

**6D070300 – Ақпараттық жүйелер мамандығының PhD докторанты
Сансызбай Қанибек Мұратбекұлының
«Теміржол автоматика және телемеханика жүйелері үшін ақпарат
қауіпсіздігін қамтамасыз ету»
тақырыбындағы диссертациялық жұмысына**

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Соңғы 10 жылда ақпараттық технологиялар жұмыс тиімділігін арттырып, өндірістік және басқару үрдістерін оңтайландырып, әлемдегі көптеген өнеркәсіп қызметтерінің белсенді қатысушысына айналды. Қазақстан Республикасы Президентінің 2018 жылдың 10 қаңтарындағы Жолдауы Төртінші өнеркәсіптік революция элементтерін жаппай енгізу жолымен дәстүрлі базалық салаларды, соның ішінде логистиканы дамыту бойынша кешенді тапсырма қойды. Нәтижесінде, Қазақстан Республикасы үкіметіне 2025 жылға дейін «Цифрлық Қазақстан» Мемлекеттік бағдарламасының (әрі қарай – Цифрлық Қазақстан) бастамасы болған базалық салаларды технологиялық қайта қаруландыру шараларының кешенін әзірлеу тапсырмасы берілді. Цифрлық Қазақстан бағдарламасына сәйкес көлік-логистикалық саланың әрі қарай өсуін қамтамасыз ету үшін көлік құралдарын басқару жолымен транзиттік әлеуеттің артуына, ақпаратты жедел өңдеу және оңтайлы және ұтымды шешімдер мен басқарушы әсерлер туғызу жолымен көліктегі қауіпсіздікті күшейтуге септігін тигізетін көлік жүйесін енгізу талап етіледі.

Сапалы көлік және логистика инфрақұрылымы аумақ байланысын арттыру және белгіленген жерге дейін тауарды жеткізуге кететін үстеме шығындарды азайту есебінен экономиканың дамуына қуатты серпін береді.

Қазіргі уақытта елде Республиканың көлік кешенін қайта құру және дамыту бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде.

Қазақстан Республикасының кең аумағы мен түрлі саласы күшінен көптеген ірі отандық кәсіпорындар үшін теміржол көлігі логистикалық тізбекте басты рөл ойнайды.

Қазақстанның Еуразия континентінің ортасында, Еуропа мен Оңтүстік-шығыс Азияның кеңінен және серпінді дамып келе жатқан саудаларының арасында орналасуы келешекте отандық теміржол көлігіне жоғары көлік-логистикалық әлеуетін тиімді ашуға мүмкіндік береді.

Осылайша, экономикалық кеңістік бірлігі, мемлекет бүтіндігі, елдегі қорғаныс және қауіпсіздік айтарлықтай дәрежеде теміржол көлігінің орнықты және сенімді жұмысына байланысты.

Жаңа темір жолдар аймақтар арасындағы ішкі байланысты қамтамасыз етті, Қазақстанның экспорттық және транзиттік әлеуетін арттырды. Халық арасында «Тәуелсіздік жолы», «Өмір және үміт жолы» деп аталған соңғы 25 жылда Қазақстанда іске асырылған ірі жобалар Ақсу – Дегелең, Хромтау – Алтынсарин, Шар – Өскемен, Өзен – Түркменстанмен мемлекеттік шекара,

Жетіген – Қорғас, Жезқазған – Бейнеу, Арқалық – Шұбаркөл және Боржақты – Ерсай теміржол желілері болды.

Қазіргі уақытта ірі қалалардың «көлік дәліздерінде» және қала сыртындағы аумақта жүк және жолаушы тасымалы көлемінің тұрақты өсуі байқалады. Мамандардың болжауы бойынша өнімді тасымалдау қажеттілігі даму үрдісіне ие. Сол аралықта көптеген темір жол телімдерінде өткізу қабілеттілігінің қоры нақты түрде таусылған. Сондықтан, кезекті рет, бірақ жаңа экономикалық, технологиялық және ұйымдық жағдайда, экономикалық мағынада айтқанда, Қазақстан Республикасы темір жол желісінің тасымалдау және өткізу қабілеттілігін арттырудың ұтымды әдістерін анықтау тапсырмасы өзекті болып отыр.

Қазіргі уақытта «Қазақстан темір жолы «Ұлттық компаниясы» АҚ темір жол желісінде оның үздіксіз жұмыс істеу мақсатында мәліметтер қабылдау және тарату түрлі жүйелерінің көмегімен жауапты құпия ақпараттың елеулі көлемі жіберіледі. Жауапты ақпарат ретінде бұл жерде бұрмалануы жүйені функциялау алгоритмінің қауіпті бұрмалануы орын алатын жұмысқа қабілетсіз күйге әкелетін дискертті жүйеде қолданылатын ақпарат түсіндіріледі. Жауапты ақпарат тасушы командалар тасымалдаудың функционалдық қауіпсіздігіне тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, пойыздар қозғалыс кестесі мен орналасқан жері жөніндегі логистикалық ақпарат жоғары коммерциялық құндылыққа ие. Пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету негізі темір жол автоматика және телемеханика жүйелері (ТАТЖ) болып табылады.

ТАТЖ темір жол көлігінің стационарлық жолдық және жылжымалы объектілерімен қозғалыс қауіпсіздігінің орнатылған деңгейінде бақылау және басқаруды қамтамасыз ететін техникалық құралдар жиынтығын құрайды, онда ақпарат тарату каналдарының рөлі мен талаптары айтарлықтай жоғарылайды. Шетелдік және отандық тәжірибе негізінде ақпарат тарату жүйелерінің даму үрдісі дәстүрлі құралдардан, мысалы рельс тізбектерінен басқа, жаңа жүйелерді, мысалы – сандық радиоканалдар пайдалану қажет екендігін көрсетеді. Бұл ретте сымсыз жүйелердің ақпарат қауіпсіздігі және кедергіден қорғау аспектілері маңызды фактор болып табылады.

Қазіргі уақытта жаңа экономикалық жағдайда теміржол көлігі жұмысының тиімділігін арттыру жаңа автоматтандырылған басқару жүйелерін енгізу және тасымалдау үрдісін басқару және оның жүзеге асырылуын бақылау үшін қажетті жедел және мерзімдік ақпаратпен қамтамасыз ету негіздері секілді сенімді және қауіпсіз жоғары сапалы байланыссыз мүмкін емес.

Қазақстан теміржол көлігін ұзақ мерзімдік келешекте дамыту бағдарламасында жаңа ақпараттық технологиялар енгізуге маңызды орындардың бірі жүктелді. Сапалы, жылдам және көлемді сипаттамаларды есепке ала отырып, заманауи инфокоммуникациялық құрылғылар теміржол байланысы, пойыздар қозғалысы, жүк және жолаушылар тасымалының дәстүрлі қызметтерін ұсыну мәселелерін шешіп қана қоймай, сонымен бірге жүк қозғалысын және қазіргі уақытта әрекет етуші байланыс құралдарының

техникалық мүмкіндіктерімен шектелетін басқа да қызмет түрлерін бақылауды қамтамасыз ете отырып, тасымалдау үрдісін автоматтандыру бағдарламаларын іске асыру есебінен олардың спектрін елеулі түрде кеңейтуге мүмкіндік береді.

ТАТЖ-да ақпаратты қорғау үшін заңнамалық, ұйымдық және бағдарламалық-техникалық шараларды бірге қолдану талап етілетіндігі белгілі. ТАТЖ ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі сатылары ақпарат қауіпсіздігінің негізгі қауіптерін анықтау, оның саясатын, негізгі бағыттарын, қамтамасыз ету және ұйымдық-құқықтық іс-шаралар әзірлеу, ақпараттық қауіпсіздік технологияларын таңдау және бейімдеу болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. алғаш әзірленген KTCS (Kazakhstan Train Control Systems) пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету болып табылады.

Диссертацияға қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін келесідей **тапсырмалар** шешілуі тиіс:

- қолданыстағы теміржол автоматика және телемеханикасы жүйелерінің қазіргі жай-күйін талдау жүргізу;
- KTCS пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің архитектурасын әзірлеу;
- KTCS пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің TETRA радиоарнасында ақпаратты қорғау әдістерін анықтау;
- жерүсті транкингік радионы (TETRA) аутентификациялау хаттамасының қауіпсіздігін талдау;
- теміржол транкингік байланысының базалық станциясының қамту моделін негіздеу және зерттеу;
- магистральдық желіде ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін радиоблоктау жүйесін практикалық қолдану мақсатында эксперименттік зерттеулер жүргізу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі алынған нәтижелермен анықталады:

1. Теміржол автоматика және телемеханика қазіргі жүйелерінің жағдайына талдау жүргізілді.
2. KTCS пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің архитектурасы алғаш рет әзірленді.
3. Пойыздар қозғалысының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін радиоканал арқылы өзара әрекеттесу алгоритмі әзірленді.
4. Пойыздар қозғалысын басқару және қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесінің жалпылама құрылымы ұсынылды.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің **дұрыстығы** математикалық қатаңдықтың заманауи деңгейіндегі таңдалған математикалық аппаратты дұрыс қолданумен, ғылыми конференцияларда, семинарларда диссертациялық зерттеулер нәтижелерін сынаумен және оларды енгізумен анықталады.

Зерттеу әдістері. Ғылыми жұмыста қойылған тапсырмаларды шешуде алгоритмдердің күрделілігі теориясының классикалық әдістері, байланыс және ақпарат тарату теориялары, ақпараттық жүйелердің сенімділік теориялары және математикалық модельдеу қолданылды.

Зерттеу объектісі ретінде осы жұмыста автоматика және телемеханика, теміржол көлігінде ақпарат тарату және тасымалдау қауіпсіздігін қамтамасыз ету құрылғылары таңдалды.

Зерттеу пәні болып ақпаратты радиоарна арқылы беру кезінде кілттердің аутентификациясы және генерациясы.

Диссертациялық жұмыс нәтижелерінің сенімділігі таңдалған математикалық аппаратты математикалық қатандықтың қазіргі деңгейінде дұрыс қолданумен, диссертациялық зерттеулердің нәтижелерін ғылыми конференцияларда, семинарларда сынақтан өткізумен және оларды енгізумен анықталады.

Тәжірибелік құндылық. Диссертацияда алынған нәтижелер мәлімет тарату кезінде әлемнің түрлі елдері темір жолдарында қабылданған қауіпсіздік нормаларын салыстыру, сондай-ақ «ҚТЖ» ҰК» АҚ үшін «Теміржол автоматика және телемеханика жүйелерін жаңғырту және өндіріс тұжырымдамасы» шаруашылық келісімшарты аясында орындалған тапсырмаларды қосқанда, орталықтандыру құрылғыларын одан да жаңа түрге алмастыруға дайындау үшін қажетті кеңестер ұсыну арқылы оларды талдау кезінде өзекті болып саналады.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар. Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде төмендегідей тапсырмалар шешімі табылды:

- қолданыстағы теміржол автоматика және телемеханикасы жүйелерінің қазіргі жай-күйін талдау жүргізілді;
- КТCS пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің архитектурасын алғаш рет әзірленді;
- пойыздар қозғалысының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін радиоарна бойынша өзара іс-қимыл алгоритмі әзірленді;
- пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету және басқару жүйесінің жалпыланған құрылымы ұсынылды.

Диссертацияның құрылымы кіріспе, 4 бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшалардан тұрады.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың таңдалған тақырыбының өзектілігіне негіздеме келтірілген. Ғылыми-зерттеу жұмысының мақсаты, объектісі, пәні және міндеттері тұжырымдалған. Зерттеу нәтижелері сипатталған, олардың ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы көрсетілген. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелерін сынақтан өткізу туралы мәліметтер келтірілген.

Диссертациялық жұмыстың **бірінші бөлімінде** Қазақстан Республикасының магистральдық теміржол желісіндегі ТАТ жүйелерінің қазіргі жағдайына және модернизациялау қажеттілігінің негіздеуге талдау жасалады. Мәселенің жалпы сипаттамасы және зерттеу мақсаттарын тұжырымдау келтірілген.

Пойыздар қозғалысын басқарудың әрекет етуші жүйелерінің көпшілігі, атап айтқанда электрлік орталықтандыру, автоматты блоктау, диспетчерлік орталықтандыру XX ғасырдың 60-70-80-ші жылдары қолданысқа енгізілді. Бұл жүйелердің негізі релелік аппаратура болып табылады, ол осы аппаратураны ағымдық қамту және жөндеумен айналысатын жұмысшылардың елеулі штатын жинақтауға және қамтамасыздандыруға кететін эксплуатациялық шығындардың артуына әкелетін тұрақты жоспарлы-ескерту қызмет көрсетуін талап етеді.

«Қазақстан темір жолы» ұлттық компаниясы» акционерлік қоғамының» магистральді желісінде темір жол автоматика, телемеханика құрылғыларына 35 белгі беру және байланыс дистанциясы қызмет көрсетеді. Бұл ретте пойыздар қозғалысын, қозғалыс қауіпсіздігін басқаруды және бақылауды қамтамасыз ететін темір жол автоматика және телемеханика қызмет көрсетілетін жүйелерінің тізімі мынадай:

- бұрмалар мен сигналдарды басқаруды электрлік орталықтандыру жүйелері (ЭО);
- пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйелері (автоматты блоктау (АБ), жартылай автоматты блоктау (ЖАБ) және радиоблоктау (РБ));
- переездік белгі беруді автоматты басқару жүйелері (АПС);
- диспетчерлік орталықтандыру (ДО) және диспетчерлік бақылау (ДБ) жүйелері.

1-кестеде Қазақстан Республикасындағы ТАТ жүйесі құраушыларының негізгі сипаттамалары келтірілген.

Кесте 1 – Қолданыстағы ТАТ жүйесінің қазіргі жағдайы

№	Техникалық құралдар атауы	Өлш. бірл.	Техникалық құралдардың жалпы қуаты	Пайдалануға берілген қуаттар (2000 ж.-дан кейін)	Пайдалануға берілген қуаттар (1980- 2000 ж.) мерзімі	37 жылдан астам пайдаланылатын қуаттар (1980 ж.-ға дейіг)
1	Автоматты блоктау	км.	11346	2681,5	5163,92	3501,5
2	Радиоблоктау	км	1629	1629	-	-
3	Жартылай автоматты блоктау (ЖАБ)	км.	2825	1327,47	832,62	664,9
4	Электрлік орталықтандыру ЭО (соның ішінде МПО, РПО)	бұр.	15817 (1216)	2076 (1216)	7888	5853
5	Негізгі байланыс	бұр.	412	25	146	241
6	Диспетчерлік орталықтандыру (соның ішінде МПДО)	км.	12057 (7702)	7702 МПДЦ	2435	1920
7	Дөңестік орталықтандыру	бұр.	361	43	208	110

Ұсынылған мәліметтер негізінде, Қазақстан темір жолы теміржол желісінің жалпы ұзындығы 15,8 мың км құрай отырып, мыналармен жабдықталған: пойыздар қозғалысын интервалды реттеу жүйелерімен – автоматты блоктаумен АБ – 11346 км (71,8 %), заманауи радиоблоктау жүйелерімен (ПҚИРЖ-Е) – 1629 км (11,5 %), жартылай автоматты блоктаумен ЖАБ – 2825 км (16,6 %). Диспетчерлік орталықтандырумен ДО

12057 км (76,3 %) жабдықталған. Бекеттерде электрлік орталықтандыруға 15817 бұрма (92 %) қосылған.

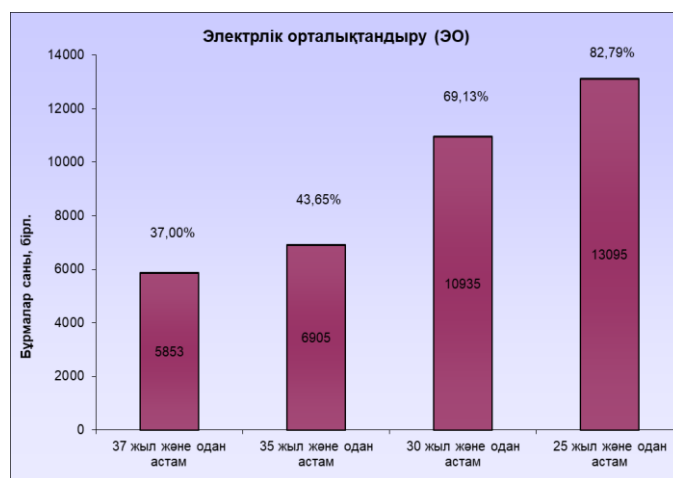
Өзінің сапа деңгейі бойынша әрекет етуші ББОБ жүйелері Қазақстан Республикасы темір жолында тасымалдау үрдісін кешенді автоматтандырудың заманауи талаптарын қанағаттандырмайды, ақпараттық технологияларды жаппай енгізуді тежейді, оларға қызмет көрсету бойынша адамсыз технологиялар енгізуді қамтамасыз етпейді, орташа және жоғары деңгейдегі жүйелермен үйлесімділікті әрқашан қамтамасыз ете бермейді, сондай-ақ оларға қызмет көрсету және жөндеуге кететін эксплуатациялық шығындардың оңтайлы деңгейін қамтамасыз етпейді.

Моральдық ескіру критерийлерін пайдалана отырып, аралықтар мен станциялардағы келесі ББОБ жүйелерінің жай-күйі бағаланады: ЭО құрылғылары, АБ және ЖАБ, РТ, АПС және ДО құрылғылары.

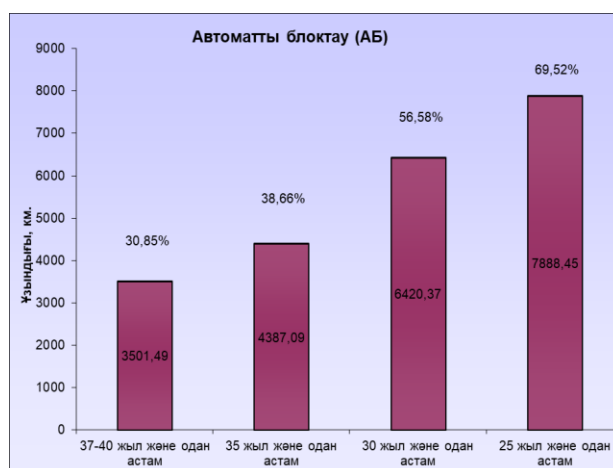
ББОБ жүйелерін толық ауыстыру туралы шешімді факторлардың біреуін немесе жиынтығын ескере отырып қолданған жөн:

- ескірген жүйе;
- ақау белгілерін ескере отырып, монтаждау жұмыстарының көлемі (электр оқшаулағыш пластмасса бұйымдары) барлық монтаждау жұмыстарының 20% - дан астамын құрайды;
- жүйенің тозған элементтерін ауыстыру құны қазіргі заманғы жүйелер құнының 25% - дан астамын құрайды.

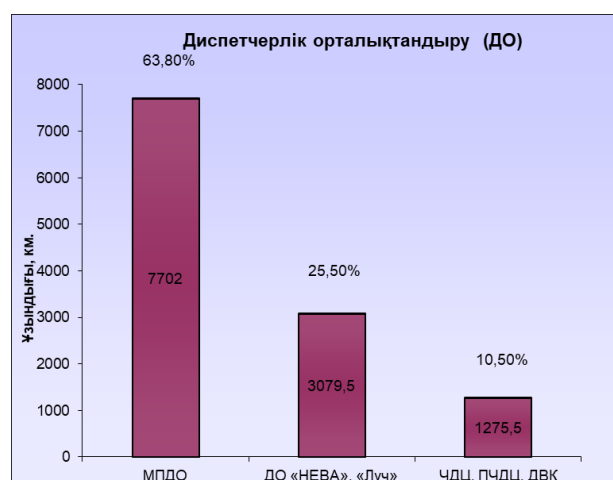
Талдау 1990 жылға дейін енгізілген СОБ іс жүзінде пайдаланылатын құралдарының ұзақ қызмет ету мерзімі, тозудың жоғары деңгейі бар, өзінің сапалық деңгейі бойынша тасымалдау процесін кешенді автоматтандырудың қазіргі заманғы талаптарын қанағаттандырмайды, ақпараттық технологиялардың жаппай енгізілуін тежейді, қызмет көрсетілмейтін технологиялардың енгізілуін қамтамасыз етпейді (ЭО жүйелері бойынша – 1 – сурет, АБ жүйелері бойынша – 2-сурет және ДО жүйелері бойынша-3-сурет).



Сурет 1 – Электрлік орталықтандыру жүйелерінің пайдалану мерзімдері бойынша диаграмма



Сурет 2 – Пойыздар қозғалын интервалды реттеу жүйелерінің пайдалану мерзімдері диаграммасы



Сурет 3 – Диспетчерлік орталықтандыру жүйелерінің пайдалану мерзімдері диаграммасы

Жүргізілген талдау негізінде ТАТ құралдарының жалпы жағдайы қауіпті күйге жақын деп қорытындылауға болады. Пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін және басқаруды тікелей қамтамасыз ететін ТАТ негізгі құрылғыларының 70%-дан астамы ұзақ қызмет ету мерзімімен қолданылады. Егер жақын арада ББОБ қазіргі жүйелерімен жабдықталған теміржол телімдерін қайта құру және жаңғырту шаралары жасалмаса, онда 2025 жылға таман бұл цифр 80%-дан асып кетуі әбден ықтимал.

Қызмет ету мерзімі ұзақ құрылғылардың үлкен көлемі, ескі релелік аппаратураны жаңа түрге ауыстырудағы жоғары қажеттілік, диагностика құралдарының жоқтығы оларды күтіп ұстауға кететін эксплуатациялық шығындардың өсуіне әкеледі. Олардың істен шығу қаупі жылдан жылға жоғарылайды. Релелік жүйелерді пайдалану тасымалдау үрдісін автоматтандырудың заманауи деңгейін, автоматтандырылған жүйелердің жұмысын диагностикалау және мониторингтеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді. Өндірістен шығарылған бірқатар релелік элементтік базаның нормативті апаттық-қалпына келтіру қорының жоқтығы және оны қалпына келтіру мүмкін еместігі теміржол көлігі қызметінің толық тоқтау қаупінің елеулі факторы болып табылады.

ТАТ техникалық құралдарының қазіргі құрылымы мен жағдайы теміржол көлігін дамыту бойынша тапсырмалар орындау кезінде тежеуші фактор болып саналады. Сондықтан соңғы жылдары сервистік орталықтар құрумен бірге көпдеңгейлі қауіпсіздік жүйесі мен бірыңғай автоматтандырылған басқару жүйесін қалыптастыру негіздері секілді біріккен жүйе құру, ТАТ техникалық құралдарын қашықтан мониторингтеуді ұйымдастыру және тұрақты әкімшілеу тапсырмаларына толыққанды жауап беретін ТАТ заманауи микропроцессорлық жүйелерін енгізу қажеттілігі туындады.

Сонымен қатар, ТАТЖ жаңғырту вагондар, локомотивтер айналымын қысқартуға, бекетте маневрлік локомотивтердің жұмыс істеуін азайтуға әсер етеді. Жолаушы қозғалысында пойыздардың жүру жылдамдығын тура телімдерде 200 км/сағатқа дейін арттыруға мүмкіндік береді, бұл ұлттық масштабта шеткі нүктелер арасында 12 сағаттан аспайтын жолда жүру уақытын қамтамасыз ету есебінен Қазақстан Республикасы халқының орнықтылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді, бұл KTCS пойыздар қозғалысын басқарудың ұлттық жүйесін әзірлеу қажеттілігіне алып келеді.

Екінші бөлімде KTCS пойыздар қозғалысын басқару ұлттық жүйесінің архитектурасын алғаш рет жасалды. Белгілі қауіпсіздік шараларын қолдану негізінде қауіпсіздікке байланысты келесі сипаттамаларға қол жеткізіледі: хабарлардың шынайылығы, тұтастығы, уақтылығы және дәйектілігі. Бұл TETRA стандартындағы цифрлық технологиялық радиобайланыс жүйесіндегі ақпараттық қауіпсіздік және ақпаратты қорғау мәселелерін шешті. Ұсынылған алгоритмдердің тиімділігі TETRA жүйелік хаттамасының архитектуралық моделінде көрсетілген.

«KTCS» жүйесінің прототипін жасау кезінде Өзен – Болашақ және Қорғас – Жетіген телімдерінде пилоттық сынақтар өткізілді, онда сандық радио жүйелерді қолданумен нағыз уақыт режимінде пойыздар қозғалысын интервалды реттеу үрдісін автоматтандыру үшін көпфункционалды жүйе енгізілді. Алынған әсер келесі бойынша сипатталады:

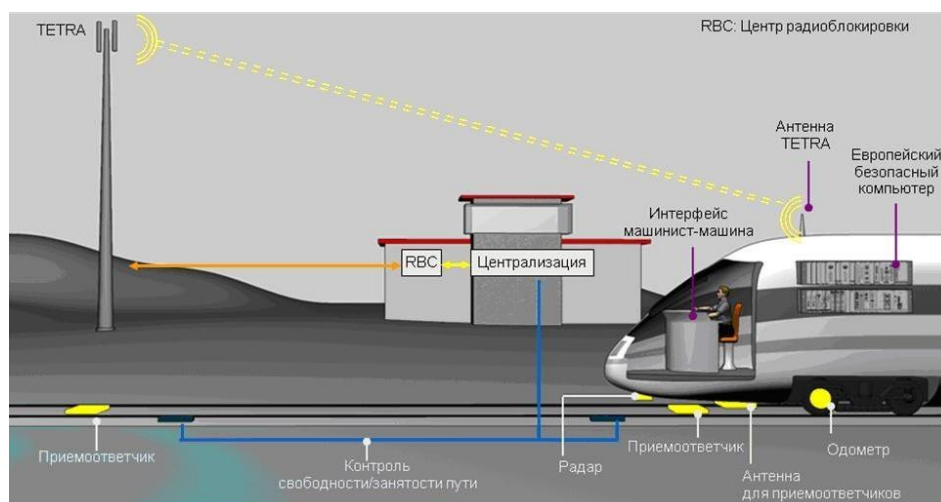
- бастапқы капиталдық салымдардың айтарлықтай азаюы. Алғашқы пилоттық жобаны енгізудің толық құны бейімделуді, тестілеуді және СОБ және байланыс бойынша құрылыс-монтаж жұмыстарына кететін шығындарды қосқанда дәстүрлі АБ құру құнынан 3,8%-ға төмен.

- құрылыс мерзімдерінің айтарлықтай қысқаруы (20%-дан астам).

- эксплуатациялық шығындардың айтарлықтай азаюы (дәстүрлі АБ құру Жобасымен анықталған саннан 27%-ға пайдаланушы тұлға санының қысқаруы, автокөлік құралдары жалпы санының шамамен 2 есеге қысқаруы, ЦШ-720 нұсқаулығына сәйкес ББОБ құрылғыларын тексеру көлемінің шамамен 3 есеге азаюы).

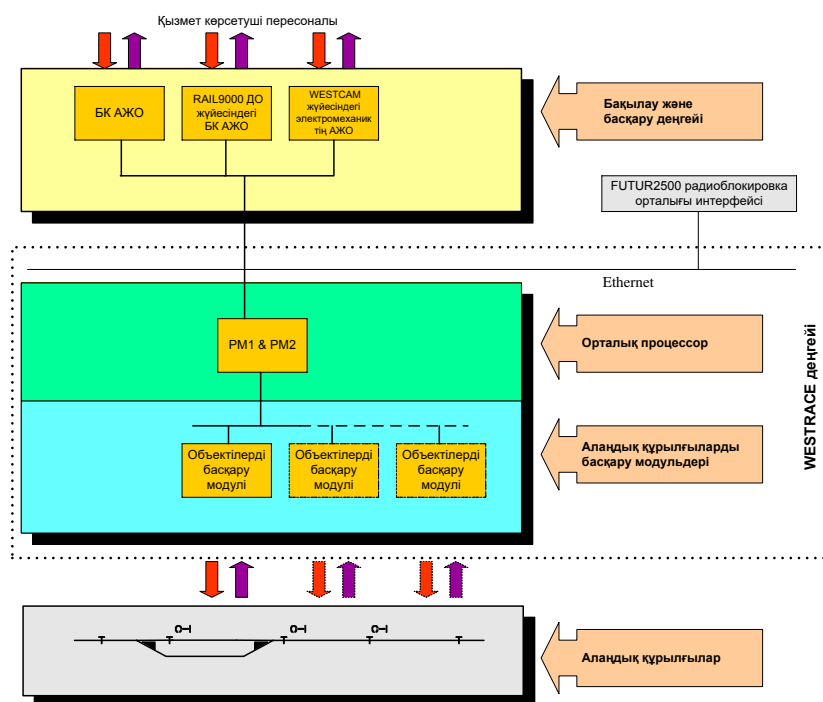
- жүйенің жоғары сенімділігі және дайындығы – негізгі басқару құралдары істен шыққан жағдайда жүйе пойыз аралыққа кіруін және босатуын қауіпсіз бақылаумен қорғаныс күйіне көшкен жағдайда жүйенің негізгі элементтерін «ыстық резервтеу»

Осылайша темір жолда ең заманауи топтық басқару және белгі беру жүйесі болып табылатын KTCS пойыз қозғалысын басқаратын және бақылайтын коммуникациялық жүйені құрайды. Жүйенің жұмыс принципі 4-суретте түсіндіріледі.



Сурет 4 – KTCS жүйесінің жұмыс принципі

5-суретте бір бекет мысалында келтірілген МПО жеңілдетілген құрылымы ұсынылған. Басқару және бақылау жоғары деңгейінде бекет кезекшісі, пойыз диспетчері және ББОБ электрмеханигіне арналған АЖО бар. Орташа деңгейде радиоблоктау орталығымен біріктірілген екі РМ жинағы бар орталық процессорлық құрылғы орналасқан, одан төмен жол құрылғыларын басқару модульдері бар. Осы деңгейде көршілес орталықтандырулармен интерфейс қамтамасыз етіледі.



Сурет 5 – Бір бекет мысалында келтірілген МПО құрылымы

Мәліметтер тарату мысалын қарастырайық. Жергілікті радиоканал қолданатын стационарлық құрылғы кезек тәртібімен әрекет ету аумағында орналасқан локомотивтерге хабар жібереді де, локомотивтерден хабар алу жөнінде хабарлама түбіртектерін алады. Қосымша әрбір таратуда локомотив телеграммасында қамтылатын ақпараттың ұзындығы $M=252$ бит хабары ұзындығы $N=48$ CRC әдісімен кодталады (анықтау қабілеттілігі $3,6 \cdot 10^{-15}$ құрайды), пойызға радиоканал арқылы 900 бит/сек (яғни сағатына 10800 хабар) жылдамдықпен жіберіледі делік. Бұл ретте жіберу үрдісі таратудың қайталау механизмін және таратудың қайталау мерзімінде бортта алынатын мәліметтерді сәйкес кешігуші есепке алуды қарастырады.

Қайталауды есепке алумен тарату кезінде қауіпті істен шығу егер бірінші әрекет кезінде бақылау жағдайларының тексеруімен таратуда қателік анықталмаса, немесе бірінші қателік табылып, ал екіншісі табылмаса, немесе алғашқы екеуі анықталып, үшіншісі табылмаса және т.б. жағдайда туындайды.

CENELEC EN 50159 стандартына сәйкес CRC кодын қолданудың жалпы тиімділігі анықталмаған қателік ықтималдылығымен 2^{-N} бағаланады, мұндағы N – код разрядтылығы. Істен шығу ағыны параметрінің кеңінен таралған мәні 10^{-3} , 10^{-4} құрайды және жіберілетін тарату битіне бұрмаланудың орташа ықтималдылығын (дара болуы міндетті емес) ескереді. Бұл жерден ұзындығы $M+N$ таратудағы қателік ықтималдылығы (дара болуы міндетті емес) $(M + N) \cdot 10^{-4}$ формуласы бойынша есептеледі.

Олай болса, хабар жіберу кезінде қауіпті істен шығу ықтималдылығы құрайды:

$$P_{оп} = 2^N P_1 + 2^{-N} P_1^2 + \dots + 2^{-N} P_1^L = 2^{-N} P_1 \frac{1 - P_1^L}{1 - P_1} \quad (1)$$

мұндағы

$L=8$ – жол берілетін қайталаулар саны (МККТТ нормаларына сәйкес);

$P_1 = (M + N) \cdot 10^{-4}$ – жұмыс циклінде хабардың жіберілмеу ықтималдылығы.

Қауіпті істен шығу қарқындылығы мына формула бойынша есептеледі:

$$\lambda_{оп} = 10800 \cdot P_{оп} = 10800 \cdot 1,57 \cdot 10^{-16} = 1,7 \cdot 10^{-12} \text{ 1/ч} \quad (2)$$

Бұл әдістің артықшылықтарына мыналарды жатқызуға болады: іске асыру қарапайымдылығы, жоғарғы өнімділік, қателіктер анықтаудың жоғары ықтималдылығы.

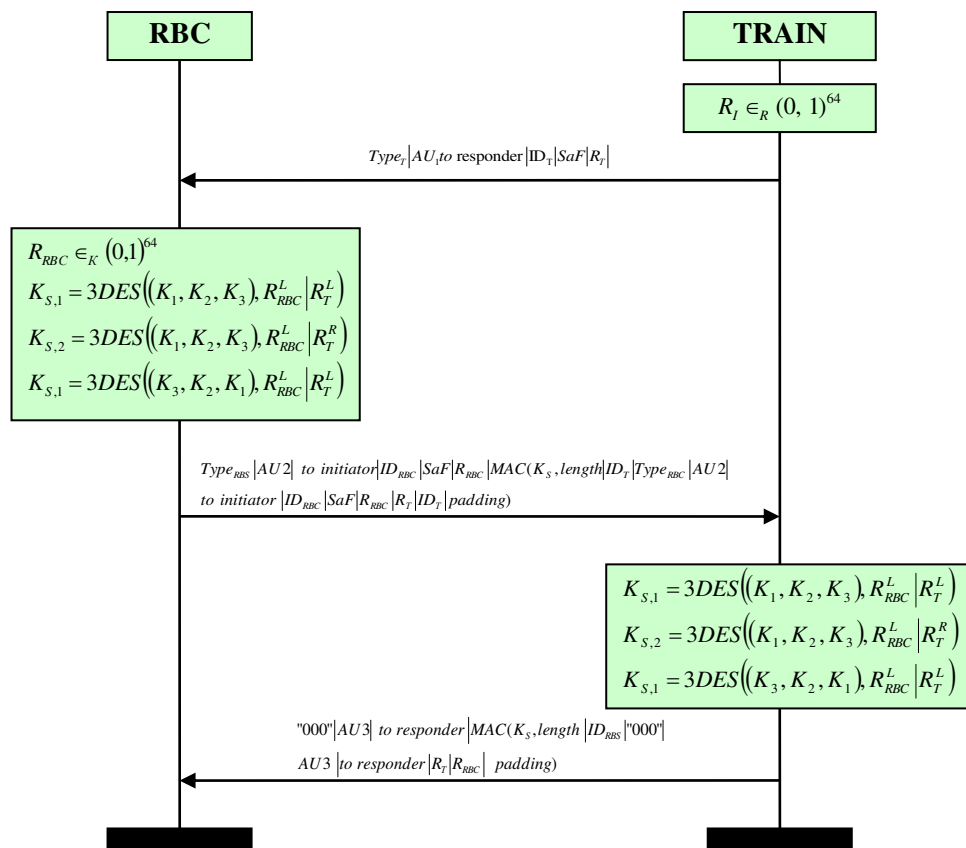
Үшінші бөлім KTCS-ке ақпаратты таратудың қауіпсіз көп деңгейлі моделін талдауға арналған. KTCS элементтері арасында ақпарат алмасу келтірілген. GSM-R және TETRA желісінің архитектуралары талданып, TETRA-дан KTCS-ке ақпарат берілуіне әсер ететін факторлар анықталды. Радиоарна арқылы деректерді беру кезінде аутентификация және кілттерді құру тізбегі және MAC криптографиялық талдауы ұсынылған.

Теміржол көлігінде басты талаптардың бірі қауіпсіздік болып табылады. Басқару жүйелерінде мәліметтерді қорғауды қамтамасыз ету жүйе қауіпсіздігіне әсер ететін тапсырма болып саналады. Сондықтан радиоканал арқылы жіберілетін мәліметтер рұқсатсыз әсерлер мен бұрмаланудан қорғалған болуы тиіс.

Криптографиялық әдістер негізінде KTCS жүйесінде пайдаланылатын Euroradio хаттамасындағы аутентификациялау іске асырылады. Euroradio хаттамасында MAC функциясы ретінде CBC-MAC деп аталатын блоктық шифр негізіндегі әдіс қолданылады. CBC-MAC алгоритмінің негізгі идеясы шифрланған блоктарды байланыстыру (CBC – cipher block chaining) және соңғысынан басқа шифрланған мәтіннің барлық блоктарын лақтыру режимінде блоктық шифрлау көмегімен m хабарын шифрлау болып саналады. $P_1, \dots, P_k$ блоктарынан тұратын хабар үшін MAC мәні келесі формулалар негізінде есептеледі:

$$\begin{aligned} H_0 &= 0; \\ H_i &= E_k(P_i \oplus H_{i-1}) \\ MAC &= H_k. \end{aligned} \quad (3)$$

Қосу кезінде сессия орнатқан кезде 6 суретте көрсетілген аутентификациялау процедурасы жүргізіледі.



Сурет 6 – Кілттерді аутентификациялау және түрлендіру тізбегі

Б жағы Б-мен түрленетін ұзындығы 64 бит R_b кездейсоқ санын жібереді. R_b саны Б жағында сақталады. Осы хабарды алғаннан кейін А жағы ұзындығы 64 бит R_a кездейсоқ санын түрлендіреді де, Текст3 алаңы, R_a және R_b кездейсоқ сандары бойынша MAC-ты, DA идентификаторын және толтыру биттерін анықтайды. MAC (message authentication code) – құқық бұзушыға хабарды қолдан жасауға кедергі келтіретін санды құрайды. Нақты түрде хабарды аутентификациялау коды (MAC) – бұл кірісіне екі аргумент (ұзындығы анықталған K кілті және еркін ұзындықтағы m хабары) қабылдайтын және анықталған ұзындық мәнін беретін функция.

MAC анықтау үшін келесі процедураға сәйкес R_a , R_b параметрлері мен K_{ab} аутентификациялық кілті негізінде K_s сессиялық кілті есептеледі:

- R_a , R_b сандары 32 биттік блокқа бөлінеді.

$$\begin{aligned} R_A &= R_A^L \parallel R_A^R \\ R_B &= R_B^L \parallel R_B^R \end{aligned} \quad (4)$$

K_{s1} , K_{s2} , K_{s3} үш 64 биттік кілті мына формулалар арқылы есептеледі:

$$\begin{aligned} K_{s1} &= MAC(R_A^L \parallel R_B^L, K_{AB}) = DES(K_3, DES^{-1}(K_2, DES(K_1, R_A^L \parallel R_B^L))) \\ K_{s2} &= MAC(R_A^R \parallel R_B^R, K_{AB}) = DES(K_3, DES^{-1}(K_2, DES(K_1, R_A^R \parallel R_B^R))) \\ K_{s3} &= MAC(R_A^L \parallel R_B^L, K'_{AB}) = DES(K_1, DES^{-1}(K_2, DES(K_3, R_A^L \parallel R_B^L))) \end{aligned} \quad (5)$$

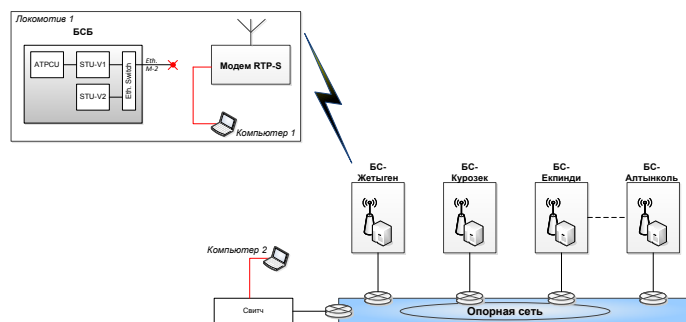
мұндағы $K_{MAC} = (K_1, K_2, K_3)$.

Euroradio хаттамасында MAC-ты анықтау симметриялық блоктық шифр болып табылатын TripleDES шифрлау стандартын пайдалануға негізделген. «Қазақстан темір жолы «Ұлттық компаниясы» АҚ қажеттілігі үшін хаттаманы жобалау кезінде TripleDES-ті «Ақпарат өңдеу жүйелері. Криптографиялық қорғаныс. Криптографиялық түрлендіру алгоритмі» ГОСТ 28147-89 симметриялық шифрлау стандартына ауыстыру көзделеді.

Төртінші бөлімде әзірленген жүйенің сипаттамасы және радиоблоктау моделі келтірілген. Теміржол транкингік байланысы үшін базалық станцияны жабу моделі әзірленді. Тәжірибе арқылы радио желісіндегі пакеттердің жоғалу пайызы, жолдағы шығындар және 450 МГц жиіліктегі орналасқан жеріне байланысты доплердің ауысуы шектелді.

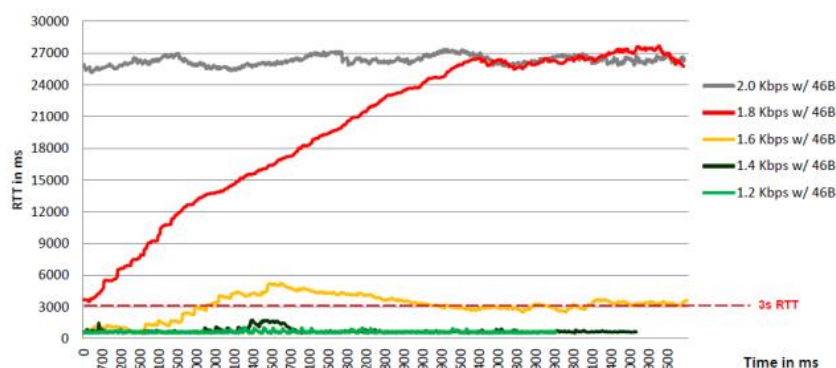
Радиоблоктау жүйесін тәжірибеде қолдану Алматы магистральді желі бөлімшесінің Жетіген – Алтынкөл телімінде қарастырылған. Тәжірибелік қолдану кезінде радиоблоктау орталығы мен TETRA коммутациялау орталығының байланысы, радиоблоктау орталығын электрлік орталықтандыру жүйелерімен байланыстыру, локомотивтің борт құрылғысын жаңғырту, борт және стационарлық құрылғының жұмыс алгоритмдерін тексеру сұрақтары қарастырылды.

Бірінші сатыда тәжірибелер 7-суретте ұсынылған сұлбаға сәйкес жүргізіледі.

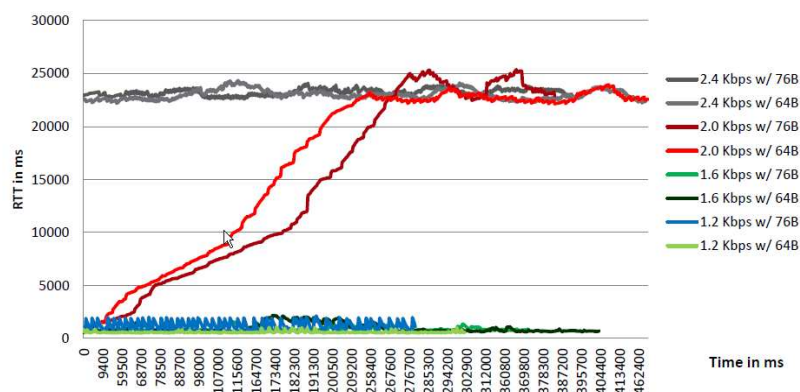


Сурет 7 – Тәжірибелер жүргізу сұлбасы – 1 саты

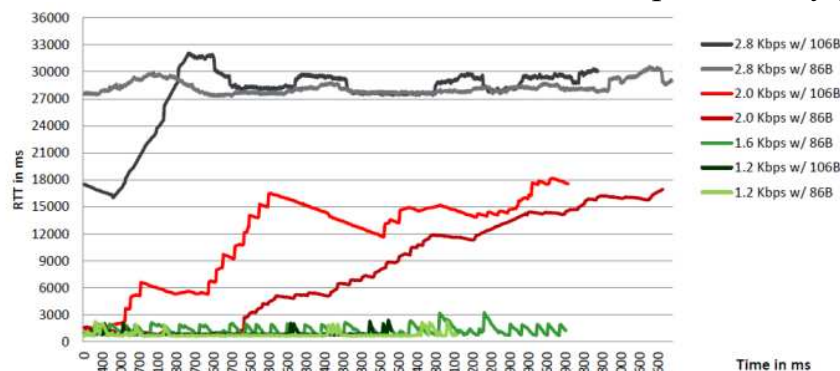
Каналдың өткізу қабілеттілігі мәліметтерін, топтардың өту уақытын, TETRA радиожелісінде топтардың жоғалуы жөнінде мәліметтерді құрайтын өлшеу нәтижелері 8 – 10 суреттерде ұсынылған.



Сурет 8 – Өлшемі 46 байт пакеттік ақпараттың өту уақыты

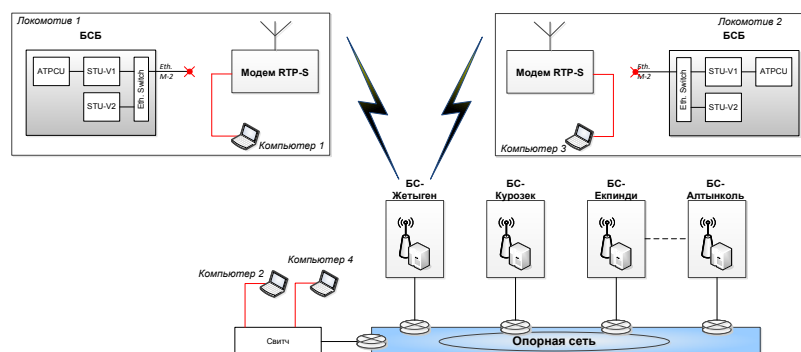


Сурет 9 – Өлшемі 64 және 76 байт пакеттік ақпараттың өту уақыты



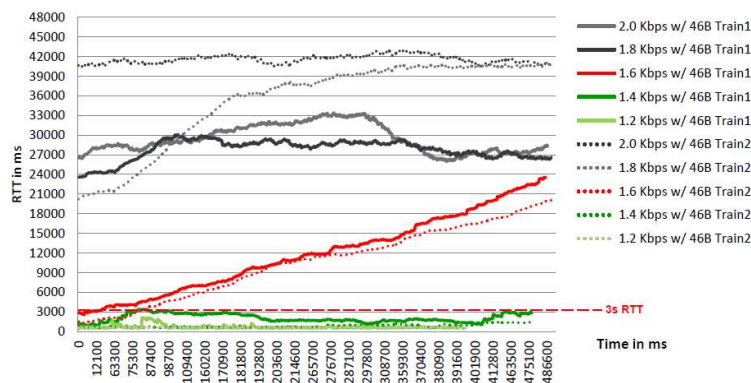
Сурет 10 – Өлшемі 86 және 106 байт пакеттік ақпараттың өту уақыты

Екінші сатыда тәжірибелер 11-суретте ұсынылған сұлбаға сәйкес жүргізіледі.



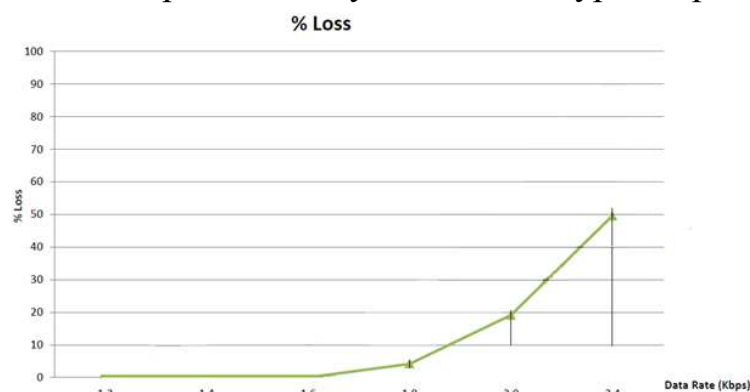
Сурет 11 – Тәжірибелер жүргізу сұлбасы – 2 саты

Каналдың өткізу қабілеттілігі мәліметтерін, топтардың өту уақытын, TETRA радиожелісінде топтардың жоғалуы жөнінде мәліметтерді құрайтын өлшеу нәтижелері 12-суретте ұсынылған.



Сурет 12 – Өлшемі 46 байт пакеттің өту уақыты

Радиожеліде топтардың жоғалу пайызы 13-суретте ұсынылған.

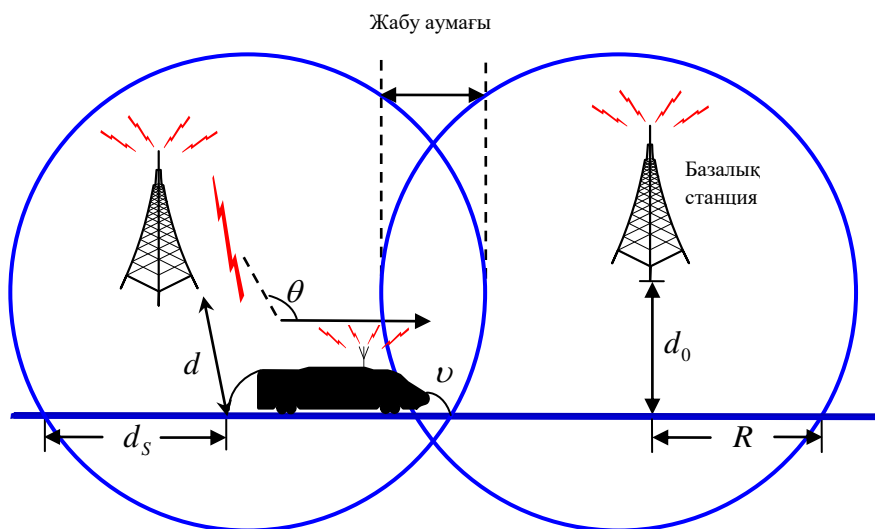


Сурет 13 – Радиожеліде пакетердің жоғалу пайызы

Жүргізілген тәжірибелер топтың кез келген өлшемінде TETRA стандартының сандық радиобайланыс жүйесінде жүктеме артқан кезде топтардың өту уақыты жоғарылайтындығын көрсетеді. 1,4 кбит/с дейін тарату жылдамдығы үшін жүйе топтардың өту уақыты талаптарын қанағаттандырады. 1,6-2,0 кбит/с жүктемеден бастап топтардың өту уақыты

қолайсыз үлкен болады да, 30-40 секундқа жетеді, бұл қойылатын талаптарға сай келмейді. Бұнымен бір уақытта жоғалған топтар пайызы өседі (50%-ға дейін), бұл ретте бірнеше қатар топтың жоғалуы байқалады.

Транкингтік байланыс үшін базалық бекетті жабудың әзірленген моделі 14-суретте келтірілген. Базалық бекеттер бір бірінен $2R$ қашықтыққа қойылу арқылы темір жол бойында орналасқан, бұл бір базалық бекетке қызмет көрсету қашықтығын құрайды. Пойыз рельс бойымен v тұрақты жылдамдықта қозғалады.



Сурет 14 – Теміржол транкингтік байланысы үшін базалық бекетті жабу моделі

Пойыз d_s жағдайында болған кезде, $0 \leq d_s \leq 2R$ үшін ағымдағы ұяшық, базалық бекет пен пойыз арасындағы қашықтық құрайды: $d = \sqrt{d_0^2 + (d_s - R)^2}$, мұндағы d_0 – базалық бекет пен теміржол желісі арасындағы қашықтық. Базалық бекет пен теміржол антеннасы арасындағы биіктік айырмашылығын орындамау жөнінде болжамды басшылыққа ала отырып, тура көріну жолының еркін кеңістікте өтуі кезінде жоғалулар былай анықталады:

$$L = 20 \log_{10} \left[\frac{4\pi df}{c} \right], \quad (6)$$

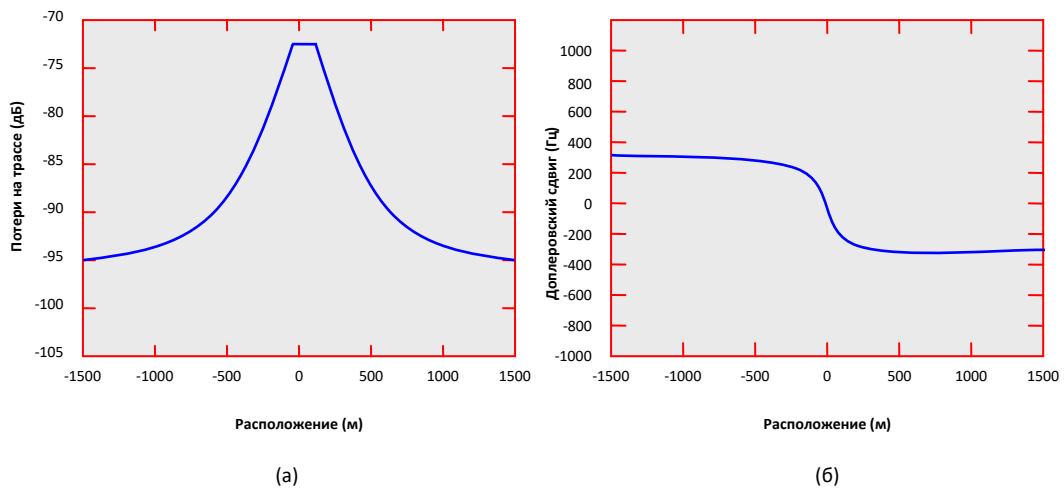
мұндағы f және c – сәйкесінше сәулелену жиілігі және жарық жылдамдығы.

(6)-де L жолдағы жоғалулар d қашықтығы мен f жиілігіне байланысты екені көрініп тұр.

Тәжірибе жүргізу үшін базалық бекет 0 нүктесінде орналасқан, R ұяшық радиусы 1500 м-ге тең, ал v пойыздың қозғалыс жылдамдығы 100 км/сағатқа тең.

15(а) суретте жолдағы жоғалу әсерінен қашықтық пен жиіліктің әсері көрсетілген. Суретте көрініп тұрғандай, жолдағы жоғалулар пойыздың орналасқан жеріне байланысты жылдам өзгереді. Пойыз ұяшық шетіне қарай жүрген кезде жолдағы жоғалулар көп болады да, каналдың сәйкес күйі

нашарлайды. Керісінше, пойыз ұяшық ортасына қарай жүрген кезде жолдағы жоғалулар азайып, каналдың сәйкес күйі жақсара бастайды. Осылайша, канал күйінің мерзімді түрде өзгеруі уақыт бойынша қуатты басқару тарату өнімділігіне үлкен әсер ететін факторға алып келеді.



Сурет 15 – 450 МГц жиілікте орналасқан жерге байланысты жолдағы жоғалулар мен доплерлік жылжу

Жоғары мобильділік үлкен доплерлік ығысуды және таралуды туғызады. Берілген телімде тура көрінетін жол трактасында энергияның көпсәулелі таралу энергиясына қатынасы қатысты түрде жоғары, ал көпсәулелі таралуды кідірту қатысты түрде аз. 14 суретте көрсетілгендей, пойыз рельс бойымен қозғалған кезде f_p доплерлік ығысуды былай есептеуге болады

$$f_p = f_d \times \cos \theta, \quad (7)$$

мұндағы

$f_d = \frac{v}{c} \cdot f$ - максималды доплерлік жиілік;

θ - пойыздың тура бағыты мен базалық бекеттен пойызға дейінгі жүру сызығы арасындағы бұрыш. 14 суреттегі геометрия жөнінде ақпарат негізінде, біз ие боламыз: $\cos \theta = \frac{R - d_s}{d}$, $0 \leq d_s \leq 2R$.

Осылайша, базалық бекет рельстен қашық орналасқан кезде, яғни $d_0 \gg R$, f_p қатысты түрде төмен болады, себебі θ шамамен 90° . Алайда бұл (6) теңдеуге сәйкес жолда үлкен жоғалуға алып келеді. Осылайша, базалық бекетті тағайындауды оңтайландыру кезінде жолдағы жоғалу мен доплерлік ығысу арасында келісім болады.

15(б) суретте 450 МГц тасымалдаушы жиілік үшін рельс бойымен доплерлік ығысу көрсетілген:

- f_p пойыз ұяшық арқылы қозғалған кезде максималды оң мәннен максималды теріс мәнге дейін уақыт бойынша өзгереді;
- қозғалыс үрдісінде доплерлік жылжу орын алады;

- f_p өте аз болса да, пойыз базалық бекет арқылы қозғалған кезде, ол жылдам доплерлік көшумен кездеседі;

- f_p пойыз 14 суретте көрсетілгендей көрші ұяшықтар арасында жабу аумағына жылжыған кезде максималды теріс мәннен максималды оң мәнге ауысатын болады.

Сымсыз транкингік байланыс үшін тәжірибеде қолдану алдында доплерлік ығысу мен жылдам доплерлік ауысу мәселелерін шешу қажет. Маңызды доплерлік ығысу синхрондаудың қиындауына және биттер бойынша қателіктердің пайда болу жиілігіне әкелуі мүмкін. Доплерлік ығысу үлкен болғанымен, оның өзгеруі өте аз екендігін айта кеткен жөн, яғни пойыздың жылдамдығы мен орналасқан жері жөнінде нақты ақпарат болған кезде оны дәл бағалап, оңай орнын толықтыруға болады. Сонымен бірге ұяшық ортасындағы жылдам доплерлік ауысу каналды бағалау және доплерлік ығысу үрдісін айтарлықтай қиындатады.

Қорытындыда диссертацияның нәтижелері мен тұжырымдары келтірілген.

Қорғауға шығарылатын ғылыми тұжырымдар, қорытындылар және ұсыныстардың нақтылығы математикалық аппараттың дұрыс қолданылуы, тәжірибелерді дұрыс ұйымдастыру және оларды жабдықтау; теориялық зерттеулер және эксперименттік деректер нәтижелерінің сандық және сапалық сәйкестігі; зерттеу нәтижелерін тәжірибелік қолданылуымен дәлелденеді.

Сенімділік дәрежесі мен апробациялау нәтижелері.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері баяндалды және талқыланды:

- «Көліктегі инновациялық технологиялар: білім, ғылым, тәжірибе» тақырыбындағы ХLI Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (Қазақстан, Алматы, Тынышбаев атындағы ҚазККА, 2017),

- Мұхтар Омарханұлы Әуезовтың 120 жылдығына арналған «Әуезов оқулары – 15: Қазақстанның үшінші жаңаруы – Жаңа тұжырымдамалар және заманауи шешімдер» Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Қазақстан, Шымкент, М. Әуезов атындағы ОҚМУ, 2017);

- «Интеллектуалды ақпараттық және коммуникациялық технологиялар – «Қазақстан-2030» Стратегиясы аясында үшінші индустриалдық революцияны жүзеге асыру құралы» V Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, 2018);

- Hyukshin Co. компаниясында дөңгелек үстел, Ltd. (Оңтүстік Корея, Сеул қ.), 2018;

- Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің 10 жылдығына арналған «Ғылым мен индустриядағы сандық технологиялар – 2019» V Халықаралық конференция (DTSI-2019). (Қазақстан, МУИТ, 2019);

- «Теміржол көлігіндегі электротехникалық кешендер мен автоматика және телемеханика жүйелерінің тиімділігі мен қауіпсіздігі» халықаралық

қатысуымен бүкілресейлік ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Ресей, Омск мемлекеттік қатынас жолдары университеті, 2019).

Барлық баяндамалар семинарларда, түрлі деңгейдегі конференцияларда және дөңгелек үстелдерде жасалды.

Нәтижелердің жариялынымдары. Диссертация материалдары бойынша 13 мақала, 5 жұмыс ҚР ККСОН МОН тізіміне енген басылымдарда, 7 жұмыс конференция материалдарында, симпозиумдарда, семинарларда, 1 мақала Scopus базасына кіретін журналда жарияланды.

Ғылыми басылымдар:

1. Бахтиярова Е.А., Сансызбай К.М. О разработке межгосударственного стандарта на системы счета осей // Вестник КазАТК, «Специальный выпуск, посвященный заседанию Межгосударственного технического комитета по стандартизации №524 «Железнодорожный транспорт», Астана – 2016, С. 57-60.

2. Куандыков А.А., Сансызбай Қ.М. Әлемдік масштабтағы теміржол автоматика және телемеханика жүйелерінің даму тенденциялары мен принциптері // Материалы ХLI Международной научно-практической конференции на тему «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика» Алматы, 3-4 апреля 2017. С. 11-16.

3. Бахтиярова Е.А., Чигамбаев Т.О., Сансызбай К.М. Технология будущего распределенное акустическое зондирование DAS в режиме реального времени // Материалы ХLI Международной научно-практической конференции на тему «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика» Алматы, 3-4 апреля 2017 г. С. 49-54.

4. Куандыков А.А., Сансызбай К.М. The development of the national microprocessor system «KTCS» // Труды международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения – 15: Третья модернизация Казахстана – Новые концепция и современные решения», посвященной 120-летию Мухтара Омархановича Ауэзова. Шымкент, 13-14 апреля 2017 г. С. 276-279.

5. Куандыков А.А., Сансызбай Қ.М. Еліміздің темір жол желілерінде ұлттық «Kazakhstan Train Control Systems» жүйесін енгізу арқылы пойыздар қозғалысының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету // Труды V Международный научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей промышленной революции в свете Стратегии «Казахстан-2030», Астана ЕНУ, 22 февраля 2018г. С. 460-463.

6. Бахтиярова Е.А., Сансызбай К.М. Сравнительный анализ микропроцессорной централизации стрелок и сигналов // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана 2018г., №2 (123). С. 30-36.

7. Бахтиярова Е.А., Куандыков А.А., Сансызбай К.М. Стандартизация и сертификация систем автоматизации и телемеханики на железных дорогах мира и в Республике Казахстан // Вестник КазАТК, Алматы 2018г., № 4 (107), С. 337-346.

8. Бахтиярова Е.А., Сансызбай К.М. «ҚТЖ» ҰК» АҚ-дағы ТАТ жүйелерін жаңғыртуды жүзеге асырмаған жағдайдағы тәуекелділікті талдау // Материалы XLIII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», посвященной 140-летию Мухамеджана Тынышпаева. Том 1, 17 апрель 2019г, С. 120-124.

9. Куандыков А.А., Сансызбай К.М. Темір жол автоматика және телемеханика жүйелерінде ақпараттық қауіпсіздікті қорғау әдістері // Қазақстан Британ техникалық университетінің хабаршысы, Алматы 2019г., № 16, С. 353-359.

10. Бахтиярова Е.А., Сансызбай К.М. Анализ рисков в случае неосуществления модернизации существующих систем в Республике Казахстан // Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Эффективность и безопасность электрических комплексов и систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте», Омский государственный университет путей сообщения, 28 ноября 2019г. С. 97-105.

11. Sansyzbay K.M., Kuandykov A.A., Bakhtiyarova Ye.A., Vlasenko S.V., Mamyrbaev O.Zh. Radio communication channel interaction method, maintaining train performance information security // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 31st March 2020. Vol.98. No 06. pp. 957-969.

12. Бахтиярова Е.А., Дуйсебекова К.С., Чигамбаев Т.О., Сансызбай К.М. Практическое применение системы радиоблокировки для обеспечения информационной безопасности на магистральной сети // Промышленный транспорт Казахстана, Алматы 2020г., №1 С.111-117.

13. Куандыков А.А., Сансызбай К.М. Метод взаимодействия по радиоканалу, обеспечивающий информационную безопасность движения поездов // Программа XLIV Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Алматы 2020г., С.56-59.

Енгізу актілері:

1. Nyukshin компаниясында ғылыми әзірлемелер нәтижелерін енгізу туралы анықтама (Оңтүстік Корея, Сеул қаласы);

2. «ҚТЖ» ҰК» АҚ филиалы – «Автоматтандыру және цифрландыру дирекциясы»-ның диссертациялық жұмыстың нәтижелерін енгізу актісі.