

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 116, No.1 (2021), pp.311-318

EFFICIENCY OF USING SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS TO ENSURE SAFETY ON RAILWAY LINES

Aigerim Kismanova, candidate of technical sciences, S.Seifullin Kazakh agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan; akismanova@mail.ru

Beksultan Serik, master's student, S.Seifullin Kazakh agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan; beksultan010897@mail.ru

Zhasulan Nurmukhan, master's student, S. Seifullin Kazakh agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan; zhasulannurmahan@mail.ru

Abstract: This article discusses the effectiveness of using satellite navigation systems to ensure the safety of train traffic on railway lines. It is noted that many problems arising in transport are solved with the help of satellite radio navigation systems. The principle of navigation definitions of World satellite radio navigation systems in satellite radio navigation systems, the method of determining the user's location by determining the duration is widely used.

A comprehensive indicator of the safety of the transport system allows you to take into account and quantify the factors that affect the safety of software during traffic. With the ability to quantify the safety of human-machine systems, you can adjust the parameters of the software at the design stage, make changes not only to its design, but also to the process of preparing the operator, and change the criteria for selecting future operators.

Technical devices and algorithms designed to improve the safety of transport have been developed. A system for improving the safety of vehicles is proposed: «System of interval regulation of train traffic», the following technical devices are developed: «Device for adaptive correction of the actions of the vehicle operator», «Device for monitoring the dangerous approach of trains traveling in the same direction».

The developed system of interval traffic control will increase the traffic intensity on the road, which in turn will significantly increase the economic efficiency of railway transportation.

Keywords: satellite radio navigation systems, satellite signal, space radio transmitter

ӘОЖ.656.25(075).

10.52167/1609-1817-2020-116-1-311-318

А.А. Кисманова¹, Б.А. Серік¹, Ж.Н. Нурмухан¹

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ТЕМІРЖОЛ ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН СПУТНИКТІК НАВИГАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ

Аңдатпа: Бұл мақалада теміржол желілерінде пойыздар қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін спутниктік навигация жүйелерін қолдану тиімділігі қарастырылған. Көлікте туындайтын көптеген мәселелерді спутниктік радио навигация жүйелері көмегімен шешілетіндігі баяндалған. Әлемдік спутниктік радио навигация жүйелерінің навигациялық анықтамаларының принципі спутниктік радио навигация жүйелерінде ұзақтықты анықтау арқылы пайдаланушының орналасу орнын анықтау әдісі кеңінен қолданылады. Көлік жүйесі қауіпсіздігінің кешенді көрсеткіші қозғалыс кезінде бағдарламалық қамтамасыз етудің қауіпсіздігіне әсер ететін факторларды ескеруге және сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: спутниктік радио навигация жүйелері, спутниктер сигналы, ғарыштық радиобағыттауыш

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 [1] 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 [2] 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 атқарады [3].

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 [4].

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

Көлікте көптеген мәселе туындайды, оларды шешу арқылы пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, қозғалыстың тиімді графигі, қозғалмалы объектердің орналасу орнын тұрақты бақылауға болады. Дәстүрлі түрде мұндай сұрақтар

радиобайланысты ұйымдастыру, сигнализацияның электромеханикалық құрылғыларын енгізу арқылы іске асады. 60-шы жылдары жоғарыда көрсетілген мәселелерді спутниктік радио навигация жүйелері көмегімен шешілді (СРНЖ).

Қазіргі кезде екі әлемдік СРНЖ жұмыс істейді, ол тұтынушылардың көбіне қолдануға ұсынылған: ресейлік әлемдік спутниктік навигация жүйесі (ГЛОНАСС) және американдық Global Position System (GPS).

Әлемдік спутниктік радио навигация жүйелеріне қойылатын негізгі талаптар:

- тұтынушыларды навигациялық-уақыттық қамтамасыз етудің кеңтаралуы – жер шары кеңістігінің кез-келген нүктесіндегі тұтынушы өзінің координатасын анықтау мүмкіндігіне ие болуы тиіс;

- навигациялық-уақыттық қамтамасыз етудің үздіксіздігі – тұтынушы координатасын кез-келген уақытта анықтай алу мүмкіндігі;

- жүйе тұтынушыларының санының шексіздігі;

- навигациялық-уақыттық анықтамалардың жоғары нақтылығы, ол тұтынушының үш кеңістіктік координатасын есептеу, ағымдағы уақытының және жылдамдық векторының үш құраушымын анықтау.

Бірінші талапты қанағаттандыру навигациялық спутниктердің орбитасының параметрін таңдау арқылы және олардың орбитада орналасуымен қамтамасыз етіледі.

Тұтынушылардың санының шексіз болуын қамтамасыз ету үшін тәуелсіз навигация концепциясы қолданылады, ол тұтынушы аппаратында НВО орындалуын қарастырады, осы концепция шегінде бірнеше бағыттауыш спутниктер сигналы бойынша пассивті ұзақ өлшейтін және доплерлік өлшеулер әдісі қолданылады [5, 6].

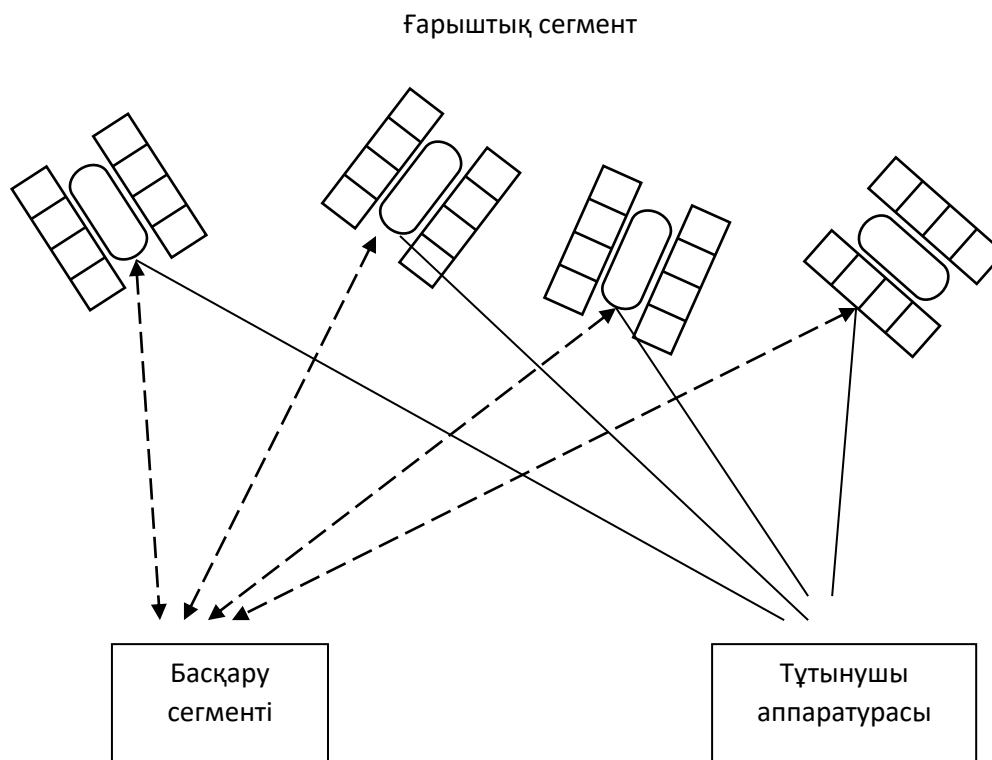
Тәуелсіз навигация концепциясы және НС-тен сигналдың үздіксіз шығарылуымен толықтырылған пассивті өлшеулер тұтынушылардың үздіксіз

навигациялық-уақыттық қамтамасыз етілу мәселесін шешеді.

НВО жоғары нақтылығы НС-тен шығарылатын күрделі радиосигналдарды қолдану арқылы; НС жұлдызын дұрыс таңдау, яғни НВО кезінде өңдеуге түсетін сигналдар; НС-тен жеткілікті қуатпен сигнал шығару; НС қозғалыс параметрі

туралы нақты ақпарат; тұтынушы аппаратурасында сигнал өңдеудің алгоритмін тиімділеу арқылы жеткізіледі.

Қазіргі кездегі барлық СРНЖ келесі сегменттерден тұрады: жүйені басқарудың жер үсті сегменті, жүйенің ғарыштық сегменті, тұтынушы аппаратурасы (сурет 1).



Сурет 1 – Спутниктік радио навигация жүйесінің аппаратурасының құрамы
Figure 1 – Composition of the equipment of the satellite radio navigation system

СРНЖ ғарыш аппараттарының жүйесі навигациялық спутниктердің белгілі бір санынан тұрады (24 БЖ). БЖ негізгі функциясы – радиосигнал құру және жіберу, ол СРНЖ тұтынушыларын навигациялық анықтау үшін бақылау жүйесіндегі спутниктің борттық жүйесін бақылау үшін қажет, және СРНЖ басқару. БЖ құрамына радиотехникалық құрылғы (навигация сигналды және телеметрлік ақпаратты таратқыш, ПКУ-ден ақпарат және команда қабылдағыш, антенналар, навигациялық блоктар), ЭЕМ, уақыттың және жиіліктің борттық эталоны, күн батареялары және т.б. кіреді. Уақыттың және жиіліктің борттық эталондары барлық спутниктермен навигациялық

сигналдардың синхронды шығарылуын қамтамасыз етеді, ол тұтынушы аппаратурасында пассивті ұзақ өлшемді өлшеулер үшін қажет [7].

Бақылау мен басқарудың жерүсті жүйесі келесі мәселелерді шешеді:

- эфемеридті және жиіліктік-уақыттық қамтамасыз ету БЖ;
- радиобағыттауыш өрістің мониторингі;
- БЖ радиотелеметрлік мониторингі;
- БЖ жұмыс істеуін командалық және программалық радиобасқару.

Эфемеридті қамтамасыз ету деп жер үсті құрылғыларымен БЖ барлық қозғалыс параметрлерін болжау және анықтау,

сонымен қатар бұл ақпаратты тұтынушыға навигациялық хабарлама ретінде жіберу үшін БЖ-ға жіберуді айтады.

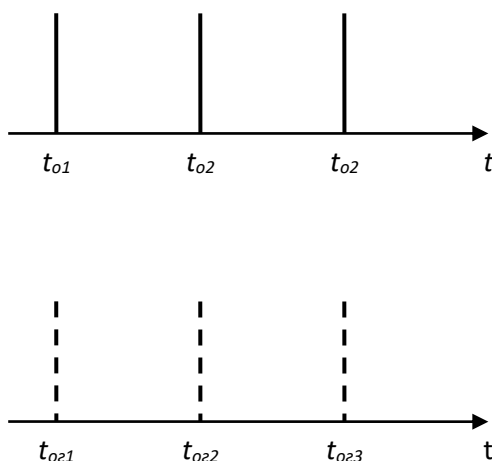
Жиіліктік-уақыттық қамтамасыз ету деп тұтынушыға навигациялық хабарлама ретінде жіберу үшін БЖ жиіліктік-уақыттық түзетулер бортына уақыттың жүйелік шкаласынан БЖ уақытының борттық шкаласының ауытқуын анықтау және болжауды айтады.

Тұтынушылардығы навигациялық аппаратурасы (ТБА) тұтынушыға қажет ақпаратты анықтау мақсатында БЖ радиосигналдарды өңдеуге және қабылдауға арналған (кеңістіктік-уақыт координатасы, кеңістіктегі бағыты мен жылдамдығы). НЕЮ есебінің екі этапты шешімін қолданады. Бірінші этапта радиосигнал параметрін бағалайды – кешігулер, жиіліктің доплерлік ығысуы,

және сигналдан бағыттауыш хабарламаны бөліп алады, ол БЖ қозғалыс параметрі туралы ақпараттан тұрады. Екінші этапта тұтынушы координатасын есептейді және жылдамдық векторының құраушысын анықтайды.

СРНЖ ТБА қолданылу аймағы кеңейтілуде және қазіргі кезде авиацияны, теңізде жүзуді, темір жол және автомобиль көлігін, геодезия және картография, геодинамика мен сейсмология, әскери іс, ғарыш, ауыл шаруашылығын, байланыс жүйелері мен телекоммуникацияны қамтиды.

Әлемдік спутниктік радио навигация жүйелерінің навигациялық анықтамаларының принципі СРНЖ-да і-ге дейінгі ұзақтықты анықтау арқылы пайдаланушының орналасу орнын анықтау әдісі кеңінен қолданылады.



Сурет 2 – Ұзақтықты анықтау арқылы пайдаланушының орналасу орнын анықтау
Figure 2 – Determining the user's location by determining the duration

Ұзақтылық өлшеулерін жүргізу үшін НКА уақыттың эталонды генераторының синхронды жұмысы қажет, ол тұтынушының тіректі генераторының уақыт моментін t_{o1} береді, оған бағыттауыш сигнал қабылдағышының уақыт өлшегіші жалғанады (сурет 2). Осы генераторлардың синхронды жұмысы кезінде i -ші НКА-ға дейінгі қашықтық:

$$R_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} \quad (1)$$

мұнда X_i , Y_i , Z_i – НКА белгілі координаттары; x , y , z – тұтнушының

белгілі бір координаттар жүйесіндегі бастапқы координаттары.

Тұтынушының үшөлшемді координатасын анықтау үшін (1) түрге ұқсас үш тендеуден жүйе құру керек, оның көмегімен үш НКА және тұтынушылар арасындағы қашықтықты есептеуге болады.

Практикада НКА уақыт шкаласының толық синхрондалуына жету қиын және бағыттауыш сигнал қабылдағышының тіректі генераторына жету қиын. Тұтынушы мен жүйенің

уақыттық шкаласының таратылуы келесідей анықталады:

$$T = t_{oi} - t_{ori} \quad (2)$$

ΔT априоры белгісіз болғандықтан, нақты орналасу орнын анықтау үшін бағыттауыш спутниктерге дейінгі қашықтықты өлшеу санын бірге арттыру керек. R_{ki} шамасы ұзақтылық болып табылады. Тұтынушының үшөлшемді координатасын анықтау үшін төрт НКА қолдану керек [8, 9].

Навигациялық сигналдар қабылдағышында ұзақтылықты анықтау қабылданған сигналдың оның шығарылу моментіне қатысты кешігуін өлшеуге негізделген. Өлшеу қабылданған және қабылдағышта құрылатын тіректі сигналдың өзара корреляциялық функцияның максимумінің уақыттық орналасуы бекіту арқылы орындалады. Осылай өлшенген ұзақтылық түрлі факторлар әсерінен қабылдағыш пен НКА арасындағы нақты қашықтықтан өзгеше. Позиционирлеудің нақтылығы көп жағдайда геометриялық факторларға байланысты болады: жұмыс жұлдызының НКА өзара орналасуы, екі нүкте арасындағы ұзақтылықты анықтаумен байланысты қателіктер. СРНЖ-да бағыттауыш анықтамалардың жоғары нақтылығына жетудің маңызды шартты – ұзақтылықты өлшеудің берілген деңгейінде навигациялық-уақыттық анықтаманың талап етілген нақтылығы қамтамасыз етілетін НКА мен тұтынушының өзара кеңістіктік орналасуы. Геометрия коэффициенті K , СРНЖ-да бағыттауыш-анықтамалардың нақтылығын азайту өлшемі болып табылады. Минимал шамасы $K_f=1,5$ болады, егер тұтынушы дұрыс тетраэдр ортасында тұрса.

Қабылдағыш пен НКА арасындағы геометриялық ұзақтылықты анықтау НЕЮ

Онда тұтынушымен есептелген ұзақтылық R_{ki} нақты шамасынан ΔT шамасына өзгеше, және (1) келесідей болады:

$$R_{ki} = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2 - c\Delta T} \quad (3)$$

нақтылығына әсер етеді. Қателіктің бұл түрі СРНЖ жүйелік уақыты бар қабылдағышта сағаттың синхронды емес жүруіне байланысты болады, сонымен қатар НКА мен қабылдағыштың өзара орын ауыстыруына байланысты.

Жиіліктік-уақыттық қамтамасыз ету деп тұтынушыға навигациялық хабарлама ретінде жіберу үшін БЖ жиіліктік-уақыттық түзетулер бортына уақыттың жүйелік шкаласынан БЖ уақытының борттық шкаласының ауытқуын анықтау және болжауды айтады.

НКА-дан тұтынушыға сигнал таралу кезінде сигнал атмосфера қабаттарынан өтеді: ионосфера және тропосферадан, олар сигналдың таралу уақытына әсер етеді.

СРНЖ сигнал қабылдағышының жұмысы кезінде оның кірісіне жергілікті заттардан қайта шағылған сигналдар түседі. Ол тіректі сигналдың корреляциялық функциясының максимумының кіріс сигналдарымен ығысуын туғызады. Қателіктің бұл түрі көп сәулелі таралу қателігі деп аталады.

Позиционирлеу нақтылығына релятивті әсерлер әсер етеді, олар 20000 метр биіктікте орбитада СРНЖ орбиталы топтамасының айналуына негізделеді.

Навигациялық сигналдарды жіберу және қабылдау кезінде тұтынушы аппаратурасында кешігулер пайда болады, олар таратушы және қабылдаушы құрылғылардың құрылымына негізделеді [10].

Ұзақтылықты анықтаудың жалпы нәтижелік қателігі қателіктердің жеке құраушыларының қосындысы ретінде анықталады, және келесідей болады:

$$\Delta R = \Delta t_{\text{ион}} c + \Delta t_{\text{троп}} c + \Delta t_{\text{млр}} c + \Delta t_{\text{ргз}} c + \Delta t_{\text{пр}} c + \varepsilon_R \quad (4)$$

мұнда $\Delta t_{\text{ион}}$ және $\Delta t_{\text{троп}}$ – ионисфера және тропосфера енгізетін қателіктер; $\Delta t_{\text{м.пр}}$ – көрсәулелілік қателігі; $\Delta t_{\text{ргэ}}$ – релятивті әсерлерге негізделген қателіктер; $\Delta t_{\text{пр}}$ – қабылдау аппаратурасының қателігі; ε_R – вакуумде сигналдың таралу жылдамдығы.

2.1-кестеде ұзақтылықты өлшеудің қателіктерінің негізгі түрлері көрсетілген.

2.1-кестедегі деректердің анализі, СРНЖ-дағы координаттық анықтамалардың қателіктерінің негізгі көзі ионосфералық қателік екенін көрсетті. Қателіктердің басқа түріне қарағанда ионосфералық қателік ионосфера мен ондағы процестердің құрылымынан күрделі болып келеді.

Кесте 1 – Ұзақтылықты өлшеудің қателіктерінің негізгі түрлері

Table 1 – Main types of durability measurement errors

СРНЖ ұзақтылықты өлшеудегі қателіктер көзі	Ұзақтылықты анықтау барысындағы орташа квадратты қателіктер, м
Жүйе барысындағы ғарыштық аппарат	
БЭВЧ НС жиілігінің тұрақсыздығы	0,3...6,6
НС аппаратурасындағы сигналдардың кешігуі	0,15...2,4
НС-тің кеңістіктегі жағдайының анықталмағандығы	2...9
Өзге қателіктер	~ 1
Тұтынушының навигациялық аппаратурасы	
НАП сигналының кешігуі	0,3...6
НАП-тың динамикалық және шуылыдық қателігі	-2,9
Тропосфералық қателік	0,7...12
Ионосфералық қателік	1,5...15
Өзге қателіктер	~1

Кейбір қолданбалы есептерді шешуде, әсіресе жеке бағыттауыштық есептерді орындауды салыстырмалы

бағалау кезінде, орналасу орнын анықтаудың орташа квадраттық қателігінің анализімен шектеледі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 года. «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции». <https://www.akorda.kz/ru>. (23.11.2020).
- [2] Государственная программа «Цифровой Казахстан». Программа утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан № 827 от 12.12.2017 года. <https://online.zakon.kz/>. (23.11.2020)
- [3] Инвестиционная программа акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» на 2014 год. Утверждена Комитетом транспорта и путей сообщения Министерства транспорта и коммуникаций Республики Казахстан от 27 сентября 2013 года № 43. – С. 1-2.
- [4] Государственная программа развития и интеграции инфраструктуры транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года. Утверждена указом Президента Республики Казахстан от 13 января 2014 года № 725. (с изменениями и дополнениями, внесенными Указом Президента РК от 26 мая 2015 года № 30). – С. 5-7.
- [5] Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
- [6] Спутниковые радионавигационные системы. Основы функционирования подсистем / Под ред. В.Н. Харисова. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1997. – 400 с.
- [7] Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Под ред. П.П. Дмитриева, В.С. Шебшаевича. – М.: Транспорт, 1982. – 272с.
- [8] Шабельников А.Н. Современные методы организационного и технологического управления // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №11 (11). – С. 18-23.
- [9] Марюхненко В.С. Основы теории систем автоматического управления: Учебное пособие – Иркутск: ИрГУПС, 2008. - 188с.
- [10] Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина. – М.: ИПРЖР, 1998. – 400с.

REFERENCES

- [1] *Poslaniye Prezidenta Respubliki Kazakhstan N. Nazarbayeva narodu Kazakhstana. 10 yanvarya 2018 goda. «Novyye vozmozhnosti razvitiya v usloviyakh chetvertoy promyshlennoy revolyutsii»* [in Kazakhstan: Message from the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan. January 10, 2018. "New development opportunities in the context of the fourth industrial revolution"]. <https://www.akorda.kz/ru>. (23.11.2020).
- [2] *Gosudarstvennaya programma «Tsifrovoy Kazakhstan». Programma utverzhdena postanovleniyem Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan № 827 ot 12.12.2017 goda.* [in Kazakhstan: State program "Digital Kazakhstan". The program was approved by the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 827 dated 12.12.2017.]. <https://online.zakon.kz/>. (23.11.2020)
- [3] *Investitsionnaya programma aktsionernogo obshchestva «Natsional'naya kompaniya «Kazakhstan temir zholy» na 2014 god.* [in Kazakhstan: Investment program of the joint-stock company "National company "Kazakhstan temir zholy" for 2014.]. Approved by the Committee of Transport and Communications of the Ministry of Transport and Communications of the Republic of Kazakhstan dated September 27, 2013 No. 43. - P. 1-2.
- [4] *Gosudarstvennaya programma razvitiya i integratsii infrastruktury transportnoy sistemy Respubliki Kazakhstan do 2020 goda.* [in Kazakhstan: State program for the development and integration of the transport system infrastructure of the Republic of Kazakhstan until 2020].
- [5] Popov E.P. *Teoriya lineynykh sistem avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya: ucheb. posobiye dlya vuzov* [in Russian: Theory of linear systems of automatic regulation and control]. textbook. manual for universities. – M.: Nauka, 1989. – 304 p.
- [6] *Sputnikovyye radionavigatsionnyye sistemy. Osnovy funktsionirovaniya podsystem* [in Russian: Satellite radio navigation systems. Fundamentals of the functioning of subsystems]. ed. Kharisova V.N. – M.: VVIA im. NOT. Zhukovsky, 1997. – 400 p.
- [7] *Setevyye sputnikovyye radionavigatsionnyye sistemy* [in Russian: Network satellite radio navigation systems]. ed. Dmitrieva P.P., Shebshaevich B.C. – M.: Transport, 1982. – 272p.
- [8] Shabelnikov A.N. *Sovremennyye metody organizatsionnogo i tekhnologicheskogo upravleniya* [in Russian: Modern methods of organizational and technological management]. Automation, communication, informatics. – 2007. - №. 11 (11). – P. 18-23.
- [9] Maryukhnenko B.C. *Osnovy teorii sistem avtomaticheskogo upravleniya* [in Russian: Fundamentals of the theory of automatic control systems]. textbook – Irkutsk IrGUPS. – 2008. – 188p.
- [10] *Global'naya sputnikovaya radionavigatsionnaya sistema GLONASS* [in Russian: Global satellite radio navigation system GLONASS]. ed. V.N. Kharisova, A.I. Perov, V.A. Boldin. - M.: IPRZhR, 1998. – 400p.

ТЕМІРЖОЛ ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН СПУТНИКТІК НАВИГАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ

Кисманова Айгерим Абилкасимовна, т.ғ.к., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан; akismanova@mail.ru

Серік Бексұлтан Аблайханұлы, магистрант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан; beksultan010897@mail.ru

Нурмухан Жасулан Нурмаханұлы, магистрант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан; zhasulannurmahan@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ

Кисманова Айгерим Абилкасимовна, к.т.н., Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г.Нур-Султан, Казахстан; akismanova@mail.ru.

Серик Бексұлтан Аблайханұлы, магистрант, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г.Нур-Султан, Казахстан; beksultan010897@mail.ru

Нурмухан Жасулан Нурмаханұлы, магистрант, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан; zhasulannurmahan@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена эффективность применения систем спутниковой навигации для обеспечения безопасности движения поездов на линиях железной дороги. Отмечается, что многие проблемы, возникающие на транспорте, решаются с помощью систем спутниковой радионавигации. В системах спутниковой радионавигации широко используется

метод определения местоположения пользователя путем определения длительности. Комплексный показатель безопасности транспортной системы позволяет учитывать и количественно оценивать факторы, влияющие на безопасность программного обеспечения при движении.

Ключевые слова: системы спутниковой радионавигации, сигнал спутников, космический радиотранспортер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 116, No.1 (2021), pp.318-324

METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF CELLULAR COMMUNICATION SERVICES

YElena Bakhtiyarova, Cand.Sci. (Eng), assistant professor, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan, y.bakhtiyarova@iitu.kz.

Aibala Orazakova, master's student, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, aibala.orazakova@gmail.com

Abstract. The article presents methods for assessing the quality of communication by collecting experimental statistical data (observations) that simulate the use of services by subscribers, for their subsequent post-processing to assess the actual values of indicators of the quality of communication services and compare the estimates with each other. The rapid growth in the number of subscribers, and the demand for cellular services in the market, caused a heavy load on the networks. Therefore, today it is very important to observe all standards of communication quality indicators, and to maintain these indicators despite the high demand. This topic is very relevant to both mobile operators and subscribers. Operators are looking for new, modern methods of objective assessment of the state of cellular communications. And the subscriber is interested in what state the telecom operators are in, and which company is coping with their work. This method requires a lot of work compared to traditional methods, but it brings out all the hidden interference, and helps to find problems in the networks first. The article also provides recommended routes for collecting experimental data. Voice and SMS were selected as services for the assessment, since these services were previously available.

To obtain more accurate data, which later will help to identify hidden and temporary problems, you need to choose:

- the time of measurement for each service, which corresponds to the daily and seasonal period of use of services by subscribers;
- areas of measurement, corresponding to all licensing conditions and the service area announced by the operator;
- the route of movement of the measuring machine, which covers all problem areas.

Key words: assessment of the quality of cellular services, end user, telephony, SMS.

УДК 621.391

10.52167/1609-1817-2020-116-1-318-324

Е.А. Бахтиярова¹, А.Н. Оразакова¹

¹Международный университет информационных технологий, г. Алматы, Казахстан

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Аннотация. В статье представлены методы оценки качества связи путем сбора экспериментальных статистических данных (наблюдений), имитирующих использование услуг абонентами для последующей их постобработки, для оценки фактических значений показателей качества услуг связи и сравнения полученных оценок между собой. Представленный метод является дорогим и трудоёмким, но для точной оценки качества связи в стране является самым подходящим. Дается подробное изложение о требуемом числе наблюдений, которое дает точную оценку качеству предоставляемых услуг операторами связи. В статье также написаны рекомендуемые маршруты движения при