

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/JBVN5702>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/AOOY1040>

***А. З. Айтмагамбетов¹, А. Е. Кулакаева²,
А. Т. Жетписбаева³, Б. А. Кожаметова⁴,
Б. М. Абильмажинов⁵**

^{1,4}Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

²Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;

⁵М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Петропавл қ., Қазақстан Республикасы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА РАДИОМОНИТОРИНГ ҮШІН ТӨМЕН ОРБИТАЛЫ ШАҒЫН ҒАРЫШ АППАРАТЫН ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІГІН ТАЛДАУ

Қазіргі таңда радиоэлектрондық құрылғылардың санының қарқынды өсуі радиожиілік спектрінің тапшылығын тугызады, сонымен қатар электромагниттік жағдайды едәуір қиындатады және радиобақылау функциялары мен міндеттерін жетілдіруді талап етеді. Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасының аумағын есекере отырып, қолданыстағы жерүсті радиомониторинг құралдарының шеңберінде радиобақылаудың функциялары мен міндеттерін сапалы орындау мүмкін емес. Дегенмен осындай аумағы үлкен елдер үшін радиожиілік спектрін пайдалану радиомониторингі жүйесінің тиімділігін арттыру үшін радиобақылау станциясы ретінде төмен орбиталы шағын ғарыш аппараттарды пайдалану орынды. Мақалада қолданыстағы жерүсті радиоэлектрондық құралдар үшін энергетикалық қорды бағалау және талдау жүргізілді және радиомониторингтің функциялары мен міндеттерін орындау үшін бір төмен орбиталық шағын ғарыш аппарат негізінде жерсеріктік радиомониторингтің жабынын талдауы келтірілген. Төмен орбиталы ғарыш аппараттарының негізінде радиомониторинг жүйесін енгізу радиомониторинг жүйесінің

тиімділігін арттыруға және Қазақстан Республикасында радиожиілік спектрін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: Радиомониторинг, төмен орбита, шағын ғарыш аппарат, радиоэлектрондық құрал, радиожиілік спектрі, Қазақстан, жиілік, радиобақылау, SNR.

Кіріспе

Бүгінгі таңда жаңа радиотехнологиялар бүкіл әлемде қарқынды дамуда. Алайда, мұндай даму радиожиілік спектрін (РЖС) талап етеді. Дегенмен бұл шектеулі мемлекеттік табиғи ресурс болып табылатын РЖС тапшылығына әкеледі. Сондықтан РЖС тиімді қолдану жөнінде шаралар қабылдау қажет. РЖС мониторингі (радиомониторинг) РЖС-нің жай-күйі туралы ақпаратты жинау, өңдеу, талдау және сақтау және оны пайдалану қағидаларын анықтау болып табылатын радиобақылаудың құрамдас бөлігі болып табылады. РЖС бақылау радиобақылау объектілерінің параметрлері мен сипаттамаларын өлшеуден, оларды белгіленген нормативтік талаптармен салыстырудан және радиожиілік спектрін пайдаланудың белгіленген тәртібі мен ережелерін бұзу фактісін белгілеуден, яғни РЖС пайдалануды тұрақты бақылаудан тұратын радиобақылау түрін білдіреді [1-3]. Қазақстан Республикасында бұл функцияларды радиомониторинг қызметі жер бетіндегі радиобақылау жүйелері негізінде ғана жүзеге асырады [4]. РЖС және радиоэлектрондық құралдардың мониторингі бойынша жұмыстарды жүзеге асыру үшін арнайы радиожабдықтармен («ИРКОС» және «СДО»)ЖШҚ ресейлік өндіруші-компанияларының негізгі радиобақылау жабдығы) жабдықталған 24 стационарлық радиобақылау пункттері (СРБП) және 14 жылжымалы өлшеу – пеленгациялық кешендер (ЖӨПК) ғана іске қосылған. Agilent, Anritsu, Rohde&Schwarz және т.б. әлемдік өндірушілердің қосымша өлшеу жабдығы бұл ретте РЖС және РЭЖ мониторингі бойынша жұмыс тек жерүсті радиобақылау жүйелерінің негізінде жүзеге асырылады. Қазіргі таңда жерүсті жүйелерінің бірқатар кемшіліктері бар, мысалы, радиомониторингтің шектеулі аймағы, елдің бүкіл аумағы бойынша радиобақылау пункттерінің жеткіліксіз саны, күрделі климаттық жағдайларда, жердің күрделі бедері және т.б. Сондай-ақ, радио бақылау процестерін автоматтандырудың жеткіліксіздігін атап өткен жөн. Бұл кемшіліктер Қазақстан Республикасына тән, оның аумағы батыстан шығысқа қарай 3 мың км-ге және солтүстіктен оңтүстікке қарай 1600 км-ге (жалпы ауданы 2724,9 мың км) созылады.

Күрделі рельефі бар үлкен аумақтарда жерүсті радиобақылау құралдарының көмегімен радиомониторинг функцияларын орындау үлкен қаржылық шығындарды талап етеді және радиобақылау рәсімін қиындатады. Осыған байланысты аумағы үлкен елдер үшін шағын ғарыш аппараттары

(ШФА) негізінде радиобақылау жүйелері неғұрлым заманауи болып табылады. Мұндай жүйелердің бірқатар артықшылықтары бар: жоғары тиімділік, жаһандық шолу және аумақты толық қамту. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында ғарыш технологияларын дамыту ұлттық қауіпсіздікті нығайтуға, ғылыми-техникалық секторды дамытуға, халықтың әлеуметтік-экономикалық өмірін жақсартуға және т.б. ықпал ететін түйінді бағыттардың бірі болып табылады. Мәселен, бүгінгі күні Ұлттық хабар тарату және телекоммуникациялар міндеттерін шешу үшін Қазақстан Республикасында екі KazSat-2 және KazSat-3 геостационарлық жерсеріктер жұмыс істейді. Осы геостационарлық жерсеріктер бүгінгі күні толығымен «Республикалық ғарыштық байланыс орталығы» АҚ басқаруында және елді жерсеріктік байланыспен және цифрлық телерадиохабар таратумен қамтамасыз етеді.

Сондай-ақ, 2014 жылы «Қазақстан Ғарыш Сапары «ҰК» АҚ басқаруындағы және ЖҚЗ қызметтерінің толық спектрін ұсыну үшін пайдаланылатын KazEOSat 1 және KazEOSat 2 жерді қашықтықтан зондау (ЖҚЗ) Қазақстандық жерсеріктері іске қосылды. Осыған байланысты Қазақстан Республикасының ғарыш саласы жоғары қарқынмен дамып келе жатқанын, бұл ретте қажетті техникалық, кадрлық және технологиялық әлеуетке ие екенін атап өткен жөн.

Ғарыш технологиялары саласындағы елдің жоғарыда аталған техникалық, экономикалық және технологиялық әлеуетін, сондай-ақ елдің үлкен аумағын ескере отырып, радиомониторинг жүйесі ретінде жасанды жерсеріктерін ел ауқымында, тіпті бүкіл жер аймақтарында радиомониторинг үшін пайдалану қызығушылық тудырады. Осыған байланысты ШФА негізінде радиобақылау жүйелері неғұрлым болашағы зор технологиялардың бірі болып табылады.

Зерттеу әдісі

Сондықтан қазіргі уақытта радиобақылау жүйелері мен желілерін жетілдіру жөнінде әрекеттер жасау қажет. Қолданыстағы жердегі радиомониторинг құралдарының шеңберінде радиобақылаудың функциялары мен міндеттерін сапалы орындау мүмкін емес. Радиожилік спектрін пайдаланудың радиомониторинг жүйесінің тиімділігін арттыру бағыттарының бірі төмен орбиталы шағын ғарыш аппараттарын радиобақылау станциялары ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу болып табылады. Жұмыста [5] және 1-кестеде радиолиниялардың энергетикалық бюджетіне талдау жасалды, бұл радиомониторингті жүзеге асыру үшін төмен орбиталы шағын ғарыш аппараттарын қолдану мүмкіндігін көрсетті. Сондай-ақ, жұмыста [6] радиосәулелендіру көзінің орналасқан жерін анықтау әдісі қарастырылып, әзірленді, оны бір кіші ғарыш аппараты негізінде радиомониторинг жүйесін әзірлеудің бастапқы кезеңдерінде қолдануға болады.

Жерсеріктік төмен орбиталық жүйелердің бірқатар артықшылықтары бар: жоғары тиімділік, жаһандық шолу және аумақты толық қамту [7-10].

Осыған байланысты бүгінгі таңда мұндай радиобақылау жүйелерін дамыту өзекті болып табылады. Мысал ретінде американдық Hawkeye 360 компаниясын келтіруге болады, ол радиобақылау функциялары мен міндеттерін орындауға арналған радиоэлектрондық бақылаудың ШҒА орбиталық топтарын іске қосты [11].

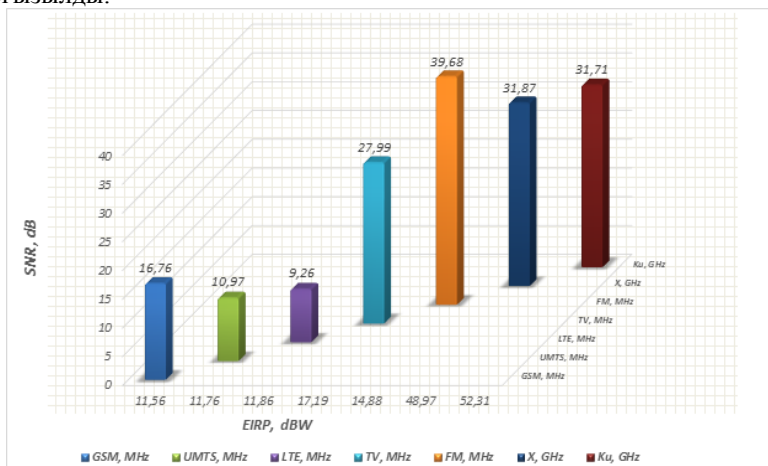
Шағын ғарыш аппараттары негізінде радиомониторинг жүйесін іске асыру үшін борттық өлшеу қабылдағышы қабылдайтын сигналдарды бағалауға және талдауға байланысты бірқатар зерттеулер жүргізу қажет. Жерсеріктік радиомониторинг жүйесінің радио желісінің бюджетін есептеу үшін нақты жердегі РЭҚ параметрлері пайдаланылды. Энергия бюджетін есептеу және талдау мысал ретінде: GSM-900 МГц, UMTS-1800 МГц, LTE-2100 МГц әр түрлі стандарттағы мобильді байланыс станциялары; DVB-T2 (TV) (474 МГц) 21 теледидарлық арна; 94 МГц жердегі дыбыстық хабар тарату (FM); X -7 ГГц және Ku-14 ГГц диапазондарындағы жерсеріктік байланыстың жердегі станциялары.

Қабылданған сигналдың параметрлеріне әсер ететін факторларды талдау негізінде энергетикалық бюджет есептелді, оның нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Жерсеріктің орбиталық биіктігі 650 км биіктігінде ӨЖЖ-АЖЖ диапазондарының жерүсті РЭҚ-нан жоғары бағытта энергетикалық есептеудің бастапқы деректері мен нәтижелері

Радиосәуле тарату көзінің түрі	GSM	UMTS	LTE	TB	ӨЖЖ ЖМ	X, ГГц	Ku, ГГц	Ka, ГГц
Жиілік, МГц	900	1800	2100	474	94	7	14	40
Тиімді изотропты сәулелену қуаты, дБВт	11,5	11	8,3	37,1	21,1	34,1	31,1	33
Қуат ағынының тығыздығы, дБВт/м ²	-175,7	-176,2	-178,9	-150,2	-166,1	-153,1	-156,2	-154,1
Бос кеңістікте сигналдың өшу, дБ	147,8	153,8	155,6	142,2	128,2	165,6	171,6	180,7
Бос кеңістіктегі берудің жиынтық шығындары, дБ	186,8	193,3	194,3	172,6	167,6	174	182	189,1
Қабылдағыштың кірісіндегі сигналдың қуаты, дБм	-157,8	-164,8	-168,6	-118,1	-128,9	-120,4	-129,4	-136,5

Жер үсті радиосәулелендіру көзіден жоғары бағытта энергетикалық есептеу нәтижелері бойынша SNR (dB) EIRP (dBW) тәуелділік графигі тұрғызылды.

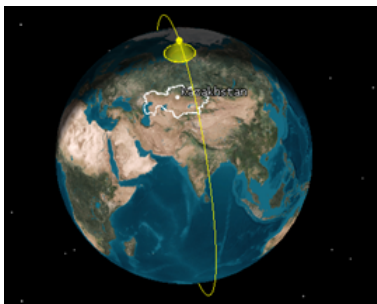


Сурет 1 – SNR (dB) EIRP (dBW) тәуелділік графигі

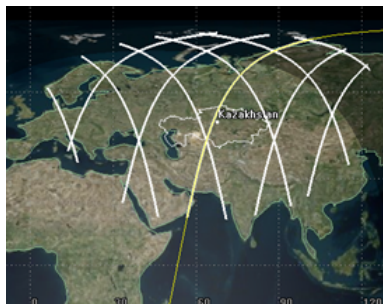
Берілген 1 кестеде келтірілген радиобақылау жүйесінің қабылдағышының кірісіндегі сигнал деңгейлерін талдау. Жер бетіндегі РЭҚ үшін SNR қатынасы (1 - сурет) 10 дБ артық, бұл радиомониторингті жүзеге асыру үшін қолайлы. Алайда, ШҒА негізіндегі радиомониторинг жүйесінің тиімді жұмыс істеуі үшін әлсіз сигналдарды өңдеудің арнайы әдістерін қолдану, сезімталдығы жоғары борттық қабылдау құрылғыларын және жоғары күшейту коэффициенті бар антенналарды қолдану қажет (Active Phased Array Antenna – АРАА).

Талқылау

Қазақстан Республикасы аумағының радиомониторинг аймағы (РА) солтүстік ендіктің $\varphi = 40^\circ$ бастап $\varphi = 56^\circ$ дейін (РА орташа мәні $\varphi = 48^\circ$) диапазонында орналасқан. Бастапқы кезеңде радиомониторинг функцияларын орындауды бір төмен орбиталық ШҒА негізінде жүргізген жөн, өйткені бұл экономикалық тұрғыдан ең тартымды болып табылады. Бір төмен орбиталық ШҒА негізінде радиомониторинг жүйесін жобалау кезінде орбитаның параметрлерін таңдау қажет. Ол үшін дөңгелек полярлық орбитаны ($i = 83^\circ$) және орбитаның биіктігін ШҒА $h = 650$ км қарастыру ұсынылады. Бір жерсеріктің қамту аймағы және жерсерік көрінетін жер (2-сурет) көрсетілген. 3-суретте жерсеріктің радиобақылау аймағының бейнесімен ҚР аумағының үстінен бір төмен орбиталық ШҒА қозғалысының траекториясы келтірілген.



Сурет 2 – Бір төмен орбиталық ШІҒА негізінде радиомониторинг



Сурет 3 – Жерсеріктің тәулік ішіндегі қозғалыс траекториясы

Ортаңғы ендікте біз ШІҒА орбитасының биіктігін таңдаймыз (біздің жағдайда $h = 650\,000$ м). RO дөңгелек орбитасының радиусын анықтау үшін ендікке байланысты эллипсоидтің радиусын (жер массасының центрінен жер бетіне дейінгі сызықтық қашықтық) есептеу:

$$Re(\varphi = 48^0) = a * b / [(b^2 + a^2 * tg^2 48^0)^{0.5} * cos 48^0] = 6366299 \text{ м}, \quad (1)$$

мұндағы $a = 6378136$ м – Жердің экваторлық радиусы;

$b = 6356751$ м – Жердің полярлық радиусы [12].

Жер бетіндегі жерсеріктің камту аймағы орбитаның параметрлеріне байланысты. Бұл ретте радиомониторинг апаратын өңдеудің жердегі станциясы 4-суретте көрсетілгендей жерүсті станциясы жабу аймағында (жерсерік ізі) болғанда ғана жерсерікпен байланысты жүзеге асыра алады. Көріну ұзақтығы, сондықтан ұзақтығы бірнеше минутты құрайды, өйткені жерсерік жерден жоғары жылдамдықпен қозғалады. Жерсерікпен бірге оның ізі де қозғалады, сондықтан ШІҒА-мен байланыс жоғалады (5-сурет).



Сурет 4 – Бір төмен орбиталық ШФА-ның қамту аймағы



Сурет 5 – ШФА-ның жылжуы

Әрі қарай МКА орбитасының бірқатар параметрлерін анықтаймыз:
ШФА дөңгелек орбитаның радиусы:

$$R^0 = R_e(48^\circ) + h = 7016299 \text{ м} \quad (2)$$

ШФА сызықтық қозғалыс жылдамдығы келесі формуламен есептеледі:

$$V = (G * M / R_0)^{0.5} = 7542 \text{ м/с} \quad (3)$$

мұндағы $M = 5,98 * 10^{24}$ кг Жер массасы және гравитациялық тұрақты $G = 6,6743 * 10^{-11} \text{ м}^3 * \text{кг}^{-1} * \text{с}^{-2}$ [13].

ШФА-ның бір айналымының уақыты келесідей анықталады:

$$T = 2 * \pi * R_0 / V = 5842,264 \text{ с} = 97,37 \text{ мин} \quad (4)$$

ШФА -ның Қазақстан Республикасы аумағының үстінде болу уақыты:

$$t = T * (56^\circ - 40^\circ) / 360^\circ = 4,33 \text{ мин} \quad (5)$$

Жердің айналуына байланысты жерсерктің бойлығы біріншіге қатысты екінші позицияға қалай өзгеретінін қарастыру қажет. Ол үшін Жердің айналу жылдамдығын табу керек ω_3 .

Жердің бұрыштық жылдамдығы:

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{360^\circ}{T}$$

мұндағы T – жердің өз осіне айналу кезеңі.

Тәулікте 24 сағат, сондықтан Жердің өз осінің айналасындағы айналу кезеңі 24 сағатты құрайды деп болжауға болады. Бірақ Жер Күннің айналасында айналатындықтан, оның өз осі бойынша айналу кезеңі бізге таныс күн сәулесінен сәл қысқа болады және 23 сағат 56 минут 4 секундты құрайды. Бұл жұлдызды күн деп аталады. Қайта есептеуде бірнеше секунд ішінде біз аламыз: $T=86164$ С.

Сонда:

$$\omega_3 = \frac{360^0}{86164} = 0,00417 \text{ сек.}$$

Күніне бұрылыстардың санын табу үшін күніне минуттардың орташа санын бір ШҒА айналу уақытына бөлу керек, содан кейін ол шығады:

$$P_v = \frac{t_{cp}}{T} = \frac{1440}{97,37} = 14,8^0$$

мұндағы t_{cp} – бұл күндегі минуттардың орташа саны.

Келесі айналымдағы бойлықтың өзгеруі:

$$\Theta_{изм} = \omega_3 * T = 0,00417 * 5842,264 = 24,343^0$$

яғни тәулігіне орын ауыстыру күннің басына қатысты $24,343^0$ болады.

Бұл жағдайда ШҒА ос қозғалысының бұрыштық жылдамдығы бір сағатта болады:

$$\omega_c = 360/5842,264 = 0,06162 \text{ с}$$

Сағатына бұрылыстар саны:

$$P_v / 24 = 14,8/24 = 0,616$$

6 және 7-суреттерде ҚР аумағының үстіндегі ШҒА қозғалысының траекториясы келтірілген және Жердің айналу әсерін көруге болады. Жердің айналуына байланысты бұрылыстар арасындағы қашықтық шамамен $24,5$ градус болады.



Сурет 6 – ШФА қозғалысының траекториясы (бірінші айналым)



Сурет 7 – ШФА қозғалысының траекториясы (екінші айналым)

Осылайша, радио желісінің бюджетін талдау [5] радиожілік спектрін пайдалануды радио мониторинг үшін төмен орбитальды ШФА пайдалану мүмкіндігін көрсетті. Елдің ғарыштық технологиялар саласындағы техникалық, экономикалық және технологиялық әлеуетін, сондай-ақ елдің үлкен аумағын ескере отырып, жасанды Жер серіктерін ел ауқымында, тіпті жердің барлық аймақтарында радиомониторинг үшін пайдалану қызығушылық тудырады. Сондықтан үлкен аумақтардағы радиомониторинг жүйесінің тиімділігін арттыру үшін төмен орбитальды ШФА радиобақылау станциясы ретінде пайдалану орынды болып табылады.

Қорытындылар

Радио желісінің бюджетін талдау радиожілік спектрін пайдалану үшін төмен орбитальды ШФА пайдалану мүмкіндігін көрсетті. Үлкен аумақтардағы радиомониторинг жүйесінің тиімділігін арттыру үшін төмен орбитальды ШФА радиобақылау станциясы ретінде пайдалану орынды болып табылады. Сондықтан радиожілік спектрін пайдаланудың радиомониторинг жүйесінің тиімділігін арттыру бағыттарының бірі төмен орбитальды шағын ғарыш аппараттарын радиобақылау станциялары ретінде пайдалану болып табылады. Қазақстан Республикасында радиомониторинг жүйесін дамыту үшін радиомониторингтің жерсеріктік жүйесін құру бағдарламасын әзірлеу қажет.

Пайдаланған деректер тізімі

- 1 Handbook on Spectrum Monitoring. – Geneva, Electronic Publication, 2011.
- 2 Rembovsky, A.M., Ashikhmin, A.V., Kozmin V.A., Smolskiy S.M. Radio Monitoring : Automated Systems and Their Components. – Springer, 2018. – 486 p.
- 3 Қазақстан Республикасының цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі «Мемлекеттік радиожілік қызметі» РМҚ

Торайғыров университетінің хабаршысы. ISSN 2710-3420. *Энергетикалық сериясы. № 2. 2021*
ресми сайты. [Электронды ресурс]. – <https://rfs.gov.kz> (Өтініш берген күні
20.03.2020).

4 «Байланыс» туралы Қазақстан Республикасының 2004 жылғы
5 шілдедегі N 567 Заңы

5 **Айтмағамбетов А.З., Кулакаева А.Е., Кожаметова Б.А., Жақсылық
А. Ж.** Төменгі орбиталық спутниктер негізінде радиомониторинг жүйесі үшін
энергетикалық бюджетті бағалау. // АЭЖБУ хабаршысы. – 2019. – № 4 (47). – 88 б.

6 **Aitmagambetov, A.Z., Butuzov, Yu.A., Kulakayeva, A.E.** The principle
of determination of coordinates (width and longitude) radio-frequency radiation
source. Certificate about deposition of object of intellectual property. Registration
№ 2784, 2016.

7 **Ram S. Jaku, Joseph N. Pelton.** «Small Satellites and Their Regulation».
– Springer, 2014. – 90 p.

8 **Oliver Montenbruck, Eberhard Gill.** «Satellite Orbits Models, Methods,
and Applications». – Springer, 2000. – 384 p.

9 **S. T. Goh, S. A. Zekavat, O. Abdelkhalik.** «LEO Satellite Formation
for SSP : Energy and Doppler Analysis» // IEEE Transactions on aerospace and
electronic systems Vol. 51, № 1, January 2015.

10 **Joe J. Khalife, Zaher M. Kassas.** «Receiver design for doppler positioning
with LEO satellites». ICASSP 2019 - 2019 IEEE International Conference on
Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) 12-17 May 2019

11 HawkEye компанияның ресми сайты 360 [Электронды ресурс]. –
<https://www.he360.com>. (Өтініш берген күні 11.10.2020).

12 1990 жылғы жердің параметрлері (ПЗ-90.11). Анықтамалық құжат.
Ресей Федерациясы Қарулы Күштері Бас штабының әскери-топографиялық
басқармасы. – 2014. – 52 б.

13 CODATA Recommended values of the fundamental physical constants :
2018 NIST SP 961. – 2019

References

1 Handbook on Spectrum Monitoring. – Geneva, Electronic Publication, 2011.

2 **Rembovsky, A.M., Ashikhmin, A.V., Kozmin V.A., Smolskiy S.M.** Radio
Monitoring : Automated Systems and Their Components. – Springer, 2018. – 486 p.

3 Qazaqstan Respublikasynyń sıfırlıq damu, innovasiolar jáne aroǵarysh
ónerkásibi ministrliǵı «Memlekettik radiojıilik qyzmeti» RMK resmı saıty
[Official website of RSE «State radio frequency service» of the Ministry of digital
development, innovation and aerospace industry of the Republic of Kazakhstan].
[Electronic resource]. – <https://rfs.gov.kz> (Application date 20.03.2020)

4 «Bairlans» turaly Qazaqstan Respublikasynyń 2004 jylǵy 5 shildedegi №567 Zańy [Law of the Republic of Kazakhstan dated July 5, 2004 № 567 «On Communications»]

5 Aitmagambetov A.Z., Kulakaeva A.E., Kozhakhmetova B.A., Zhaksylyk A.Zh. Tómengi orbitalyq sputnikter bazasynda radiomonitoring júesi úshin energetikalыq búdjetti baǵalau [Estimation of the energy budget for a radio monitoring system based on LEO satellites]. //AUPET Bulletin . 2019. – № 4 (47). – 88 p.

6 Aitmagambetov, A.Z., Butuzov, Yu.A., Kulakayeva, A.E. The principle of determination of coordinates (width and longitude) radio-frequency radiation source. Certificate about deposition of object of intellectual property. Registration № 2784, 2016.

7 Ram S. Jakhu, Joseph N. Pelton. «Small Satellites and Their Regulation». – Springer, 2014. – 90 p.

8 Oliver Montenbruck, Eberhard Gill. «Satellite Orbits Models, Methods, and Applications». – Springer, 2000. – 384 p.

9 S. T. Goh, S. A. Zekavat, O. Abdelkhalik. «LEO Satellite Formation for SSP : Energy and Doppler Analysis» // IEEE Transactions on aerospace and electronic systems Vol. 51, № 1, January 2015.

10 Joe J. Khalife, Zaher M. Kassas. «Receiver design for doppler positioning with LEO satellites». ICASSP 2019 - 2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) 12-17 May 2019

11 HawkEye компанияның ресми сайты 360 [Electronic resource]. – <https://www.he360.com> (Өтініш берген күні 11.10.2020).

12. 1990 jylǵy jerdiń parametrleri (PZ-90.11). Anyqtamalyq qujat. Resei Federatsıasy Qarǵly Kúshteri Bas shtabynyń áskerı-topografıalyq basqarmasy [Earth parameters of 1990 year (PZ-90.11). Reference document. Military topographic Department of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation]. – 2014. – 52 p.

13. CODATA Recommended values of the fundamental physical constants : 2018 NIST SP 961. – 2019.

Материал баспаға 12.06.21 түсті.

*А. З. Айтмағамбетов¹, А. Е. Кулакаева², А. Т. Жетпісбаева³,
Б. А. Қожахметова⁴, Б. М. Абильмажинов⁵

^{1,4}АО «Международный университет информационных технологий»,
Республика Казахстан, г. Алматы;

²Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы;

³Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

⁵Северо-Казакштанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казакштан, г. Петропавловск.
Материал поступил в редакцию 12.06.21.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНОГО МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ РАДИОМОНИТОРИНГА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В настоящее время стремительный рост числа радиоэлектронных устройств создает дефицит радиочастотного спектра, а также значительно усложняет электромагнитную ситуацию и требует совершенствования функций и задач радиоконтроля. На сегодняшний день невозможно качественное выполнение функций и задач радиоконтроля в рамках существующих наземных средств радиомониторинга с учетом территории Республики Казакштан. Однако для стран с такой большой территорией использование радиочастотного спектра целесообразно использовать малые космические аппараты с низкой орбитой в качестве станции радиоконтроля для повышения эффективности системы радиомониторинга. В статье проведена оценка и анализ энергетического запаса для действующих наземных радиоэлектронных средств и приведен анализ покрытия спутникового радиомониторинга на базе одного низкоорбитального МКА для выполнения функции и задач радиомониторинга. Внедрение системы радиомониторинга на базе низкоорбитальных космических аппаратов позволит повысить эффективность системы радиомониторинга и использование радиочастотного спектра в Республике Казакштан.

Ключевые слова: Радиомониторинг, низкая орбита, малый космический аппарат, радиоэлектронное средство, радиочастотный спектр, Казакштан, частота, радиоконтроль, SNR.

*A. Z. Aitmagambetov¹, A. Ye. Kulakayeva², A. T. Zhetpisbaeva³,
B. A. Kozhakhmetova⁴, B. M. Abilmazhinov⁵

^{1,4}JSC «International Information Technologies University»,
Republic of Kazakhstan, Almaty;

²Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty;

³Kazakh Agro Technical University named after S. Seifullina,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;

⁵North Kazakhstan University named after M. Kozybayev,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk.

Material received on 12.06.21.

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING A LOW-ORBIT
SMALL SPACECRAFT FOR RADIO MONITORING
IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

At present, the rapid growth in the number of radio-electronic devices creates a shortage of radio-frequency spectrum, as well as significantly complicates the electromagnetic situation and requires improving the functions and tasks of radio monitoring. To date, it is impossible to perform high-quality functions and tasks of radio monitoring within the existing ground-based radio monitoring facilities, taking into account the territory of the Republic of Kazakhstan. However, for countries with such a large territory using the radio frequency spectrum, it is advisable to use small spacecraft with a low orbit as a radio monitoring station to improve the efficiency of the radio monitoring system. The article evaluates and analyzes the energy reserve for existing ground-based radio-electronic equipment and analyzes the coverage of satellite radio monitoring based on a single low-orbit small spacecraft for performing the function and tasks of radio monitoring. The introduction of a radio monitoring system based on low-orbit spacecraft will increase the efficiency of the radio monitoring system and the use of the radio frequency spectrum in the Republic of Kazakhstan.

Keywords: Radio monitoring, low orbit, small spacecraft, radio electronic means, radio frequency spectrum, Kazakhstan, frequency, radio monitoring, SNR.

Теруге 12.06.2021 ж. жіберілді. Басуға 24.06.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

6,28 Мб RAM

Шартты баспа табағы 15,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3792

Сдано в набор 12.06.2021 г. Подписано в печать 24.06.2021 г.

Электронное издание

6,28 Мб RAM

Усл. печ. л. 15,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3792

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz