



Шолу мақала

<https://doi.org/10.32523/3136-3385-2026-155-2-228-244>

Теміржол тасымалында тігінен бөлінген басқару құрылымы жағдайындағы қауіпсіздік тәуекелдерін сәйкестендіру әдістері

Н.А.Токмурзина¹ , Т.А.Токмурзин¹ , С.С.Абдуллаев¹ 
Ғ.Б.Бақыт^{*2} , О.Г. Киселёва¹ 

¹*Satbayev University, Алматы, Қазақстан*

²*Мұхаметжан Тынышбаев атындағы АЛТ Университеті, Алматы, Қазақстан*

*E mail: seidulla@mail.ru, n.tokmurzina@satbayev.university,
timur93tokmurzin@gmail.com, *gaba_b@bk.ru*

Аңдатпа. Қазақстан Республикасында теміржол тасымалы нарығын либерализациялау жаңа жеке тасымалдаушылардың пайда болуына және «Қазақстан темір жолы» ұлттық компаниясы» акционерлік қоғамы атынан олардың ұлттық тасымалдаушымен бәсекелестігінің күшеюіне алып келеді. Мақала тасымалдау саласында басқару тәсілін ескере отырып, қауіпсіздік бойынша тәуекелдерді талдау және әсер ететін негізгі себептерді анықтауға бағытталған. Бұл процесс саланың ұйымдық құрылымын өзгертуден басқа, қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесіне қойылатын талаптарды күшейтеді. Мұндай жағдайларда әрбір тасымалдаушы қызметінің ерекшеліктерін ескеретін, сондай-ақ бірыңғай қағидаттарға негізделген тәуекелдерді басқару тәсілдерін әзірлеу өзекті болып табылады. Зерттеудің мақсаты – қозғалыс қауіпсіздігі саласындағы тәуекелдерді басқару процестерін жетілдіру және тігінен бөлінген басқару құрылымы жағдайында жұмыс істейтін тасымалдаушылар үшін әдістемелік ұсынымдар әзірлеу болып табылады. Зерттеу барысында қозғалыс қауіпсіздігін реттейтін нормативтік-құқықтық базаға кешенді талдау жүргізілді, жекелеген тасымалдаушыларда қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесінің қалыптасуы мен дамуына кедергі келтіретін институционалдық және ұйымдастырушылық факторлар анықталды. Тәуекелдерді анықтау, бағалау және бақылаудың қолданыстағы әдістері салыстырмалы талдау негізінде қарастырылды. Нәтижесінде тасымалдаушылар қызметінің сипатын ескеретін ықтимал тәуекелдерді жіктеу және сипаттау бойынша әдістемелік тәсіл ұсынылды.

Түйінді сөздер: локомотивтердің сенімділігі, пойыз қозғалысының қауіпсіздігі, компоненттердің істен шығуы, істен шығуды болжау, тәуекелге негізделген басқару, қозғалыс қауіпсіздігін басқару.

Кіріспе

Теміржол компаниясын басқару модельдері. Теміржол саласындағы технологиялық қызметтің негізгі түрлері:

- инфрақұрылымды және жылжымалы құрамды ұстау және пайдалану;
- тасымалдау қызметі.

Осы екі қызмет бір ұйымда біріктірілгеніне немесе біріктірілмегеніне байланысты теміржол жүйесі тігінен біріктірілген (интеграцияланған компаниялардың тік жұмысымен) немесе тігінен бөлінген (жеке тасымалдаушылар мен жеке инфрақұрылым иелерінің жұмысымен) [1].

Қазіргі уақытта «ҚТЖ» ҰК» АҚ тігінен интеграцияланған компания болып табылады, дегенмен 2018 жылдан бастап Ұлттық холдингті инфрақұрылым операторының функциясын бөле отырып, көлік-логистикалық компанияға айналдыру процесі басталды.

Қазақстанның магистральдық теміржол желісі мемлекет басқаруында болғандықтан, жеке тасымалдаушылар әрқашан тігінен бөлінген басқару құрылымына ие болады.

Тік бөлу моделі тасымалдау қызметінен бөлінген бірыңғай инфрақұрылымды пайдаланатын мамандандырылған тасымалдаушылар арасындағы бәсекелестікті болжайды. Еуропалық Одаққа (ЕО) мүше мемлекеттерде тік бөлу моделі («еуропалық модель») таратылды..

1-кесте. Теміржол компаниясының құрылымдық ұйымының модельдерінің сипаттамасы

№	Мемлекеттер	Тасымалдауды құрылымдық ұйымдастырудың модельдері	
		тік интеграция	тік бөлу
1	АҚШ	✓	
2	ЕО		✓
5	Швеция		✓
6	Ұлыбритания		✓
7	Дания		✓
8	Ресей	✓	бөлу процесінде
10	Қытай	✓	
11	Қазақстан	✓	бөлу процесінде

1-кестеге ескертпе:

-тік интеграция-бір компания инфрақұрылымға ие және тасымалдауды жүзеге асырады.

-тік бөлу-инфрақұрылым мен тасымалдау функциялары әртүрлі субъектілер арасында бөлінеді.

Инфрақұрылымның меншігіне қарамастан, тасымалдаушылар арасындағы бәсекелестік инфрақұрылымға кепілді кемсітусіз қол жеткізу жағдайында ғана болуы мүмкін. Бұл ретте инфрақұрылымы бар компанияның қызметін мемлекет табиғи-монополиялық ретінде реттей алады [2]. Егер инфрақұрылым тасымалдаушылардың біріне тиесілі болса (басқалармен қатар, ол пойыздардың қозғалысын басқаруға жауап береді және өткізу қабілеттілігінің таралуына әсер етуі мүмкін), онда бәсекелес тасымалдаушылардың жұмысын әртүрлі тәсілдермен шектеуге ынталандырулар пайда болады. Сондықтан инфрақұрылымды тасымалдау қызметінен толық

ұйымдастырушылық бөлу тасымалдаушылардың инфрақұрылымға кемсітусіз қол жеткізуіне үлкен кепілдік беру үшін қолданылады.

1-кестеде кейбір елдердің теміржол саласын басқарудың қабылданған модельдері туралы мәліметтер келтірілген. Әлемде саланы құрылымдық ұйымдастырудың әртүрлі модельдері жұмыс істейді – толық интеграцияланған мемлекеттік монополиялардан бастап, функциялары бөлінген нарықтарға дейін.

Қазіргі уақытта теміржол көлігінде тасымалдау қызметтері жүзеге асырылады:

Қазіргі уақытта теміржол көлігінде тасымалдау қызметтері жүзеге асырылады:

- «Жүк тасымалы» ЖШС атынан Ұлттық жүк тасымалдаушы («ҚТЖ» ҰК» АҚ-ның еншілес кәсіпорны);

- «Жолаушылар тасымалы» АҚ атынан жолаушылардың ұлттық тасымалдаушысы («ҚТЖ» ҰК» АҚ-ның еншілес кәсіпорны);

- жеке жүк тасымалдаушылар: «Dar Rail» ЖШС, «TTT service» ЖШС;

- жеке жолаушылар тасымалдаушылары: 18 компания.

Осылайша, Қазақстанда теміржол көлігінде жүктерді және жолаушыларды тасымалдау бойынша қызметтерді басқару құрылымы тігінен бөлінген 20 жеке тасымалдаушы ұсынады. Көлік қызметтері нарығын одан әрі ырықтандыруға байланысты тасымалдаушылар саны артуы мүмкін.

Меншік нысанына қарамастан тасымалдаушыларда қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесі (ҚҚБЖ) болуы және қауіпсіздік сертификатын алу мақсатында уәкілетті орган тарапынан ҚҚБЖ-ның мерзімді сыртқы аудитінен өтуі тиіс. Тасымалдаушылардың ҚҚБЖ-сына қойылатын талаптардың бірі – бағалау мен басқарудың тәуекелге бағдарланған принципі.

Нормативтік-құқықтық шектеулер. Бірқатар мемлекеттерде қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесіне қойылатын талаптарды егжей-тегжейлі реттеу жоқ. Мысалы, Қазақстанда «Теміржол көлігі туралы» Заңға [3] және теміржол көлігіндегі қолданыстағы қауіпсіздік Ережелеріне [4] сәйкес тасымалдаушылар өздерінің ҚҚБЖ-сын әзірлеуге міндетті, алайда қауіпсіздіктің бірыңғай көрсеткіштері мен оларға қол жеткізу әдістері нормативтік түрде анықталмаған. Сол сияқты, ұлттық заңнамада тасымалдаушының ҚҚБЖ-сының нәтижелілігін, тиімділігін және жетілуін бағалаудың нақты критерийлері жоқ, бұл тасымалдаушының қызметін қауіпсіздік пен тұрақтылық тұрғысынан сапалы бағалау процесін қиындатады [5]. Нәтижесінде, әрбір ұйым ҚҚБЖ аудитінің метрикасы мен рәсімдерінің жүйесін дербес қалыптастырады, бұл тәуекелдерді салыстыруды қиындатады және оларды азайту стратегиясымен келісілген тәсілдердің дамуына жол бермейді. Ресей Федерациясында теміржол қауіпсіздігі туралы Федералды заң сияқты тиісті құқықтық актілер негізінен декларативті болып табылады және тәуекелдерді басқарудың нақты алгоритмдерін немесе тасымалдаушыны басқарудың құрылымдық модельдерін ескеретін проактивті талдау талаптарын қарастырмайды.

Еуропалық стандарттардың Қазақстанның нормативтік базасына интеграциялануына қатысты ішінара бейімделу ғана байқалады. Еуропалық Одақта 2004 жылдан бастап 2004/49/ЕС «Теміржолдағы қауіпсіздік туралы» директивасы бар [6], тәуекелдерді бағалаудың жалпы әдістерін (CSM-RA) қолдануды қоса алғанда, тәуекелге бағытталған ҚҚБЖ енгізуді белгілейді [7]. ТМД елдерінде бұл принциптер ұлттық реттеуде ресми түрде көрсетілген немесе әлі нормативтік базаға интеграцияланбаған. Нәтижесінде нормативтік реттеу фрагментті болып қалады: проактивті қауіпсіздікті басқарудың тиімділігіне теріс әсер ететін бірыңғай қолдану ережелері (CSM-RA) және тәуекелдерді бақылау жоқ.

Мемлекеттік және жеке тасымалдаушылар арасындағы айырмашылық

1) Деректер мен ресурстарға қол жеткізу. «Ресей темір жолдары» АҚ және «ҚТЖ» ҰК» АҚ сияқты ұлттық холдингтер техникалық жай-күйді мониторингілеу және тәуекелдерді талдау үшін мамандандырылған деректер орталықтары мен талдамалық платформаларды қамтитын қозғалыс қауіпсіздігін басқарудың дамыған корпоративтік инфрақұрылымына ие. Олардан айырмашылығы, жеке тасымалдаушылар көбінесе заманауи IT-ресурстарға қол жетімділікпен шектеледі және жеңілдетілген немесе фрагментті шешімдерді қолдануға мәжбүр болады, бұл олардың жедел бақылау және қауіптерді белсенді басқару қабілетін төмендетеді.

2) ҚҚБЖ жетілу деңгейі. Ұлттық тасымалдаушылар халықаралық стандарттарға (мысалы, ISO, CSM-RA стандарттары) сәйкес келетін ресімделген ҚҚБЖ-ны бірінші болып енгізді және кешенді басқару процедураларын әзірледі. Жеке компаниялар, керісінше, көбінесе ҚҚБЖ-ның базалық элементтерін қалыптастыру сатысында болады. Қазақстанда ҚҚБЖ-ның болуына қойылатын нормативтік талаптар негізінен тасымалдаушыларға қолданылады, ал кірме жолдардың жеке иелері, инфрақұрылым және жылжымалы құрам объектілерін техникалық ұстау және жөндеу қызметтерін көрсететін кәсіпорындар, жылжымалы құрам операторлары, экспедиторлар мұндай міндеттемелерден ресми түрде босатылады.

3) Құжатталған шараларды енгізу деңгейі. Ұлттық және халықаралық қауіпсіздік тұжырымдамаларына біріктірілген ірі тасымалдаушылар тәуекелге бағдарланған бағалау және басқару процестерін стандарттауға және біріздендіруге ықпал ететін тәсілдер. Жеке тасымалдаушылар көбінесе осы процестерді енгізуден артта қалады, бұл олардың ҚҚБЖ-сының жетілу деңгейінің төмендігіне және тәуекелдерді басқару тәжірибесіне әкеледі. Статистикалық деректер жеке тасымалдаушылар мен тасымалдау процесінің басқа қатысушыларының үлесіне қозғалыс қауіпсіздігін бұзушылықтардың көпшілігі тиесілі екенін растайды, бұл олардың ҚҚБЖ жетілдіру қажеттілігін көрсетеді [5, 8].

«ҚТЖ» ҰК» АҚ (2024) [9, 10] жыл сайынғы есебіне сәйкес, бір жыл ішінде барлығы 717 қауіпсіздік бұзушылықтары тіркелген: бұл ретте «ҚТЖ» ҰК» АҚ-ның өзі жол берген бұзушылықтардың тек 15 %-ы, қалған 85%-ы тасымалдау процесінің басқа қатысушыларымен (көптеген жеке тасымалдаушыларды қоса алғанда) байланысты. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету саласындағы нормативтік базаның жетілмегендігі, бірыңғай көрсеткіштердің болмауы және ҚҚБЖ бағалау әдістемесі елеулі әкімшілік кедергі болып табылады. Жеке тасымалдаушылар санының өсуі тәуекелдерді белсенді басқарудың үйлестірілген құралдарының болмауымен қатар жүретін жағдай байқалады. Жеке тасымалдаушылар интегралды түрде бөлінгендіктен, оларға ЕО тәсілдерін қолдануды ұсынуға болады [11]. Еуропалық Одақта 2004/49/ЕС директивасымен [6] теміржол тасымалдаушыларының ҚҚБЖ талаптарының бірыңғай жүйесі енгізілді. CSM-RA ережесі [7] жүйедегі кез келген өзгерістер кезінде тәуекелдерді бағалаудың бірыңғай «жалпы әдісін» анықтайды. Бұл ЕО елдеріндегі белсенді тәуекел-менеджментті стандарттауға ықпал етеді: әрбір ірі оператор қауіптерді жалпы әдістемелер бойынша үнемі талдап отыруы тиіс. Салыстыру үшін, Қазақстанда мұндай регламенттердің болмауы ҚҚБЖ иелеріне (мысалы, жеке тасымалдаушыларға) бірыңғай талдау құралдары берілмейтінін білдіреді, бұл алдын алу шараларының тиімділігін төмендетеді. Зерттеудің ғылыми жаңалығы теміржол тасымалын басқарудың тігінен бөлінген құрылымы жағдайында поездар қозғалысы қауіпсіздігінің тәуекелдерін сәйкестендірудің жүйелі тәсілін әзірлеу

болып табылады. Ұсынылған тәсіл жеке тасымалдаушылар қызметінің ерекшеліктерін ескереді және ішкі және сыртқы факторлар бойынша операциялық тәуекелдерді құрылымдауға мүмкіндік береді. Халықаралық стандарттарды (ISO 31000, CSM-RA) және қолданыстағы тәжірибені талдау негізінде тәуекелдерді анықтау мен жіктеудің әдістемелік схемасы әзірленді. Бұл тәсіл қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесін жетілдіруге және қабылданған басқару шешімдерінің негізділігін арттыруға ықпал етеді.

Ұсынылған әдістемелік тәсілдер іс жүзінде теміржол тасымалдаушыларының қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйелерін (ҚҚБЖ) әзірлеу және жетілдіру кезінде қолданылуы мүмкін. Атап айтқанда, ұсынылған тәуекелдерді жіктеу және сәйкестендіру рәсімі тәуекелдер тізілімін қалыптастыру, ішкі қауіпсіздік аудиттерін жүргізу және тәуекелдерді басқарудың басым бағыттарын айқындау кезінде пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, жеке тасымалдаушының жүк тасымалын пайдалану кезінде техника локомотивтер мен вагондардың техникалық жағдайына, технологиялық процестердің бұзылуына немесе персоналдың біліктілігінің жеткіліксіздігіне байланысты тәуекелдерді анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, тасымалдаушының инфрақұрылым операторымен өзара әрекеттесуі кезінде бұл тәсіл дабыл ақауларынан, өткізу қабілеттілігінің шектеулерінен немесе қолайсыз ауа-райынан туындайтын тәуекелдерді бағалау үшін қолданылуы мүмкін. Ұсынылған әдістерді қолдану қауіпті факторларды жүйелі түрде анықтауға, алдын алу шараларын жоспарлауға және сол арқылы пойыздардың қозғалыс қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

ҚҚБЖ-ға тәуекелдерді басқарудың жүйелі әдістерін енгізу халықаралық және ұлттық заңнаманың міндетті талабы болып табылады. Мысалы, 2004/49/ЕС директивасы [12] теміржол компаниясында тәуекелдерді бағалау және пайдалану жағдайларының өзгеруін бақылау шараларын енгізу процедурасы болуы керек деп қарастырады. Осыған ұқсас талаптар Қазақстан Республикасының заңнамасында бекітілген, онда «... тасымалдау процесіне қатысушылар ұйымдастыру және техникалық шаралар кешенін жүзеге асыру арқылы қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді» делінген. CSM-RA әдіснамасына сәйкес (ЕО тәуекелдерін бағалаудың жалпы әдістемесі) [13] компания жұмысындағы өзгерістерді басқару кезінде «CSM-RA қолдану арқылы жаңа ЕО тәуекелдерін анықтау және оларға жауап беру» қажет, ал ҚҚБЖ осы тәуекелдерді бағалау мен бақылаудың рәсімделген процедураларына ие болуы керек. Осылайша, тәуекелдерді анықтау – бұл «тәуекелдерді табу, тану және сипаттау» процесі. Бұл процесс қауіпсіздікті тиімді басқарудың негізі болып табылады.

Бұл жұмыста тігінен бөлінген басқару құрылымы бар тасымалдаушыларға қатысты темір жолдардағы қауіптерді анықтау және қауіпсіздік тәуекелдерін сәйкестендіру тәсілі талданды. Жұмыста қауіптер мен тәуекелдерді жіктеу жүйесі сипатталған, жүйелік құралдарды қолдану бойынша ұсыныстар берілген.

Әдеби шолу

Теміржол тасымалдаушы компаниялары жүктер мен жолаушыларды тасымалдау кезінде қызмет көрсету кезінде әртүрлі тәуекелдерге тап болады. Тәуекелдер басқарудың барлық деңгейлерінде пайда болуы мүмкін және көлік нарығында белгілі бір ерекшеліктерге ие. Сондықтан оларды уақтылы анықтау және олардың салдарын азайту маңызды.

Ғылыми әдебиеттердегі тәуекел ұғымы айтарлықтай эволюциядан өтті: оны зиян, теріс салдар немесе шығындар ретінде түсіндіруден – тәуекелді компанияның қызметіне

әсер етуі мүмкін оқиғаның пайда болу ықтималдығы ретінде түсіндіруге және одан әрі – тәуекелді кәсіпорынның мақсаттарына жетудегі белгісіздік ретінде түсінуге дейін [12, 13].

Теміржол көлігіне қатысты тәуекел «Зиян келтіру оқиғасының ықтималдығы мен осы зиянның ауырлығының үйлесімі» [14] немесе «Оқиға ықтималдығы мен оның салдарының үйлесімі» [15] ретінде анықталады.

Халықаралық стандарттау ұйымының анықтамасына сәйкес, тәуекел «белгісіздіктің қойылған мақсаттарға қол жеткізуге әсерінің салдары» болып табылады, ол іске асырылған кезде ұйымның мақсаттарына жету үшін оң, теріс немесе екіұшты салдарға әкелуі мүмкін [16]. Белгісіздік әсерінен күтілетін нәтижеден немесе оқиғадан ауытқу түсініледі.

Тәуекелдің пайда болуы қызмет барысында туындайтын күтпеген жағдайларға немесе жоспарланған оқиғалардың күтілетін сценарийден ауытқуына байланысты. Бұл ғылыми қоғамдастықта қауіптер, мүмкіндіктер және белгісіз салдарлар сияқты тәуекел аспектілерінің арақатынасына қатысты бірыңғай ұстаным жоқ [17].

Тәуекелдерді басқару процесінің бастапқы кезеңі ықтимал қауіпті оқиғаларды анықтау болып табылады, бұл Компанияның қызметіне әсер етуі мүмкін тәуекелдер тізімін қалыптастыруды және кейінгі бағалау мен талдауды қамтиды. Тәуекелдерді басқару үздіксіз болуы керек, өйткені ұйымның бүкіл өмірлік циклінде жаңа тәуекелдер пайда болуы мүмкін, тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін үнемі бақылау мен бақылауды қажет етеді [18].

Тәуекелдерді дұрыс жіктеу және сәйкестендірудің толықтығы қауіптер тізілімін қалыптастыру, басқарушылық басымдықтарды таңдау және тәуекелдерді бағалау әдістерін қолдану үшін қажет. Бұл кезеңде егжей-тегжейлердің жеткіліксіздігі ҚҚБЖ тиімділігін төмендетеді.

Жекелеген зерттеулердің эмпирикалық бөлімінде қозғалыс қауіпсіздігіне, жылжымалы құрамның техникалық жағдайына және адам факторына байланысты он негізгі операциялық тәуекел көрсетілген. Оларды бағалау үшін ықтималдық пен салдарды сараптамалық бағалауға негізделген тәуекел индексі мен тәуекел матрицасының әдістері қолданылды. Алынған нәтижелер тәуекелдерді басқару стратегиялары бойынша жіктеуге (жою, беру, өңдеу) және нақты ұсынуға мүмкіндік берді оларды азайту бойынша іс-шаралар. Авторлар көптеген тәуекелдердің жоғары маңыздылығы және белсенді басқарушылық араласу қажеттілігі туралы қорытынды жасайды; ұсынылған алгоритм тасымалдаушы компаниялар үшін олардың қызметінің ерекшелігіне қарамастан әмбебап болып табылады. Қауіпсіздік үшін қауіп факторлары пойыздарды пайдалану кезінде әртүрлі адамдардың, машиналардың, материалдардың және қоршаған ортаның салдарынан пайдалану апаттарына әкелетін факторларға жатады [15].

Әдіснама

Тәуекелдерді анықтау – бұл бір реттік іс-шара емес, мақсатқа және қажеттілікке байланысты мезгіл-мезгіл немесе үздіксіз жүзеге асырылатын қызмет. Теміржол тасымалдаушыларының операциялық тәуекелдерін анықтау үшін жұмыс барысында бірнеше әдістер қолданылды.

ҚҚБЖ-да тәуекелдерді анықтау үшін тасымалдау процесінің барлық элементтерін кешенді талдауға негізделген жүйелік тәсіл қолданылады. Бірінші кезеңде талдаудың мақсаттары мен шекаралары анықталады, мысалы, теміржол желісінің белгілі бір бөлігінде

жолаушылар немесе жүк пойыздарының қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Бұдан әрі рәсімдердің реттілігі іске асырылады: алдыңғы оқиғалар, бұзушылықтар және операциялық деректер туралы ақпаратты жинау және талдау жүзеге асырылады; сауалнамалар, ми шабуылдары және қолданыстағы рәсімдерді талдау арқылы сараптамалық қоғамдастықты тарта отырып, қауіп факторларын анықтау жүргізіледі; тәуекелдерді белгіленген критерийлер бойынша топтастыру және жіктеу жүзеге асырылады.

Жүйелік талдау құралдары ретінде келесі әдістер қолданылады:

- Исикава диаграммасы (себеп-салдарлық диаграмма) жасырын қауіп факторларын анықтауға ықпал ететін апаттық оқиғалардың ықтимал салдары (мысалы, пойыз апаты) мен себептер санаттары (бас тарту, қызметкерлердің қателіктері және т.б.) арасындағы байланысты визуализациялауға мүмкіндік береді.

- Delphi әдісі және миға шабуыл жасау олардың кәсіби тәжірибесіне сүйене отырып, ықтимал қауіптер туралы сарапшылардың пікірлері мен пікірлерін жинауды қамтамасыз етеді.

- FMEA (істен шығу түрлері мен салдарын талдау) негізгі объектілерді (локомотив, вагон, дабыл жүйесі және т.б.) жүйелі түрде қарауды, істен шығудың ықтимал сценарийлерін және олардың тасымалдау процесінің қауіпсіздігі үшін салдарын анықтауды көздейді.

- Оқиға ағашы мен сәтсіздік ағашын құру әдістері төтенше жағдайлардың дамуының логикалық схемаларын құру үшін қолданылады, бұл тәуекел факторларының әр түрлі комбинациясының ықтималдығын сандық бағалауға мүмкіндік береді.

- SWOT және PEST талдаулары сыртқы және ішкі факторларды кешенді бағалау үшін қолданылады қозғалыс қауіпсіздігінің деңгейіне әсер ету.

Зерттеу барысында бірнеше жеке тасымалдаушылар мен «ҚТЖ» ҰК» АҚ өкілдерінен сауалнама жүргізілді, олар зерттеу үшін тәуекелдердің ішкі тізімдерін, басшылықтың тексеру туралы есептерін, жылдық есептерді және қауіпсіздік аудиті туралы есептерді ұсынды. Барлық мүдделі тараптарды тарту Тәуекелдерді жіктеу және сәйкестендіру кезеңін сәтті орындау үшін қажетті шарт болып табылады.

Осы зерттеуде бенчмаркингті қолдану мақсаттары тәуекел санаттарының иерархиясын құруға, халықаралық стандарттармен (European Union Agency for Railways (ERA), International Union of railways (UIC) салыстыруды қамтамасыз етуге және табысты модельдерді ұлттық жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік беретін құрылымдық ұқсастықтарды, әдіснамалық үлгілерді және ақпараттық олқылықтарды анықтауды қамтиды.

Эталондық зерттеулер тәуекелдердің негізгі типологиясын анықтады: техникалық, мінез-құлық, ұйымдастырушылық, инфрақұрылымдық (сыртқы), экзогендік.

Осылайша, бенчмаркинг құрылымдық салыстыруды және тәуекелдерді жіктеудің нормативтік тұрақтылығын қамтамасыз етеді, қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйесінің ашықтығы мен қайталануына ықпал етеді. Басқару құрылымы тігінен бөлінген теміржол тасымалдаушыларының ҚҚБЖ үшін қолданылатын «Қозғалыс қауіпсіздігі тәуекелдерін сәйкестендіру» процесін әзірлеуге арналған әдістемелік ұсынымдар.

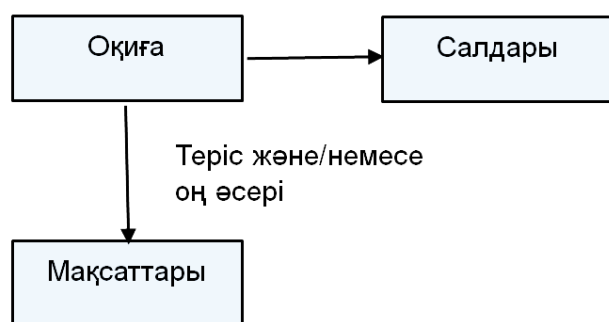
Бұл әдістемелік ұсынымдар халықаралық стандарттардың (ISO 31000, CSM-RA), нормативтік-техникалық құжаттардың (ERA, UIC, «ҚТЖ» ҰК» АҚ, «РЖД» АҚ) және бенчмаркингтің контент-талдауы негізінде әзірленді. ISO 31000:2018 - Risk management – Guidelines халықаралық стандарты [16] кез келген кәсіпорынды тәуекелге бағытталған

басқару үшін кеңінен қолданылады. ISO 31000: 2018 тәуекелдерді басқарудың әмбебап принциптері мен ұсыныстарын ұсынады. Ол келесі шарттарды орындау кезінде тасымалдаушылардың ҚҚБЖ-да қозғалыс қауіпсіздігіне байланысты тәуекелдерді анықтау үшін тиімді қолданылуы мүмкін:

1) тәуекелдерді басқарумен байланысты қауіпсіздік саласындағы саясат пен мақсаттың болуы;

2) басшылық деңгейінде қолдау, бұл жауапкершілікті белгілеуді, ресурстарды бөлуді және тәуекелдерді басқаруда жетекші рөлді білдіреді;

3) тәуекелдерді сәйкестендірудің бейімделген әдістемелерін әзірлеу. Халықаралық тәжірибеде тәуекел белгісіздіктің жоспарланған мақсаттарға әсері ретінде сипатталады, тәуекел құрылымы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. ISO 31000:2018 сәйкес тәуекел құрылымы

Осылайша, тәуекел – бұл белгілі бір көздерден туындайтын ықтимал оқиға, оның материалдануы қолайлы немесе жағымсыз салдардың басталуына әкелуі мүмкін.

Басқару стратегиясына және мақсатты индикаторларға байланысты белгіленген мақсаттарға қол жеткізуге әсер етуі мүмкін қозғалыс қауіпсіздігіне байланысты тәуекелдердің тізімін белгілеу қажет.

Мысалы, тасымалдаушының стратегиялық мақсатының бірі жүк теміржол тасымалының тұрақты, сенімді және қауіпсіз процесін қамтамасыз ету болып табылады. Көрсетілген мақсат үшін ықтимал тәуекел мазмұнын қарастырамыз (1-сурет).

Тәуекелді анықтау процесі тәуекелдерді бағалаудың элементі болып табылатын тәуекелдерді басқарудың бірінші кезеңі болып табылады.

Тәуекелді анықтау процесі келесі негізгі функцияларды қамтиды:

1) қозғалыс қауіпсіздігін бұзудың және тасымалдау процесінің қауіпсіздігіне әсер ететін басқа да жағымсыз оқиғалардың дерекқорын жасау және жүргізу;

2) қауіптер мен тәуекелдердің жіктелуі;

3) тәуекелдер тізілімін қалыптастыру;

4) тәуекел тізілімін бекіту;

5) тәуекелдер тізілімін мерзімді қайта қарау.

Тәуекелдерді анықтау әдістерін таңдау белгілі бір тасымалдаушыға қатысты белгіленген қауіпсіздік мақсаттарымен тікелей байланысты. Сондықтан бұл процесс қауіпсіздік саласындағы саясат пен мақсаттарды талдаудан, тасымалдаушы қызметінің

сыртқы және ішкі факторларын талдаудан басталады.

Нәтижелер мен талқылау

Тәуекелдер мен қауіпті факторларды сәйкестендіру процесінде анықталған қауіптердің бір бөлігі тасымалдаушының қызметіне байланысты емес екендігі анықталуы мүмкін, сондықтан оның басқару әсерінен тыс сыртқы тәуекелдер санатына жатады. Алайда, теміржол компаниясы осы тәуекелдердің көздері оның бақылауында болғанына қарамастан, тәуекелдер мен қауіптерді анықтауы керек. Көптеген әртүрлі материалдық немесе материалдық емес салдарға әкелуі мүмкін бірнеше нәтижелердің мүмкіндігін ескеру қажет.



Сурет 2. Тігінен бөлінген басқару құрылымы бар теміржол тасымалдаушысының операциялық тәуекелінің жіктелуі (авторлар құрастырған).

Тігінен бөлінген басқару құрылымы бар теміржол тасымалдаушысына қатысты тасымалдау қауіпсіздігімен байланысты операциялық тәуекелді толығырақ қарастырайық. Операциялық тәуекел деп ішкі процестердің кемшіліктерінен не қателіктерінен, персоналдың немесе өзге де қатысушылардың іс-әрекеттерінен, теміржол инфрақұрылымы мен жылжымалы құрам объектілерінің, технологиялық және өзге де жүйелердің істен шығуынан, сондай-ақ сыртқы факторлар мен оқиғалардың әсерінен болатын тікелей және жанама шығындардың туындау ықтималдығын түсінетін боламыз. Тасымалдаушының қозғалыс қауіпсіздігіне байланысты операциялық тәуекелін 2-суретте көрсетілген бірнеше санатқа жіктеуге болады.

Тәуекелдерді ішкі және сыртқы деп бөлу халықаралық стандарттарда бекітілген (ISO 31000, CSM-RA) және басқару критерийлеріне негізделген: тасымалдаушының бақылау дәрежесі.

Ішкі тәуекелдер тасымалдаушының ұйымдық-технологиялық құрылымында қалыптасады (техникалық ақаулар, техникалық ақаулар, персоналдың қателіктері, регламенттердің кемшіліктері, тасымалдау технологиясының бұзылуы және т.б.). Оларды сәйкестендіру және бақылау Тасымалдаушының өзі үшін жауапкершілік аймағы болып табылады.

Мысалы, процестердің тәуекелдері кәсіпорынның бизнес-процестерінің, оның жоспарлау, басқару және бақылау жүйелерінің төмен тиімділігімен, сондай-ақ компания басшылығы, менеджерлері мен қызметкерлері арасындағы нашар дамыған коммуникациялармен байланысты. Персоналдың тәуекелдері, ең алдымен, қызметкерлердің біліктілігінің жеткіліксіздігінен, төмен еңбек тәртібінен, әлсіз кадр саясатынан және кәсіпорын қызметкерлерін ынталандыру жүйесінен көрінеді.

Сыртқы тәуекелдер тасымалдаушының бақылауынан тыс факторлардан туындайды:

- инфрақұрылымдық объектілердің (көрсеткілер, сигналдар, байланыс желілері, кірме және магистральдық жолдар) істен шығуы;
- локомотив иелері тарапынан ақаулар (жалға алған жағдайда);
- табиғи құбылыстар (нөсер, мұздану, дауыл);
- бөгде адамдардың араласуы;
- реттеуші өзгерістер және саяси шектеулер.

Бұл тәуекелдер ведомстволар арасындағы өзара іс-қимылды және салалық реттеуді талап етеді.

Теміржол көлігі қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету контекстінде кәсіпорын мен серіктестер арасындағы коммуникациялармен байланысты тәуекелдер серіктестердің шарттық міндеттемелерін бұзу салдарынан, сондай-ақ ұйым мен оның контрагенттері арасындағы ақпарат алмасудың уақтылығы мен толықтығына жүйелі бақылаудың болмауы салдарынан қауіптердің туындау ықтималдығында көрінеді. Сыртқы ортаның тәуекелдері нормативтік-құқықтық талаптардың өзгеруіне, бәсекелестердің әрекеттеріне, сондай-ақ тасымалдау процесінің тұрақтылығына теріс әсер етуі мүмкін инфрақұрылым объектілеріне рұқсатсыз қол жеткізудің салдарына байланысты. Табиғи апаттар, авариялар және технологиялық іркілістер сияқты Форс-мажорлық мән-жайлар күтпеген және бақыланбайтын оқиғалардың салдарынан қозғалыс қауіпсіздігінің бұзылуына әкеп соғуы мүмкін тәуекелдердің жекелеген санатын қалыптастырады.

Тәуекелдерді саралау жауап беру басымдықтарын нақтылауға, тәуекел матрицасын құруға, жауапкершілік аймақтарын бөлуге және есеп беру мен сертификаттаудың тиісті рәсімдерін жасауға мүмкіндік береді.

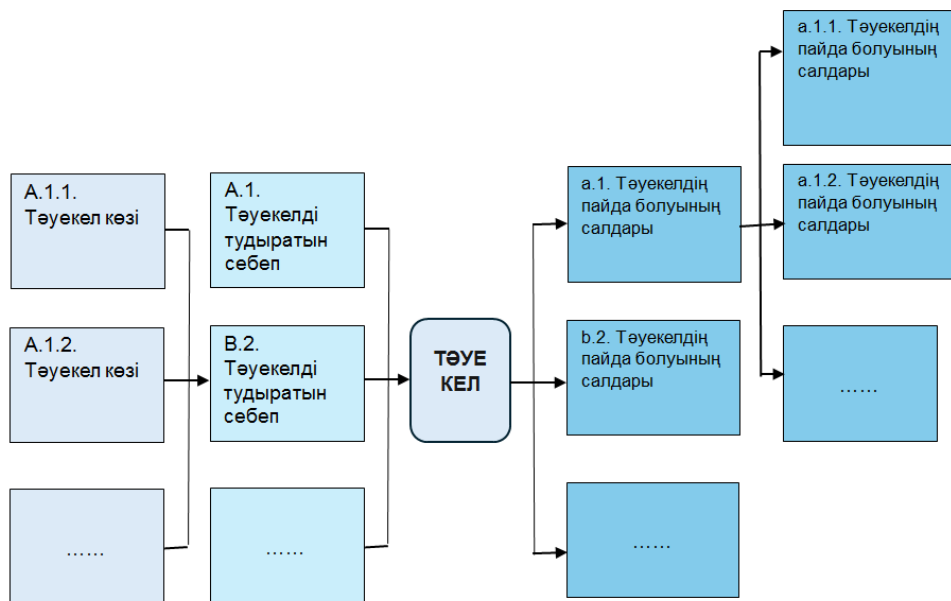
Осылайша, тәуекелдерді ішкі және сыртқы болып бөлу тәуекел жіктеуішінің логикасын арттыруға ғана емес, сонымен қатар қозғалыс қауіпсіздігін басқарудың тиімді архитектурасын құруға мүмкіндік береді. Меншікті инфрақұрылымдық активтері мен локомотивтік тартымы жоқ жеке тасымалдаушылар үшін мұндай бөлу сыртқы операторлармен өзара іс-қимылға және сертификаттау талаптарын сақтауға бағдарланған меншікті ҚҚБЖ әзірлеу кезінде өте маңызды.

Тәуекелдерді анықтау үшін тиісті, тиісті және тиісті ақпаратты пайдалану маңызды. Сондықтан есепті құжаттаманы жүргізу үшін жеткілікті ресурстар мен қажетті рәсімдердің болуы өте маңызды. Анықталған тәуекелдерді тіркейтін құжат тәуекелдер тізілімі деп аталады.

ҚҚБЖ менеджерлері үшін тәуекелдер тізілімін жүргізу тәртібін реттейтін пайдалануға

ұсынылған нормативтік құжаттар ретінде [7,11,15] көздерін көрсетуге болады.

Тәуекелдің себептері-бұл ұйымның мақсаттарына қол жеткізуге әсер етуі мүмкін оқиғаларды бастау мүмкіндігі бар жағдайлар мен факторлардың жиынтығы. Тәуекел көздері мақсаттарды іске асыру барысына әсер ететін осындай оқиғаларды тудыру қабілеті бар объектілер немесе процестер ретінде түсіндіріледі. Тәуекелдің салдары тәуекелдің материалдануы нәтижесінде пайда болатын жаңа жағдайларда көрінеді және кәсіпорын қызметінің әртүрлі аспектілеріне әсер ететін оң және теріс сипатта болуы мүмкін (3-сурет).



Сурет 3. «Себептері-көздері-тәуекел-салдары» тәуекел құрылымы

Енді қауіпті оқиғалардың жіктелуін әзірлеуге көшейік. Тасымалдаушының қауіпті оқиғаларын сәйкестендіру, есепке алу және талдау көлік жүйесін қорғауды қамтамасыз етуге бағытталған тиімді шараларды әзірлеу және іске асыру үшін әдіснамалық негіз қалыптастырады. Қауіпті оқиғалардың жіктелуі белгілі бір жағдайға тән ең маңызды және типтік оқиғаларды анықтау мақсатын көздейді теміржол компания, сондай-ақ оларды белгілі бір белгілер бойынша топтастыру, бұл әртүрлі жіктеу топтары шеңберінде тәуекелдерді талдау тәсілдерін біріздендіруге ықпал етеді. Ұсынылған қауіптілік жіктемесін тасымалдаушының қозғалыс қауіпсіздігінің бұзылуы туралы электрондық деректер базасын құру кезінде пайдалануға болады. Бұл жағдайда келтірілген белгілер бойынша қауіптерді шифрлау бірыңғай цифрлық кодты тағайындаумен ««топ – кіші топ – түр» форматында мүмкін болады (3-сурет) [7].

Халықаралық тәжірибе (ERA, UIC, «ҚТЖ» ҰК» АҚ, «РЖД» АҚ) негізінде авторлар әзірлеген қауіптердің толық жіктелуі Қазақстан Республикасының ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырған AP26199023 «Жалпы және жалпы пайдаланымдағы темір жолдардағы тасымалдаушылардың қауіпсіздігін басқару жүйесінің тиімділігін бағалау әдістемесі» жобасының орындалуы туралы аралық есепте келтірілген.

Бенчмаркет негізінде қозғалыс қауіпсіздігінің негізгі тәуекелдерін олардың қозғалыс қауіпсіздігі мақсатына қол жеткізуге әсер ету дәрежесі бойынша саралау жүргізілді. Талдау

негізіне ERA; UIC, экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымының (ЭЫДҰ) есептері; уәкілетті органдардың (Қазақстан Республикасы Көлік министрлігінің теміржол және су көлігі комитеті), «ҚТЖ» ҰК» АҚ аудиторлық және қадағалау есептері кірді.

Ұсынылған рейтингті тасымалдаушылар келесі міндеттерді шешкен кезде қабылдай алады:

- Онда поездар қозғалысының қауіпсіздігіне барынша әсер ететін басым қатерлерді айқындау;

- тасымалдаушының ресурстарын (ұйымдық, қаржылық, кадрлық) аса қауіпті тәуекелдердің алдын алуға және төмендетуге негізделген бөлуді қамтамасыз ету;

- сертификаттау және қадағалау талаптарына сәйкес қалдық тәуекелдің қолайлы деңгейін ұстап тұру;

- ҚҚБЖ ішкі және сыртқы аудит рәсімдері шеңберінде дәлелдемелік базаны қамтамасыз ету.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (06.10.2025 ж. № 25-27 ГФ/398 гранты «Жалпы және жалпыға ортақ пайдаланылмайтын теміржол жолдарындағы тасымалдаушылардың қауіпсіздігін басқару жүйесінің тиімділігін бағалау әдістемесі» 06.10.2025 AP26199023).

Осы зерттеу шеңберінде көлік қызметтері нарығын ырықтандыру жағдайында тасымалдаушылардың ҚҚБЖ тиімділігін арттыруға байланысты ғылыми-әдістемелік сипаттағы мақалалардың тұтас циклін жариялау болжанады.

Бұл мақала тігінен бөлінген басқару құрылымы бар тасымалдаушылар үшін әдістемелік ұсыныстар түрінде дайындалған.

Осы зерттеудің нәтижесі тасымалдаушылардың ҚҚБЖ-ны дамыту үшін бар кедергілерді сипаттау, тәуекелдер мен қауіптерді сәйкестендіру кезеңдерін егжей-тегжейлі сипаттау болып табылады.

Зерттеу авторлары жеке тасымалдаушылардың тәуекелдерін анықтау үшін тәуекелдер мен қауіптердің жіктелуін ұсынады. Бұл жіктеу қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласындағы үздік әлемдік тәжірибелерді жалпылау негізінде әзірленген, теміржол көлігіндегі тәуекелдерді басқарудың бірыңғай тәсілдерін әзірлеуге ықпал ететін болады.

Поездар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатына қол жеткізу үшін ұсынылған тәуекелдерді сыни деңгей бойынша саралау теміржол компаниясының стратегиялық мақсаттарын сипаттау, тәуекелдер тізілімін қалыптастыру және тасымалдау процесінің қауіпсіздігін арттыруға бағытталған іс-шараларды әзірлеу үшін пайдалы болады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде жеке теміржол тасымалдаушылары санының өсуі және сала құрылымының күрделенуі жағдайында локомотивтердің сенімділігі мен қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері шешуші мәнге ие болатындығы анықталды. Қолданыстағы қозғалыс қауіпсіздігін басқару жүйелері тәуекелдерді бағалау мен болжаудың белсенді әдістерін енгізуді талап етеді.

Ақаулықтарды талдау қауіпсіздікті бұзудың едәуір бөлігі локомотивтердің жауапты бөліктері мен тораптарының істен шығуымен байланысты екенін көрсетті. Мұндай сәтсіздіктерді ерте болжаудың тиімді әдістерінің болмауы пайдалану шығындарының өсуіне және тасымалдау процесінің сенімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Жұмыста тігінен бөлінген басқару құрылымы бар тасымалдаушылар үшін қозғалыс қауіпсіздігі тәуекелдерін сәйкестендіруге және жіктеуге кешенді тәсіл ұсынылған. Әзірленген әдіс қауіпті факторларды жүйелеуге және басқару шешімдерінің дұрыстығын арттыруға мүмкіндік береді.

Пайдалану деректері мен диагностика нәтижелерін талдау негізінде локомотивтердің көтергіш және жауапты элементтерінің істен шығуын болжау әдістемесі әзірленді. Бұл әдістемені қолдану реактивті тәсілден жылжымалы құрамның техникалық жай-күйін алдын ала басқаруға көшу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Зерттеудің тәжірибелік маңыздылығы алынған нәтижелерді тасымалдаушылардың ҚҚБЖ жетілдіру, локомотивтердің істен шығу санын азайту және поездар қозғалысының қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін пайдалану мүмкіндігі болып табылады. Әзірленген ұсынымдар теміржол компаниялары мен реттеу органдарының қызметіне енгізілуі мүмкін.

Алғыстар:

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (06.10.2025 ж. № 25-27 ГФ/398 гранты «Жалпы және жалпыға ортақ пайдаланылмайтын теміржол жолдарындағы тасымалдаушылардың қауіпсіздігін басқару жүйесінің тиімділігін бағалау әдістемесі» 06.10.2025 AP26199023).

Авторлардың қосқан үлесі

Абдуллаев С.С. – зерттеудің тұжырымдамасын әзірлеу, ғылыми әдістемені қалыптастыру, деректерді талдау және мақала мәтінінің негізгі бөлігін жазу.

Токмурзина Н.А.– эксперименттік зерттеулерді жүргізу, бастапқы деректерді жинау және өңдеу.

Токмурзин Т.А.– алынған нәтижелерді интерпретациялау және оларды ғылыми тұрғыдан талдау.

Бақыт Ғ.Б. – зерттеу нәтижелерін жүйелеу, қорытындылар мен ұсыныстарды әзірлеу, сондай-ақ мақаланың құрылымын жетілдіру және мақаланың мазмұнын қайта қарау (редакциялау).

Әдебиеттер тізімі

1. Yi, C., Lin, J., Zhang, W., & Ding, J. (2015). Faults diagnostics of railway axle bearings based on IMF's confidence index algorithm for ensemble EMD. *Sensors*, 15(5), 10991–11011. <https://doi.org/10.3390/s150510991>.
2. Luo, H., et al. (2020). Speed train axle-box bearing fault diagnosis using simplified shallow information fusion convolutional neural network. *Sensors*, 20(17), 4930. <https://doi.org/10.3390/s20174930>.
3. Symonds, N., Corni, I., Wood, R. J. K., Wasenczuk, A., & Vincent, D. (2015). Observing early stage rail axle bearing damage. *Engineering Failure Analysis*, 56, 216–232. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.02.008>.
4. Abdullayev, S., Kiseleva, O., Adilova, N., Bakyt, G., Vakhitova L. (2016) Key development factors of the transit and transport potential of Kazakhstan. *Transport Problems*, 11(2), pp. 17-26. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.2.2/>.
5. Zhu, C., He, J., Peng, J., Ren, Y., Lin, X., & Zhu, M. (2019). Failure mechanism analysis on railway wheel shaft of power locomotive. *Engineering Failure Analysis*, 104, 25–38.

- <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.013>.
6. Javanmardi, D., & Rezvani, M. A. (2023). Rail vehicle axle-box roller bearing life and failure analysis based on the Hertz contact theory, finite element modeling, and field observations. *World Journal of Engineering*. <https://doi.org/10.1108/WJE-01-2023-0010>.
 7. Crespo Márquez, A., de la Fuente Carmona, A., Marcos, J. A., & Navarro, J. (2020). Designing CBM plans based on predictive analytics and big-data tools for train wheel bearings. *Computers in Industry*, 122, 103292. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103292>.
 8. Binder, M., Mezhyuev, V., & Tschandl, M. (2023). Predictive maintenance for railway domain: A systematic literature review. *IEEE Engineering Management Review*, 51(2), 120–140. <https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3262282>.
 9. Oginni, D., Camelia, F., Chatzimichailidou, M., & Ferris, T. L. J. (2023). Applying a System-Theoretic Process Analysis (STPA)-based methodology supported by systems engineering models to a UK rail project. *Safety Science*, 167, 106275. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106275>.
 10. Randall, R. B., & Antoni, J. (2011). Rolling element bearing diagnostics — A tutorial. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25(2), 485–520. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.07.017>.
 11. Tandon, N., & Choudhury, A. (1999). A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings. *Tribology International*, 32(4), 469–480. [https://doi.org/10.1016/S0301-679X\(99\)00077-8](https://doi.org/10.1016/S0301-679X(99)00077-8).
 12. Tiboni, M., Remino, C., Bussola, R., & Amici, C. (2022). A review on vibration-based condition monitoring of rotating machinery. *Applied Sciences*, 12(3), 972. <https://doi.org/10.3390/app12030972>.
 13. Soomro, A.A., Muhammad, M.B., Mokhtar, A.A., Md Saad, M.H., Lashari, N., Hussain, M., Sarwar, U., & Palli, A. S. (2024). Insights into modern machine learning approaches for bearing fault classification: A systematic literature review. *Results in Engineering*, 23, 102700. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102700>.
 14. Abboud, D., Elbadaoui, M., Smith, W. A., & Randall, R. B. (2019). Advanced bearing diagnostics: A comparative study of two powerful approaches. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 114, 604–627. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.05.011>.
 15. Davari, N., Veloso, B., Costa, G. A., Pereira, P. M., Ribeiro, R. P., & Gama, J. (2021). A survey on data-driven predictive maintenance for the railway industry. *Sensors*, 21(17), 5739. <https://doi.org/10.3390/s21175739>.
 16. Hou, D., Qi, H., Li, D., Wang, C., Han, D., Luo, H., & Peng, C. (2022). High-speed train wheel set bearing fault diagnosis and prognostics: Research on acoustic emission detection mechanism. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 179, 109325. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109325>.
 17. Правила идентификации и оценки рисков акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы». Редакция 5.0, утвержденные Решением Совета директоров акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» от 1 февраля 2018 года протокол № 1. Астана: АО «НК «КТЖ», с. 54.
 18. Промежуточный отчет о выполнении темы АР26199023 «Методология оценки эффективности системы управления безопасностью перевозчиков на железнодорожных путях общего и необщего пользования»/Алматы: НАО «КНИТУ им. К. Сатпаева, 2026, с. 128.

N.A.Tokmurzina¹, T.A.Tokmurzin¹, S.S.Abdullayev¹, G.B.Bakyt*², O.G Kisselyova¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan

Methods of identification of safety risks in conditions of vertically distributed management structure in railway transportation

Abstract. The liberalization of the railway transportation market in the Republic of Kazakhstan will lead to the emergence of new private carriers and increase their competition with the national carrier on behalf of JSC National Company Kazakhstan Temir Zholy. The article is aimed at analyzing safety risks and identifying the main causes of impact, taking into account the approach to management in the field of transportation. This process, in addition to changing the organizational structure of the industry, strengthens the requirements for the traffic safety system. In such cases, it is important to develop risk management approaches that take into account the specifics of each carrier's activities, as well as those based on common principles. The purpose of the study is to improve risk management processes in the field of traffic safety and develop methodological recommendations for carriers operating in a vertically distributed management structure. In the course of the study, a comprehensive analysis of the regulatory framework governing traffic safety was carried out, and institutional and organizational factors were identified that hinder the establishment and development of a traffic safety management system for individual carriers. The existing methods of risk identification, assessment, and control were evaluated through a comparative analysis. As a result, a methodological approach has been proposed to classify and describe possible risks, taking into account the nature of the carriers' activities.

Keywords: locomotive reliability, train safety, component failure, failure prediction, risk-based management, traffic safety management.

References

1. Yi, C., Lin, J., Zhang, W., & Ding, J. (2015). Faults diagnostics of railway axle bearings based on IMF's confidence index algorithm for ensemble EMD. *Sensors*, 15(5), 10991–11011. <https://doi.org/10.3390/s150510991>.
2. Luo, H., et al. (2020). Speed train axle-box bearing fault diagnosis using simplified shallow information fusion convolutional neural network. *Sensors*, 20(17), 4930. <https://doi.org/10.3390/s20174930>.
3. Symonds, N., Corni, I., Wood, R. J. K., Wasenczuk, A., & Vincent, D. (2015). Observing early stage rail axle bearing damage. *Engineering Failure Analysis*, 56, 216–232. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.02.008>.
4. Abdullayev, S., Kiseleva, O., Adilova, N., Bakyt, G., Vakhitova L. (2016) Key development factors of the transit and transport potential of Kazakhstan. *Transport Problems*, 11(2), pp. 17-26. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.2.2/>.
5. Zhu, C., He, J., Peng, J., Ren, Y., Lin, X., & Zhu, M. (2019). Failure mechanism analysis on railway wheel shaft of power locomotive. *Engineering Failure Analysis*, 104, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.013>.
6. Javanmardi, D., & Rezvani, M. A. (2023). Rail vehicle axle-box roller bearing life and failure analysis based on the Hertz contact theory, finite element modeling, and field observations.

- World Journal of Engineering. <https://doi.org/10.1108/WJE-01-2023-0010>.
7. Crespo Márquez, A., de la Fuente Carmona, A., Marcos, J. A., & Navarro, J. (2020). Designing CBM plans based on predictive analytics and big-data tools for train wheel bearings. *Computers in Industry*, 122, 103292. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103292>.
 8. Binder, M., Mezhyuev, V., & Tschandl, M. (2023). Predictive maintenance for railway domain: A systematic literature review. *IEEE Engineering Management Review*, 51(2), 120–140. <https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3262282>.
 9. Oginni, D., Camelia, F., Chatzimichailidou, M., & Ferris, T. L. J. (2023). Applying a System-Theoretic Process Analysis (STPA)-based methodology supported by systems engineering models to a UK rail project. *Safety Science*, 167, 106275. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106275>.
 10. Randall, R. B., & Antoni, J. (2011). Rolling element bearing diagnostics — A tutorial. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25(2), 485–520. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.07.017>.
 11. Tandon, N., & Choudhury, A. (1999). A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearings. *Tribology International*, 32(4), 469–480. [https://doi.org/10.1016/S0301-679X\(99\)00077-8](https://doi.org/10.1016/S0301-679X(99)00077-8).
 12. Tiboni, M., Remino, C., Bussola, R., & Amici, C. (2022). A review on vibration-based condition monitoring of rotating machinery. *Applied Sciences*, 12(3), 972. <https://doi.org/10.3390/app12030972>.
 13. Soomro, A.A., Muhammad, M.B., Mokhtar, A.A., Md Saad, M.H., Lashari, N., Hussain, M., Sarwar, U., & Palli, A. S. (2024). Insights into modern machine learning approaches for bearing fault classification: A systematic literature review. *Results in Engineering*, 23, 102700. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102700>.
 14. Abboud, D., Elbadaoui, M., Smith, W. A., & Randall, R. B. (2019). Advanced bearing diagnostics: A comparative study of two powerful approaches. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 114, 604–627. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.05.011>.
 15. Davari, N., Veloso, B., Costa, G. A., Pereira, P. M., Ribeiro, R. P., & Gama, J. (2021). A survey on data-driven predictive maintenance for the railway industry. *Sensors*, 21(17), 5739. <https://doi.org/10.3390/s21175739>.
 16. Hou, D., Qi, H., Li, D., Wang, C., Han, D., Luo, H., & Peng, C. (2022). High-speed train wheel set bearing fault diagnosis and prognostics: Research on acoustic emission detection mechanism. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 179, 109325. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109325>.
 17. Pravila identifikacii i ocenki riskov akcionernogo obshestva «Nacionalnaya kompaniya «Kazakstan temir zholy». Redakciya 5.0, utverzhdennye Resheniem Soveta direktorov akcionernogo obshestva «Nacionalnaya kompaniya «Kazakstan temir zholy» ot 1 fevralya 2018 goda protokol № 1 [Rules of identification and risk assessment of the Joint-stock company "National Company "Kazakhstan Temir Zholy". Revision 5.0, approved by the Decision of the Board of Directors of the National Company Kazakhstan Temir Zholy Joint Stock Company dated February 1, 2018 Protocol No. 1]. Astana: AO «NK «KTZh», s. 54. [in Russian]
 18. Promezhutochnyi otchet o vypolnenii temy AP26199023 «Metodologiya ocenki effektivnosti sistemy upravleniya bezopasnostyu perevozchikov na zheleznodorozhnyh putyah obshego i neobshego polzovaniya» [Interim report on the implementation of the

topic AP26199023 "Methodology for evaluating the effectiveness of the safety management system for carriers on public and non-public railway tracks"]/Almaty: NAO «KNITU im. K. Satpaeva, 2026, s. 128.

Авторлар туралы мәлімет:

Токмурзина Наталья Анатольевна – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, жетекші ғылыми қызметкер, Satbayev University, Сәтбаев к-сі, 22, 050013, Алматы, Қазақстан

Токмурзин Тимур Аскарлович – кіші ғылыми қызметкер, Satbayev University, Сәтбаев к-сі, 22, 050013, Алматы, Қазақстан

Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович – техника ғылымдарының докторы, профессор, жоба жетекшісі, Satbayev University, Сәтбаев к-сі, 22, 050013, Алматы, Қазақстан

Бақыт Ғабит Бақытұлы – хат-хабар авторы, PhD докторы, Мұхаметжан Тынышбаев атындағы АЛТ Университетінің АЛТ профессоры, Шевченко көшесі, 97, 050012, Алматы, Қазақстан

Киселёва Ольга Геннадьевна – техника ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер, Satbayev University, Сәтбаев к-сі, 22, 050013, Алматы, Қазақстан

Bakyt Gabit – corresponding author, PhD, ALT professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, 97 Shevchenko Street, 050012

Abdullayev Seidulla – Doctor of technical sciences, professor, project manager, Satbayev University, 22 Satbayev Street, 050013, Almaty

Tokmurzina Natalya – Candidate of Technical Sciences, leading researcher, Satbayev University, 22 Satbayev Street, 050013, Almaty, Kazakhstan

Tokmurzin Timur – junior research associate, Satbayev University, 22 Satbayev Street, 050013, Almaty, Kazakhstan

Kisselyova Olga – Candidate of Technical Sciences, senior researcher, Satbayev University, 22 Satbayev Street, 050013, Almaty, Kazakhstan



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).