, «беріктік қорын» сақтап

қалады, өйткені топырақтың тығыздалуымен оның беріктік сипаттамалары жақсарады [26].

Модельдерде, қуаты 1 м және 6 м әлсіз негіздегі, биіктігі 1-3-12 м үйінділердің жұмысы қарастырылған, бұл, Қазақстан өңірлеріндегі әлсіз негіздегі үйінділер биіктігінің, барлық негізгі диапазонын және әлсіз негіз қуаттарының диапазонын көрсетеді. Қажет болған жағдайда, ұқсас әдістеменен, жаңа құрылымдық элементтермен нығайтылған жер төсемінің кез келген типтік емес жобалық шешімдері қарастырылуы мүмкін.

Элементтің соңғы беріктігін анықтау модельдеріне алынған, үйінділер негізінің топырақтары, үйінділерге қарағанда беріктеу етіп алынды, бұл топырақты далалық сынау деректеріне сәйкес келеді.

Егер, бұл үйіндінің максималды тік деформациясы берік негіздегі үйіндінің болжамды деформациясынан ерекшеленбесе, әлсіз негіздегі үйінді тұрақтандыруға қол жеткізілді деп саналады [27].

Бастапқы позиция ретінде, әлсіз негізді күшейтпестен, үйіндінің кернеулі деформацияланған жағдайы қабылданады. Бұдан әрі, есептеу арқылы әлсіз негіздегі үйіндінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін іс-шара іздестіріледі. Тұрақтандыру шараларының ішінде:

- негіздің әлсіз топырағын ішінара немесе толық ауыстыру;
- Берма құрылғысы;
- тұрақтандырудың жаңа техникалық құралы болып табылатын «үйінді топырағындағы қабырға» әдісі бойынша негізді тұрақтандыру.

Есептеулерде, әлсіз негіз қуатының екі нұсқасы қарастырылған:

- мұндай жағдай, Қазақстанда маусымдық ылғалдану кезінде, өзінің беріктігін толығымен жоғалтатын тұзды топырақ аландарын кесіп өту кезінде орын алады;
- әлсіз топырақтың 2 қабаты қалыңдығы 6 м, бұл мысалы, Балқаш көліне жақындаған батпақты жерлердің қиылысын көрсетеді.

Зерттеуге алынған жол бөліктерінің әлсіз негіздеріндегі сазды топырақтар сынамасы, жұмысшы тереңдігі бойынан алынып, келесі ығысу құралы (1 сурет), зертханалық қондырғыда, эксперимент жасалынды.

Қондырғының диаметрі  $d = 71,4$  мм, көлденең қимасының ауданы  $F = 40$  см<sup>2</sup> және биіктігі  $H=35$  мм болып, табиғи құрылымның цилиндрлік топырақ үлгілері сыналды. Үлгілердің өлшемдері, құрылғының кесу сақинасының ішкі өлшемдеріне байланысты болды [26-27].



1 сурет - Ығысу сынағынан кейінгі топырақ үлгісі

Үйіндінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін, ықтимал техникалық шешімдерді сенімді таңдау үшін, әлсіз негіздегі топырақтың деформация модулі 1-3 МПа диапазонында тағайындалады, бұл біз жүргізген топырақтың зертханалық сынақтарының талдауына (1 кесте), негізделеді [22,27].

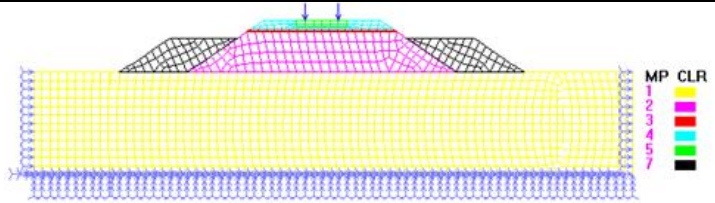
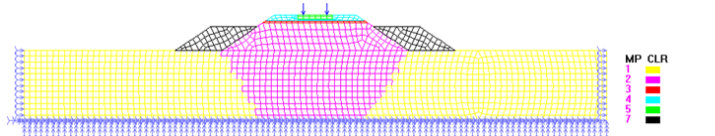
1 кесте - Топырақтың физикалық қасиеттері

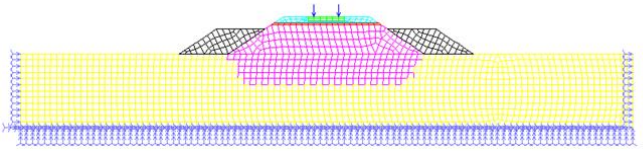
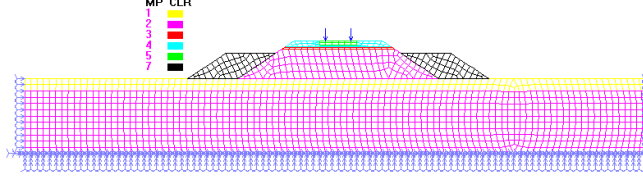
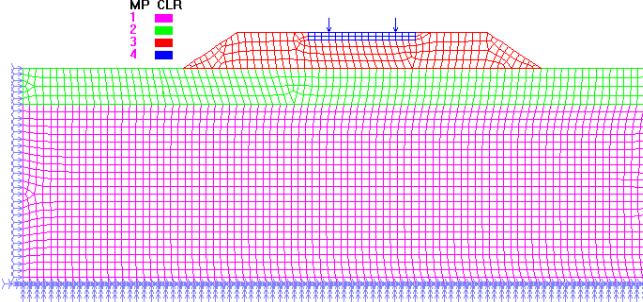
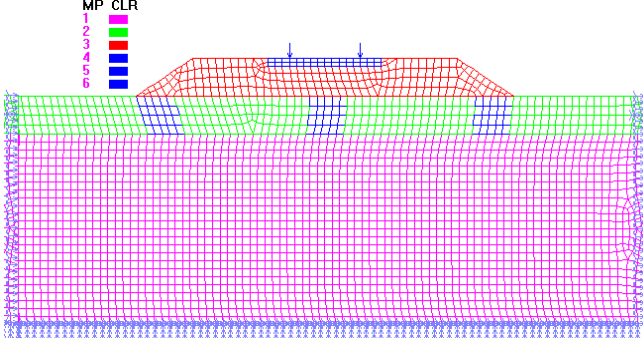
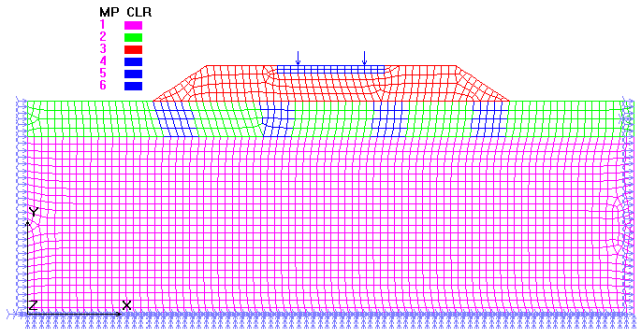
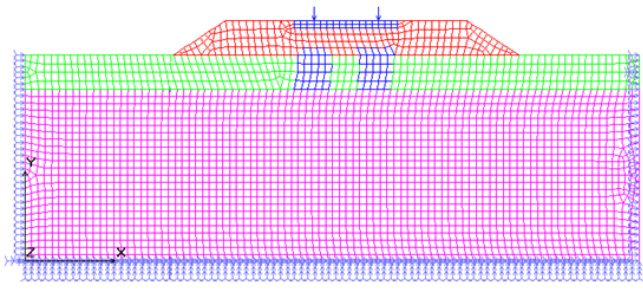
№	Топырақтың зертханалық нөмірі	Топырақ түрі мен жағдайы (құрылымы)	Табиғи ылғалдылық, $W$ , бірлік үлесі	Аққыштық шегі, $W_L$ , бірлік үлесі	Илену шекарасы, $W_p$ , бірлік үлесі	Икемділік саны, $J_p$ , бірлік үлесі	Аққыштық көрсеткіші, $J_L$ , бірлік үлесі	Тығыздығы, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Қатты бөліктерінің тығыздығы, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Құрғақ топырақтың тығыздығы, $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	Кеуектілігі, $n$ , %	Кеуектілік коэффициенті	Ылғалдылық дәрежесі, $S_r$
1	1	Пластикалық құмды саз (бұзылған)	0,233	0,257	0,207	0,050	0,520	1,68	2,70	1,36	49,6	0,98	0,64
2	2	Созылғыш құмды саз (бұзылған)	0,213	0,247	0,188	0,059	0,424	1,77	2,70	1,46	45,9	0,84	0,68
3	3	Тығыздалған саздақ (бұзылған)	0,234	0,302	0,189	0,113	0,398	1,79	2,71	1,45	46,5	0,87	0,73
4	20-24	Жұмсақ иілгіш саздақ (табиғи)	0,227	0,262	0,171	0,091	0,615	1,86	2,71	1,52	43,9	0,78	0,79
5	22-26	Жартылай қатты саздақ (табиғи)	0,185	0,256	0,166	0,090	0,211	1,98	2,71	1,67	38,4	0,62	0,81
6	6	Жұмсақ пластикалық саздақ (табиғи)	0,252	0,297	0,196	0,101	0,554	1,80	2,71	1,44	46,9	0,88	0,78

1-кестеден физикалық параметрлері диапазондарда өзгертін жұмсақ созылмалы топырақтан, қатты созылғыш және жартылай қатты консистенциядан жасалған құмды саздақтар мен саздақтар сыналған деп қорытынды жасауға болады.

Төмендегі 2 кестеде келтірілген, авторлармен жасалған, элементтертің соңғы беріктігі модельдерімен, әлсіз негіздегі үйінділердің кернеулі-деформациядан жылжуын тоқтатудың, әртүрлі шарттағы жер төсемдері үшін салыстыру есептеулері COSMOS/M бағдарламасында орындалды.

2 кесте - Элементтертің соңғы беріктігі модельдері

	<p>Қуаты 6 м, әлсіз негіздегі, биіктігі 3 м үйінді FEM моделі, MP: 1 жасанды құрылыс негіздері, 2 үйінді, 3 құм, 4 қиыршық тас, 5 шпал, 7 берма. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы, 0.34 м</p>
	<p>Әлсіз негіздің топырағын ауыстыру. Рельстің тік деформациясы, 0.001 м</p>

	<p>Биіктігі 3 м үйінді негізінің топырағын ішінара ауыстыру. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы, 0.18 м</p>
	<p>Негіздің әлсіз қабатының қуаты 1 м. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы 0.041 м</p>
	<p>Үйінді негізі күшейтілгенге дейінгі бастапқы жай күйі. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы 0.24 м</p>
	<p>Үйінді жиегі және үйінді осі бойынша «жердегі қабырға» әдісі бойынша әлсіз негізді нығайту. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы 0.035 м</p>
	<p>Әлсіз негізді үйінді жиегінде және рельс астындағы негіз плитасының ұштары бойынша «топырақтағы қабырға» құрылғы-сымен нығайту. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы 0.023 м</p>
	<p>Балласт қабаты астында, шпал жәшіктері арқылы топырақтағы қабырғаның құрылысы. Пойыз жүктемесі астындағы рельстің тік деформациясы 0.018 м</p>

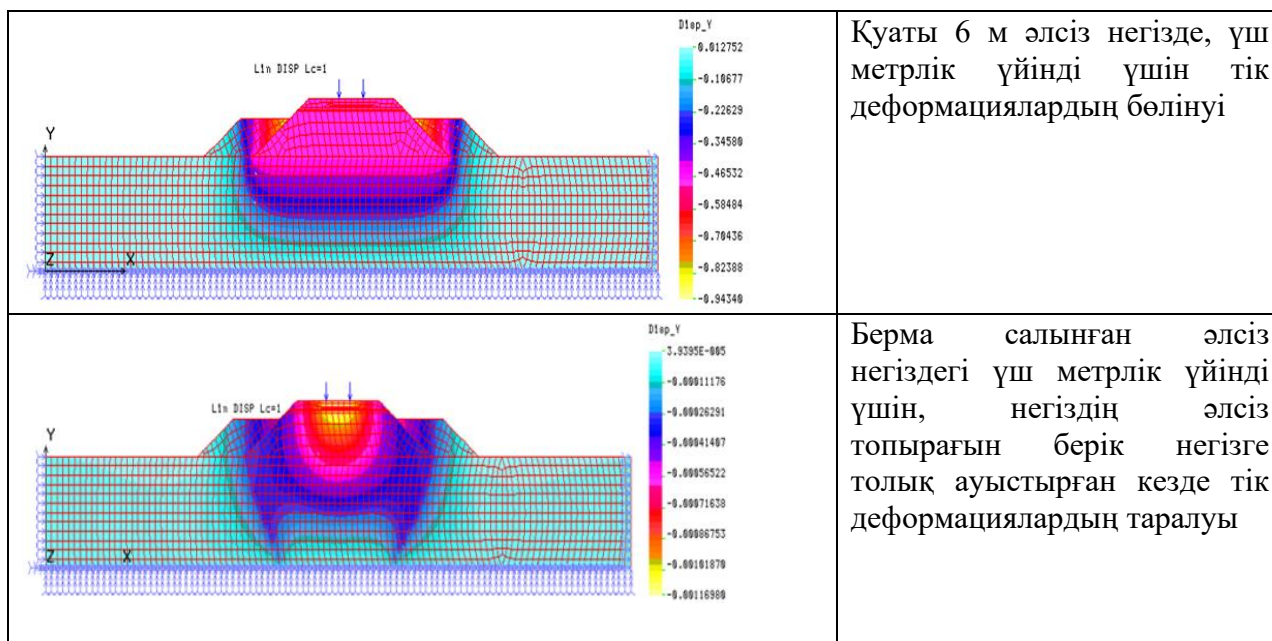
### Талқылау.

Жоғарыдағы есептелген жүктеме кезінде, рельстің максималды тік деформациясы (м), бұл максималды деформацияны берік негіздегі үйінді деформациясымен салыстыру арқылы, күшейту әдісінің дәстүрлі берма құрылысының (3 кесте, 4,5,6 қатар) және ұсынылған тиімді беріктеу «топырақтағы қабырға» әдістерін салыстырумен, жылжуды бағалауға мүмкіндік береді. Осыдан тиімді саналған беріктеу әдістерінің (3 кесте, 1,2,3 қатар), үйінділер мен олардың негіздерінің жылжымалы құрамның динамикалық қозғалысы барысындағы, тік деформацияларының дәстүрлі әдіске қарағанда, бір реткі айналымда 3,5 см азайатыны белгілі болды.

3 кесте - Топырақтағы қабырға» әдістерін салыстыруы

	<p>Балласт қабаты астындағы «топырақтағы қабырғаларды» орнату кезінде биіктігі 1 м үйіндінің және оның негізінің тік қозғалыстарын бөлінуі</p>
	<p>Биіктігі 1 м үйіндінің және оның негізінің тік жылжуының құлама беткейлері жанында және үйіндінің жиектері бойынша «топырақтағы қабырғалар» орнату барысындағы әлсіз қабаттың тереңдігіне бөлінуі</p>
	<p>Биіктігі 1 м үйіндінің және оның негізінің тік жылжуының құлама еңісі жанында және үйінді осі бойынша әлсіз қабаттың тереңдігіне «топырақтағы қабырғалар» орнату кезіндегі бөлінісі</p>
	<p>Ені 3 метрлік бермасымен үйіндінің тұрақты негізінде тік деформациялардың таралуы</p>





Негізі әлсіз топырақтан тұратын жер төсемесін тұрақтандыру шараларының тиімділігін есептеу нәтижелері, 4-кестеде келтірілген.

4 кесте - Топырақтағы қабырға» әдістерін салыстыруы

Үйінді биіктігі, м	1	3	12
<b>Әлсіз негіздің қуаттылығы 6 м</b>			
Берма құрылысы	-	-	-
Негіздің әлсіз топырағын толығымен ауыстыру	+	+	+
Негіздің әлсіз топырағын ішінара ауыстыру	-	-	-
«Топырақтағы қабырға» құрылысы	+	+	+
<b>Әлсіз негіздің қуаттылығы 1 м</b>			
Негіздің әлсіз топырағын толығымен ауыстыру	-	-	-
Негіздің әлсіз топырағын ішінара ауыстыру	+	+	+
«Топырақтағы қабырға» құрылысы	+	+	+

4-кестенің деректерін талдаудан, жер төсемінің дәстүрлі беріктеу әдісі берма құрылысы, қазіргі таңдағы осьтік жүктеме, жылдамдықтың артуымен байланысты қосымша динамикалық т.б. ықпал етуші күштер жағдайында, сонымен қатар, пойыз жылдамдығының деңгейімен анықталатын қажетті тік деформацияның болмауын қамтамасыз ете алмайды. Пойыздардың қозғалыс жылдамдығының артуымен жоғарлайтын жүктеме кезінде, рельстің тік деформациясының максималды мөлшеріне қойылатын талаптарды күшейтеді. Жер төсемесінің осьтік жүктемеге сәйкес, тұрақты жұмысын қамтамасыз етудегі ұсынылған «топырақтағы қабырға» әдісі берма құрылысын салумен (3 кесте, 4,5,6 қатар) салыстырғанда, вертикаль деформацияның жұмысшы аумағында таралуын, үйіндінің сыналған биіктіктерінде (3 кесте, 3,5 қатар) қауіпсіз деңгейге дейін азайтатынын және деформация таралуының жұмысшы тереңдігін, салынған «қабырға» көмегімен шеткі құламаға сырғуын, шектеуге болатындығы анықталды. Бұл өз кезегінде, жер төсемін қалпында ұстау жобаларында, әлсіз топырақты алмастырумен қатар, оң нәтижелерге «топырақтағы қабырғаны» қолдану арқылы қол жеткізілетінін дәлелдеді.

Әлсіз негіздің топырағын ауыстырудан «топырақтағы қабырға» құрылғысының айырмашылығы, пойыздардың қозғалысында үзілістерді қажет етпейді, өйткені жер төсемі мен үйінділердің түбінде ұңғымаларды бұрғылауға және топырақты 400 ат қысымымен берілетін су-цемент ағынымен, одан әрі нығайтуға арналған станоктар, олар құрылымдардың жақындау өлшеміне орнатылып, жұмыс істей алады. Әр жағдайда, жағалауды тұрақтандыру әдісін таңдау опцияларды техникалық-экономикалық салыстыру негізінде шешілуі керек.

### **Қорытынды.**

Топырақтың физика-механикалық қасиеттерін зертханалық зерттеу, Қазақстан темір жолдарының проблемалы учаскелеріндегі жер төсемі негізінің топырақтарын, беріктігі мен деформациялану көрсеткіштері бойынша әлсіз, сазды деп жіктеуге болатындығын көрсетті. Топырақтың тығыздығы 1,71-ден 1,97 т/м<sup>3</sup> аралығында өзгереді. Ылғалдылық - 0,2105 - тен 0,305 дейін. Құрғақ топырақтың тығыздығы - 1,31-ден 1,63 т/м<sup>3</sup> дейін.

Топырақты сығымдау сынақтары, зерттелген топырақтың деформация модулі 1261-ден 6895 кПа дейін, ал сығылу коэффициенті сәйкесінше 0,00011-ден 0,00085 м<sup>2</sup>/кН аралығында екенін көрсетті. Сығылу дәрежесі бойынша бұл топырақтар, жоғары сығымдану және жоғары деңгейдегі жылжуға бейім, топырақ ретінде жіктеледі. Жүргізілген зерттеуден келесі аталған тұжырымдарды жасауға болады:

- топырақтың серпімді-созылымдылық қасиеттеріне байланысты, серпімді жартылай кеңістік моделінің топырақтың кернеулі-деформацияланған күйін есептеуде, дәстүрлі әдістер қолдану дұрыс емес;

- әртүрлі тәсілдермен (соның ішінде жаңа материалдар мен технологияларды қолдана отырып), күшейтілген әлсіз негіздегі үйінділердің кернеулі-деформацияланған күйін есептеу үшін, сандық әдістерді және элементтердің соңғы беріктігі (FEM) модельдері әдісін қолданған жөн;

- әртүрлі биіктіктегі (1-ден 12 м дейін қоса алғанда), үйінділердің кернеулі-деформацияланған жай-күйінің жаппай есептеулері, әлсіз негіздің қуаты 1-ден 6 м дейін болған кезде, ені 4 м болатын үйінділердің екі жақты бермаларының құрылысы, поездық жүктеме кезінде рельстердің ең жоғары тік деформациясының қажетті шамасын, қамтамасыз етпейтінін анықтауға мүмкіндік берді;

- әлсіз негіздегі үйінділердің тұрақты орналасуын, әлсіз негіздегі топырақты толығымен ауыстыру немесе оларды «топырақтағы қабырғалар» әдісі бойынша нығайту арқылы, қамтамасыз етуге болады. Сонымен қатар, «топырақтағы қабырға» құрылысы, пойыздардың қозғалысында үзілісті қажет етпейді, бұл осы әдісті қолдану аясын арттырады;

- тасып әкелінетін су өткізгіш топырақтан тұрғызылған екі жақты бермалар, жер төсемінің негізінің әлсіз топырақ тереңдігінде 1 м дейінгі үйіндінің шөгуіне жол бермейді, бұл жағдайда бәсекелестік нұсқалар - «топырақтағы қабырға» құрылғысы және әкелінетін су сорғыш топырақтың орнына, геоторлар төсеу.

«Топырақтағы қабырға» прогрессивті технологиясын қолдану, магистральдық теміржол желілерінде, жер төсемінің әлсіз негізін күшейту кезінде тиімді, өйткені ол пойыздардың қозғалысын үзуді немесе пойыздардың жүру жылдамдығын шектеуді қажет етпейді.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Witold Bogusz, and Tomasz Godlewski (2019) Geotechnical design of railway embankments – requirements and challenges. MATEC Web of Conferences 262, 11002 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926211002>

- [2] Исаев С.А. (2021) Исследование работы железнодорожной насыпи, пересекающей под разными углами разломы с подвижками поднятия. Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 8 (1). <https://doi.org/10.15862/04SATS121>
- [3] Z. Wu, P.J. Barosh, D. Hu, Z. Wu, X. Zhao, P. Ye, W. Jiang. (2004) Hazards posed by active major faults along the Golmud-Lhasa railway route, Tibetan Plateau, China / – Engineering Geology. V-74, No 3–4.–pp. 163–182. –<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.02.004>
- [4] Rq. Huang, Yr. Li, K. Qu. (2013) Engineering geological assessment for route selection of railway line in geologically active area: A case study in China / Journal of Mountain Science, volume – 10, No 4. – pp. 495–508.<https://doi.org/10.1007/s11629-013-2660-2>
- [5] Doudkin, M.V., Apshikur, B., Kim, A.I., Mlynczak, M., Tungushbayeva, Z.K. (2019). Development of mathematical models describing the processes occurring in the railway track construction as a whole, or in the work of its individual elements// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 5(437), pp. 6–15 DOI: 10.32014/2019.2518-170X.120
- [6] Doudkin, M.V., Apshikur, B., Kim, A.I., Asangaliyev, E.A., Mlynczak, M. (2019). Development of an installation for shear ground testing in the railway track construction// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 6(438), pp. 22–35. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.152
- [7] NC KTZ JSC (2021) INTEGRATED ANNUAL REPORT OF NATIONAL COMPANY KAZAKHSTAN TEMIR ZHOLY JSC FOR 2021. Publishing kase.kz. [https://kase.kz/files/emitters/TMJL/tmjlp\\_2021\\_eng.pdf](https://kase.kz/files/emitters/TMJL/tmjlp_2021_eng.pdf). Accessed 02 June 2023
- [8] Press Service of NC KTZ JSC (2023) Railway transportation of goods between Kazakhstan and China reached a historical maximum in 2022. Publishing <https://railways.kz>. [https://railways.kz/articles/company/news/jd\\_perevozki\\_gruzov\\_mejdu\\_kazakhstanom\\_i\\_kitaem\\_dostigli\\_istoricheskogo\\_maksimuma\\_v\\_2022\\_godu](https://railways.kz/articles/company/news/jd_perevozki_gruzov_mejdu_kazakhstanom_i_kitaem_dostigli_istoricheskogo_maksimuma_v_2022_godu). Accessed 15 May 2023
- [9] Briggs, KM, Loveridge, FA [orcid.org/0000-0002-6688-6305](https://orcid.org/0000-0002-6688-6305) and Glendinning, S (2017) Failures in transport infrastructure embankments. Engineering Geology, 219. pp. 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.07.016>
- [10] Karol Brzeziński, Tomasz Rybicki, and Kazimierz Józefiak. (2018) Analysis of stability of railway embankment including horizontal forces in light of Eurocode. MATEC Web of Conferences 196,03016 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819603016>
- [11] Luo, Q., Wei, M., Lu, Q. et al. (2021) Simplified analytical solution for stress concentration ratio of piled embankments incorporating pile–soil interaction. Rail. Eng. Science 29, 199–210 <https://doi.org/10.1007/s40534-021-00236-z>
- [12] Zhou S, Wang B, Shan Y (2020) Review of research on high-speed railway subgrade settlement in soft soil area. Railw Eng Sci 28:129–145
- [13] Zheng G, Jiang Y, Han J, Liu Y (2011) Performance of Cement-fly Ash-gravel Pile-supported High-speed Railway embankments over soft marine clay. Mar Georesources Geotechnol 29:145–61
- [14] Wang C, Xu Y, Dong P (2014) Working characteristics of concrete-cored deep cement mixing piles under embankments. J Zhejiang Univ Sci A 15:419–31
- [15] Wu L, Jiang G, Ju N (2019) Behavior and numerical evaluation of cement-fly ash-gravel pile-supported embankments over completely decomposed granite soils. Int J Geomech 19:04019048
- [16] Abusharar SW, Zheng J, Chen B, Yin J (2009) A simplified method for analysis of a piled embankment reinforced with geosynthetics. Geotext Geomembran 27:39–52
- [17] Jianbo Fei, Yuxin Jie, Chengyu Hong, Changsuo Yang. (2020) Comparative Analysis of Design Parameters for High-Speed Railway Earthworks in Different Countries and a Unified Definition of Embankment Substructure. The Baltic journal of road and bridge engineering 15(2) <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.476>

[18] Tuan Anh Nguyen, Thang Ngoc Nguyen (2020). Study on Stress Distribution in Soft Ground Consolidated with Deep Cement Mixing Columns under Road Embankment. *Civil Engineering and Architecture*, 8(6), 1251 - 1265 DOI: 10.13189/cea.2020.080609.

[19] Askar Zhussupbekov, Ivan Morev, Abdulla Omarov, Karlygash Borgekova, Gyulnara Zhukenova. (2018). Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan. *International Journal of GEOMATE*, Vol.15, Issue 47, pp.111-117, <https://doi.org/10.21660/2018.47.7363>

[20] Z. Liu, J. Liu, X. Li, and J. Fang. (2019) “Experimental study on the volume and strength change of an unsaturated silty clay upon freezing,” *Cold Regions Science and Technology*, vol. 157, pp. 1–12, View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

[21] V.V. Tret’Yakov, I.B. Petropavlovskaya, V.O. Pevzner, T.I. Gromova, I.V. Tret’Yakov, K.V. Shapet’Ko, I.S. Smelyanskaya (2016) Impact on railway track of cars with increased axle load. *RUSSIAN RAILWAY SCIENCE*, Vol 75, No 4 <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-233-238>

[22] Kosenko, S., Bondar, I., Kvashnin, M., Revyakin, A. (2022) Stress State Assessment of the Rails Switches Under the Influence of Truck with the Axial Load 245 kN. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 403 LNNS, pp. 538–546

[23] Исаенко Е.П., Безруков М.В., Иванов С.Ю., Шайдуллин Ш.Н., Васильев С.П. (2002) Расчеты железнодорожного пути с использованием конечно-элементных моделей. Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородская типография, -215 с.

[24] Yajun Jiang and Sanjay Nimbalkar (2019) Finite Element Modeling of Ballasted Rail Track Capturing Effects of Geosynthetic Inclusions. *Front. Built Environ. Sec. Transportation and Transit Systems*. Volume 5, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00069>

[25] Сергей Дмитриевич (2002) Магистр издательской КАРТОЧКИ «Машиностроение» [https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm\\_11\\_cosmos.html](https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_11_cosmos.html) Дата обращения 05 мая 2023 г.

[26] Wattanapanalai, Thammapot, (2018) «A 3D numerical analysis of the railway to compare the performance of the granular and asphalt trackbeds.». *Electronic Theses and Dissertations*. Paper 2923. <https://doi.org/10.18297/etd/2923>

[27] Жангабылова А., Бихожаева Г., Квашнин М., Курбенова А., Джолдасова К. (2023) Экспериментальное определение динамических характеристик железнодорожного пути, *Физика и Инженеры*, 2023 (1), стр. 102-111

## REFERENCES\*

[1] Witold Bogusz, and Tomasz Godlewski (2019) Geotechnical design of railway embankments – requirements and challenges. *MATEC Web of Conferences* 262, 11002 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926211002>

[2] Isaev S.A. (2021) Issledovanie raboty zheleznodorozhnoj nasypi, peresekajushhej pod raznymi uglami razlomy s podvzhkami podnjatija. *Internet-zhurnal «Transportnye sooruzhenija»*. 8 (1). <https://doi: 10.15862/04SATS121>

[3] Z. Wu, P.J. Barosh, D. Hu, Z. Wu, X. Zhao, P. Ye, W. Jiang. (2004) Hazards posed by active major faults along the Golmud-Lhasa railway route, Tibetan Plateau, China / – *Engineering Geology*. V-74, No 3–4.–pp. 163–182. –<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.02.004>

[4] Rq. Huang, Yr. Li, K. Qu. (2013) Engineering geological assessment for route selection of railway line in geologically active area: A case study in China / *Journal of Mountain Science*, volume – 10, No 4. – pp. 495–508.<https://doi.org/10.1007/s11629-013-2660-2>

[5] Doudkin, M.V., Apshikur, B., Kim, A.I., Mlynczak, M., Tungushbayeva, Z.K. (2019). Development of mathematical models describing the processes occurring in the railway track

construction as a whole, or in the work of its individual elements// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 5(437), pp. 6–15 DOI: 10.32014/2019.2518-170X.120

[6] Doudkin, M.V., Apshikur, B., Kim, A.I., Asangaliyev, E.A., Mlynczak, M. (2019). Development of an installation for shear ground testing in the railway track construction// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 6(438), pp. 22–35. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.152

[7] NC KTZ JSC (2021) INTEGRATED ANNUAL REPORT OF NATIONAL COMPANY KAZAKHSTAN TEMIR ZHOLY JSC FOR 2021. Publishing kase.kz. [https://kase.kz/files/emitters/TMJL/tmjlp\\_2021\\_eng.pdf](https://kase.kz/files/emitters/TMJL/tmjlp_2021_eng.pdf). Accessed 02 June 2023

[8] Press Service of NC KTZ JSC (2023) Railway transportation of goods between Kazakhstan and China reached a historical maximum in 2022. Publishing <https://railways.kz>. [https://railways.kz/articles/company/news/jd\\_perevozki\\_gruzov\\_mejdu\\_kazakhstanom\\_i\\_kitaem\\_dostigli\\_istoricheskogo\\_maksimuma\\_v\\_2022\\_godu](https://railways.kz/articles/company/news/jd_perevozki_gruzov_mejdu_kazakhstanom_i_kitaem_dostigli_istoricheskogo_maksimuma_v_2022_godu). Accessed 15 May 2023

[9] Briggs, KM, Loveridge, FA [orcid.org/0000-0002-6688-6305](https://orcid.org/0000-0002-6688-6305) and Glendinning, S (2017) Failures in transport infrastructure embankments. *Engineering Geology*, 219. pp. 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.07.016>

[10] Karol Brzeziński, Tomasz Rybicki, and Kazimierz Józefiak. (2018) Analysis of stability of railway embankment including horizontal forces in light of Eurocode. MATEC Web of Conferences 196,03016 <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819603016>

[11] Luo, Q., Wei, M., Lu, Q. et al. (2021) Simplified analytical solution for stress concentration ratio of piled embankments incorporating pile–soil interaction. *Rail. Eng. Science* 29, 199–210 <https://doi.org/10.1007/s40534-021-00236-z>

[12] Zhou S, Wang B, Shan Y (2020) Review of research on high-speed railway subgrade settlement in soft soil area. *Railw Eng Sci* 28:129–145

[13] Zheng G, Jiang Y, Han J, Liu Y (2011) Performance of Cement-fly Ash-gravel Pile-supported High-speed Railway embankments over soft marine clay. *Mar Georesources Geotechnol* 29:145–61

[14] Wang C, Xu Y, Dong P (2014) Working characteristics of concrete-cored deep cement mixing piles under embankments. *J Zhejiang Univ Sci A* 15:419–31

[15] Wu L, Jiang G, Ju N (2019) Behavior and numerical evaluation of cement-fly ash-gravel pile-supported embankments over completely decomposed granite soils. *Int J Geomech* 19:04019048

[16] Abusharar SW, Zheng J, Chen B, Yin J (2009) A simplified method for analysis of a piled embankment reinforced with geosynthetics. *Geotext Geomembran* 27:39–52

[17] Jianbo Fei, Yuxin Jie, Chengyu Hong, Changsuo Yang. (2020) Comparative Analysis of Design Parameters for High-Speed Railway Earthworks in Different Countries and a Unified Definition of Embankment Substructure. *The Baltic journal of road and bridge engineering* 15(2) <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.476>

[18] Tuan Anh Nguyen, Thang Ngoc Nguyen (2020). Study on Stress Distribution in Soft Ground Consolidated with Deep Cement Mixing Columns under Road Embankment. *Civil Engineering and Architecture*, 8(6), 1251 - 1265 DOI: 10.13189/cea.2020.080609.

[19] Askar Zhussupbekov, Ivan Morev, Abdulla Omarov, Karlygash Borgekova, Gyulnara Zhukenova. (2018). Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan. *International Journal of GEOMATE*, Vol.15, Issue 47, pp.111-117, <https://doi.org/10.21660/2018.47.7363>

[20] Z. Liu, J. Liu, X. Li, and J. Fang. (2019) “Experimental study on the volume and strength change of an unsaturated silty clay upon freezing,” *Cold Regions Science and Technology*, vol. 157, pp. 1–12, View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

[21] V.V. Tret’Yakov, I.B. Petropavlovskaya, V.O. Pevzner, T.I. Gromova, I.V. Tret’Yakov, K.V. Shapet’Ko, I.S. Smelyanskaya (2016) Impact on railway track of cars with

increased axle load. RUSSIAN RAILWAY SCIENCE, Vol 75, No 4  
<https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-233-238>

[22] Kosenko, S., Bondar, I., Kvashnin, M., Revyakin, A. (2022) Stress State Assessment of the Rails Switches Under the Influence of Truck with the Axial Load 245 kN. Lecture Notes in Networks and Systems, 403 LNNS, pp. 538–546

[23] Isaenko E.P., Bezrukov M.V., Ivanov S.Ju., Shajdullin Sh.N., Vasil'ev S.P. (2002) Raschety zheleznodorozhnogo puti s ispol'zovaniem konechno-jelementnyh modelej. Uchebnoe posobie. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskaja tipografija, -215 s.

[24] Yajun Jiang and Sanjay Nimbalkar (2019) Finite Element Modeling of Ballasted Rail Track Capturing Effects of Geosynthetic Inclusions. Front. Built Environ. Sec. Transportation and Transit Systems. Volume 5, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00069>

[25] Sergej Dmitrievich (2002) Magistr izdatel'skoj KARTOChKI «Mashinostroenie» [https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm\\_11\\_cosmos.html](https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_11_cosmos.html) Data obrashhenija 05 maja 2023 g.

[26] Wattanapanalai, Thammapot, (2018) «A 3D numerical analysis of the railway to compare the performance of the granular and asphalt trackbeds.». Electronic Theses and Dissertations. Paper 2923. <https://doi.org/10.18297/etd/2923>

[27] Zhangabylova A., Bihozhaeva G., Kvashnin M., Kurbenova A., Dzholdasova K. (2023) Jeksperimental'noe opredelenie dinamicheskikh harakteristik zheleznodorozhnogo puti, Fizika i Inzheneriy, 2023 (1), str. 102-111

**Baitak Apshikur**, candidate of technical sciences, professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust Kamenogorsk Kazakhstan, [bake.ab@mail.ru](mailto:bake.ab@mail.ru)

**Murat Alimkulov**, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty Kazakhstan, [alimkulov\\_murat@mail.ru](mailto:alimkulov_murat@mail.ru)

**Azamat Kapasov**, master, lecturer, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust Kamenogorsk Kazakhstan, [azamat040594@mail.ru](mailto:azamat040594@mail.ru).

**Anatolij Goltcev**, candidate of technical sciences, associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust Kamenogorsk Kazakhstan, [AGoltsev-vko@mail.ru](mailto:AGoltsev-vko@mail.ru)

**Valerij Chernavin**, candidate of technical sciences, associate professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust Kamenogorsk Kazakhstan, [VChernavin58@mail.ru](mailto:VChernavin58@mail.ru)

## AN EFFECTIVE WAY TO STOP THE DEFORMATION DISPLACEMENT OF ROAD EMBANKMENTS BUILT FROM WEAK SOIL PRONE TO SUBSIDENCE

**Abstract.** The article is an effective method for stopping vertical shear processes arising in connection with precipitation of artificial structures from weak soil in railway construction, an increase in train traffic and axial load and different heights of railway embankments, calculation of the stress-strain state of dumps on a weak foundation, models and calculations of the application of the quantitative method of the final strength of elements in the software package, with specific empirical data is quoted. Also, the design models provide for the operation of dumps on a weak base with a capacity of 1m and 6m, a height of 1-3-12 m. This is due to the fact that rail transportation has been especially increased in the regions of Kazakhstan, reports the People's Republic of China «Alashankou- The development of measures to strengthen the weak foundation of the earthwork of the railways of Kazakhstan, taking into account all the main ranges of the height of embankments on a weak foundation and the capacities of the weak foundation of roads between the direction of «Almaty», the study of the influence of static, vibrodynamic loads on the deformation characteristics of clay soils and the stress-strain state of railway embankments, was carried out at the practical, laboratory level, the calculation of the deformed state of dumps on a weak foundation, without taking into account the filtration

consolidation of soil and the time factor, mass calculations of the stress-strain state of the pile variants on a weak base with the models of the final strength of the element developed by the authors were performed, engineering solutions with concrete evidence were proposed.

**Keywords.** Railway pile, Earth cover, Geomechanics, Stress-strain state, module for calculating the ultimate strength of elements, COSMOS/M

**Байтак Апшикур**, к.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, bake.ab@mail.ru

**Мурат Алимкулов**, к.т.н., ассоциированный профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, alimkulov\_murat@mail.ru

**Азамат Капасов**, магистр, преподаватель, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, azamat040594@mail.ru

**Анатолий Гольцев**, к.т.н., ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, AGoltsev-vko@mail.ru

**Валерий Чернавин**, к.т.н., ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, VChernavin58@mail.ru

## **ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОСТАНОВИТЬ ДЕФОРМАЦИОННОЕ СМЕЩЕНИЕ ДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ СЛАБОГО ГРУНТА, СКЛОННОГО К ОСЕДАНИЮ**

**Аннотация.** В статье предложен эффективный способ остановки процессов вертикального перемещения, вызванных атмосферными осадками, увеличением интенсивности движения поездов, осевой нагрузки и разной высоты железнодорожных свай искусственных сооружений, сооружаемых из слабых грунтов в железнодорожном строительстве, расчет напряженно-деформационных воздействий. состояние свай со слабым фундаментом, численный метод предела прочности элементов, модели и расчеты применения в программном комплексе, приведенные с реальными эмпирическими данными. Также в расчетных моделях предусмотрена работа слабых фундаментных свай высотой 1 м и 6 м высотой 1-3-12 м. С учетом дальности и прочности слабого фундамента разрабатываются мероприятия по усилению слабого фундамента. почвенного покрова железных дорог Казахстана, изучение влияния статических и вибродинамических нагрузок на деформационные характеристики глинистых грунтов и напряженно-деформированное состояние железнодорожных свай, проводимое на практическом, лабораторном уровне, расчет напряженно-деформированного состояния свай на фундаменте, массовые расчеты напряженно-деформированного состояния свай со слабыми фундаментами выполнены с использованием разработанных авторами предельных прочностных моделей элемента без учета фильтрационного уплотнения грунта и фактора времени, а также инженерного решения были предложены с конкретными доказательствами.

**Ключевые слова.** Железнодорожная свая, Земляное покрытие, Геомеханика, Напряженно-деформированное состояние, модуль расчета предела прочности элементов, COSMOS/M.

\*\*\*\*\*