УДК 621.391

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРЫ

© 2016 К.А. Катков, В.П. Пашинцев, Е.К. Катков

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Статья поступила в редакцию 27.10.2016

В работе рассмотрены вопросы создания информационной системы, позволяющей по сигналам спутниковых радионавигационных систем проводить мониторинг ионосферы и выдавать потребителям корректирующую информацию для проведения навигационных определений и организации связи. Определены величины, измерения которых позволяют устранить неопределенность, возникающую при сильных ионосферных возмущениях.

Ключевые слова: спутниковая радионавигационная система, частотно-селективные замирания, навигационный радиосигнал, мониторинга, ионосфера

Известно [1-4], что при воздействии мощным коротковолновым излучением на ионосферу происходит её радионагрев, что приводит к возникновению искусственных ионосферных образований (ИИО). Их характерной особенностью является появление интенсивных неоднородностей электронной концентрации (ЭК), поперечный размер которых варьируется в очень широком диапазоне: от 0,1м до нескольких сотен км. Наибольшее влияние на изменение условий распространения радиоволн через ионосферу оказывают мелкомасштабные (с размерами порядка 100-1000 м) неоднородности ЭК. Последние обуславливают проявление дифракционных свойств ионосферы и возникновение замираний принимаемых сигналов спутниковых радиосистем. В случае передачи простых сигналов замирания носят общий (релеевский или райсовский) характер, а при передаче широкополосных сигналов могут иметь частотно-селективный характер. Это связано с сужением полосы когерентности трансионосферного канала связи. Вследствие этого точность позиционирования спутниковых радионавигационных систем (СРНС), использующих широкополосные радиосигналы при ИИО будет существенно снижаться. При этом потребитель не имеет никакой информации о состоянии трансионосферного канала связи, а навигационная аппаратура потребителей (НАП) не исключает из рабочего созвездия навигационный космический аппарат (НКА), сигнал которого проходит через ИИО, так как сигнал о «нездоровье» НКА в навигационном сообщении отсутствует.

Возникает необходимость иметь достоверную информацию о состоянии ионосферных неоднородностей и их влиянии на характеристики проходящих через нее радиосигналов. В этом могут помочь результаты, полученные в [2]. Опираясь на них можно сказать, что при помощи одного двухчастотного приемника СРНС может проводиться обнаружение ИИО по результатам измерения интенсивности мелкомасштабных неоднородностей ЭК. После обнаружения ИИО возникает задача измерения пространственных координат ИИО, т.е. осуществление пеленгации ИИО.

Зная координаты ИИО можно определить те НРС, которые проходят через нее, рассчитать ошибку определения времени прихода максимума сигнала σ_{τ} , от которой зависит погрешность определения псевдодальности до HKA $\sigma_D = c \cdot \sigma_\tau$. Многократное повышение погрешности измерения псевдодальности даже в одной радиолинии (σ_D), вследствие локального характера ИИО, приводит к повышению погрешности позиционирования ($\Delta q \Box \sigma_D$), не отвечающей требованиям, предъявляемым к СРНС [4-6]. Для решения задачи снижения погрешностей позиционирования при сильных ионосферных возмущениях предлагается создать информационную систему мониторинга ионосферы по сигналам СРНС, конечной целью которой будет являться определение наличия и характеристик ИИО и повышение точности позиционирования потребителей СРНС, сигналы которых попадают в эту область.

Цель статьи: выработка рекомендаций по созданию информационной системы мониторинга ионосферы по сигналам СРНС.

Фазовые и временные флуктуации сигнала. Известно [5-7], что пространственные ($\rho, z = x, y, z$) изменения электронной концентрации в ионосфере $N_e(\rho, z) = \overline{N_e}(z) + \Delta N(\rho, z)$ можно описать совокупностью изменения по

Катков Константин Александрович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики. E-mail: katkoff@mail.ru

Пашинцев Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры информационной безопасности автоматизированных систем. E-mail: pashintsevp@mail.ru.

Катков Евгений Константинович, аспирант. E-mail: kep26@mail.ru

высоте (*z*) ее среднего (фонового) значения \overline{N}_e и пространственных флуктуаций электронной концентрации $\Delta N(\rho, z)$ в мелкомасштабных неоднородностях ионосферы. Последние характеризуются спектральной плотностью мощности флуктуаций электронной концентрации $\Phi_{\Delta N}(q)$, которая хорошо аппроксимируется степенным законом $\Phi_{\Delta N}(q) \sim q^{-\nu}$ распределения неоднородностей пространственного спектра $q = 2\pi/l$ с показателем степени V, где l – масштаб ионосферных неоднородностей в диапазоне $l_{\min} \leq l \leq L_0$ от минимального ($l_{\min} \sim$ несколько метров).

При возникновении в слое F ионосферы искусственных возмущений возрастает интенсивность неоднородностей β (с 10^{-2} до 1). При этом максимальная электронная концентрация \overline{N} возрастает от $2*10^{11}-2*10^{12}$ эл/м³ до $2*10^{14}$ эл/м³. В качестве параметра, характеризующего степень ИВИ, обычно принимается среднее квадратичное отклонение (СКО) флуктуаций электронной концентрации (ЭК) в неоднородностях ионосферы $\sigma_{\Delta N} = \beta \overline{N}_m$. При ИВИ эта величина может достигать значений $2*10^{14}$ эл/м³ [6, 7].

Погрешность местоопределения потребителя (Δq) прямо пропорциональна погрешности измерения псевдодальности ($\sigma_D = c \cdot \sigma_\tau$) до каждого из НКА, которая, в свою очередь, зависит от погрешности измерения времени прихода НРС (σ_τ). Эта погрешность будет зависеть, как от параметров возмущенной ионосферы, так и от параметров искаженного на ионосферных неоднородностях навигационного радиосигнала [8, 9, 14]. Одним из таких параметров является ошибка слежения за фазой принимаемого НРС.

В случае, когда навигационный приемник не может отследить фазу несущей частоты, радиосигнал теряется. Потеря синхронизации связана со срывами слежения системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [9]. Согласно [9, 10] дисперсия ошибки слежения за фазой на выходе системы ФАПЧ определяются, как сумма трех слагаемых:

$$\sigma_{\varphi}^{2} = \sigma_{\varphi S}^{2} + \sigma_{\varphi T}^{2} + \sigma_{\varphi,\Pi P}^{2}, \qquad (1)$$

где $\sigma_{\varphi S}^2$ – дисперсия флуктуаций фазы принимаемого радиосигнала; $\sigma_{\varphi T}^2$ – дисперсия ошибки слежения за фазой из-за теплового шума; $\sigma_{\varphi \Pi P}^2$ – собственный шум генератора приемника ($\sigma_{\varphi \Pi P} \approx 0,122$ рад).

Величина дисперсии флуктуаций фазы принимаемого навигационного радиосигнала, согласно [11], имеет вид:

$$\sigma_{\varphi S}^{2} = \left(\frac{80,8\pi\sigma_{\Delta N}}{cf_{0}}\right)^{2} L_{0}h_{3}\sec\Theta\frac{\Gamma(p/2-1/2)}{\sqrt{\pi}\Gamma(p/2-1)},$$
(2)

где 80,8 – коэффициент с размерностью [м³/c²]; f_0 – частота навигационного радиосигнала; h_3 – эквивалентная толщина ионосферы (500 км); Θ – зенитный угол НКА; P – фазовый спектральный индекс.

Значение фазового спектрального индекса 1,7<p<2 характеризует спокойную или естественно-возмущенную ионосферу. При ИВИ значение р может возрастать до значений 3≤р≤6. Входящая в выражение (2) величина $\sigma_{\scriptscriptstyle \Delta \! N}$ определяет значение СКО флуктуаций ЭК на высоте максимума ионизации ионосферы (≈400 км). Для практических вычислений СКО флуктуации фазы сигнала при ионосферных возмущениях ($\sigma_{\omega S}$) использование выражения (2) затруднительно, так как остается неизвестным максимальный размер ионосферных неоднородностей (L₀) и величина фазового спектрального индекса (р). В настоящее время существуют технические средства, позволяющие провести ряд измерений, устраняющих эту неопределенность. Так, аппаратура «NovAtel GPS-6» позволяет измерить значение СКО интегральной ЭК в наклонной радиолинии $(\sigma_{\Delta N_r}^{_{HAKT}})$ на трассе распространения сигнала. Эта величина определяется выражением [7]

$$\sigma_{\Delta N}^{\text{Haka}} = \sigma_{\Box N} \sqrt{L_0 h_2 \sec \Theta} \frac{\Gamma(p/2 - 1/2)}{\sqrt{\pi} \Gamma(p/2 - 1)}$$
(3)

Зная это и подставив (3) в (2), получим выражение для расчета дисперсии флуктуации фазы принимаемого радиосигнала:

$$\sigma_{\varphi S} = \frac{80, 8\pi}{cf_0} \sigma_{\Delta N_T}^{HAKT}$$
(4)

Выражение (4) показывает, что измерения величины $\sigma_{\Delta N_T}^{\mu a c n}$ позволит определить значение СКО флуктуации фазы принимаемого НРС

Дисперсия теплового шума, вызванная ионосферными возмущениями будет зависеть от типа используемой системы автоматического регулирования (АРУ) в схеме ФАПЧ [11, 13] и также зависеть от величины $\sigma_{\varphi s}$, которая в условиях дальней зоны будет определять индекс мерцаний $S_4 = \sqrt{1 - \exp(-2\sigma_{\varphi s}^2)}$. Выражение для дисперсии теплового шума будет иметь вид

$$\sigma_{\varphi T}^{2} = \frac{B_{n}}{h^{2}} \left[\frac{1}{\left[1 + (h^{2}T)^{-1}\right]} + \frac{\exp(2\sigma_{\varphi S}^{2})}{2h^{2}T\left[1 + (h^{2}T)^{-1}\right]} \right]$$
(5)

где B_n – ширина полосы пропускания приемника; h^2 – отношение энергии принимаемого НРС к спектральной плотности мощности шума; T – время накопления корреляционного интервала на этапе обнаружения сигнала (20 мс). В выражении (5) также присутствует величина $\sigma_{\varphi S}$, которая определяется путем измерения $\sigma_{\Delta N_T}^{nacci}$ и выражением (4).

СКО флуктуации фазы сигнала ($\sigma_{\varphi S}$) будет определять ошибку слежения за временем прихода сигнала (σ_{τ}). Можно предположить, что в условиях сильных ионосферных сцинтилляций ошибка слежения за временем прихода сигнала будет представлять из себя сумму ошибки временных флуктуаций сигнала ($\sigma_{\tau S}$) и ошибки определения времени прихода максимума сигнала ($\sigma_{\tau H}$):

$$\sigma_{\tau} = \sigma_{\tau S} + \sigma_{\tau H} \tag{6}$$

Проиллюстрировать выражение (6) поможет рис. 1 [6]. На рис. 1а показана аддитивная смесь гауссовского шума $n_1(t)$ и амплитуды напряжения сигнала на выходе согласованного фильтра для случаев прихода сигналов с прямоугольными огибающими и одинаковой длительности T_s и разной энергией $E_{r1} > E_{r2}$. При наличии шумов, когда $\sigma_n \neq 0$, момент достижения максимума выходного напряжения согласованного фильтра ($t = \tau + T_s \pm \Delta \tau$) является случайным и отличается от истинного на величину погрешности $\sigma_{\tau} > 0$, которая обратно пропорциональна амплитуде пика указанного напряжения. В данном случае при $U_{rebux1} > U_{rebux2}$ (a_1 – произвольная постоянная) погрешности измерения времени запаздывания соотносятся, как: $\sigma_{\tau 1} < \sigma_{\tau 2}$. Такая картина будет наблюдаться в случае, когда временные флуктуации сигнала, обусловленные сильными фазовыми сцинтилляциями, отсутствуют ($\sigma_{\tau s} \approx 0$).



Рис. 1. Влияние изменения параметров выходного сигнала согласованного фильтра на рост погрешности измерения времени его запаздывания а) влияние амплитуды пика выходного сигнала; б) влияние «расплывания» и смещения отклика согласованного фильтра при ЧСЗ сигнала

В случае возникновения ИИО и сопутствующих им сильных фазовых и амплитудных сцинтилляций навигационный радиосигнал будет подвержен частотно-селективным замираниям. В этом случае будет иметь место «расплывание» отклика согласованного фильтра (рис. 1б), которое сопровождается уменьшением его амплитуды $U_{rBMX} l_{y} < U_{rBMX}$ и «остроты» (т.е. увеличением ширины основания $T_s \rho_q > T_s$). Здесь l_q – коэффициент уменьшения максимального значения амплитуды сигнала, ρ_{u} – коэффициент увеличения длительности сигнала на выходе согласованного фильтра вследствие ЧСЗ входного сигнала. Кроме этого, из-за сильных фазовых флуктуаций будет возникать временная флуктуация сигнала ($\sigma_{\tau S} \neq 0$), которая, согласно [14], определяется выражением

$$\sigma_{\tau S} = \frac{\sigma_{\varphi S}}{2\pi f_0},\tag{7}$$

Подставляя (4) в (7), получаем выражение, позволяющее по измерениям СКО интегральной ЭК концентрации ($\sigma_{\Delta N_r}^{nacc}$) оценить СКО временных флуктуаций НРС при ионосферных возмущениях:

$$\sigma_{\tau S} = \frac{40,4}{cf_0^2} \sigma_{\Pi N_T}^{HAKT}$$
(8)

Для оценки ошибки определения времени прихода максимума сигнала (σ_{rH}) при сильных ионосферных возмущениях и возникающих при этом ЧСЗ принимаемого НРС воспользуемся выражением, полученным в [6]

$$\sigma_{\tau H}^{2} = \frac{\left(1 + 4\Delta F_{0}^{2} / \pi \Delta F_{k}^{2}\right)^{3/2}}{2\pi \Delta F_{0}^{2} h^{2}}, \qquad (9)$$

где ΔF_0 – ширина спектра НРС; ΔF_k – полоса когерентности трансионосферного канала связи определяемая как

$$\Delta F_{k} = \frac{f_{0}}{\sigma_{\varphi S} \sqrt{2\left(1 + d_{1}^{2}/2\right)}},$$
(10)

$$d_1^2 = \frac{\left(3z^2 - 3zh_3 + h_3^2\right)c^2 \sec^2\Theta}{192\pi^2 f_0^2 l_s^4},$$
 (11)

где *z* – расстояние от верхней границы ионосферы до точки приема при вертикальном распространении радиоволн (600 км); *l*_s – характерный размер ионосферных неоднородностей (400 м). С учетом (7), (9), (10) выражение (6) примет вид

$$\sigma_{\tau} = \frac{\sigma_{\phi S}}{2\pi f_0} + \frac{1}{\sqrt{2\pi h^2} \Delta F_0} \left(1 + \frac{8\pi \Delta F_0^2 \sigma_{\phi S}^2 \left(1 + d_1^2 / 2 \right)}{\pi f_0^2} \right)^{3/4}$$
(12)

Анализ выражения (12) показывает, что ошибка слежения за временем прихода сигнала в схеме выбора максимума (σ_{τ}), также, как и фазовая (σ_{φ}), зависит от СКО флуктуации фазы принимаемого HPC ($\sigma_{\varphi S}$). В свою очередь, согласно (4) величина $\sigma_{\omega S}$ может быть получена с помощью измерений СКО интегральной ЭК концентрации в наклонной радиолинии ($\sigma_{\Delta N_r}^{\text{накл}}$). Анализ выражения (12) показывает, что для определения ошибки слежения за временем прихода HPC необходимо измерять ширину полосы когерентности трансионосферного канала связи (ΔF_k) и СКО ПЭС в каждой радиолинии ($\sigma_{\Delta N}^{HAKT}$). Это, очевидно, потребует модификации существующей НАП. Такие модифицированные навигационные приемники (МНП) могут стать частью информационной системы мониторинга ионосферы.

Информационная система мониторинга ионосферы. Для точного местоопределения в условиях сильных ионосферных возмущений аппаратура потребителя должна решать следующие задачи: определять величину ПЭС ионосферы N_s ; находить значение СКО флуктуации ЭК в неоднородностях ионосферы $\sigma_{_{\Delta N}}^{_{_{MAKT}}}$ вдоль трассы каждого HPC; определять величину полосы когерентности трансионосферного канала ΔF_{k} ; вычислять значение СКО измерения псевдодальности (σ_p) до каждого НКА. Решить все эти задачи модификацией только навигационных приемников представляется экономически невыгодным. Более перспективным будет путь создания информационной системы, способной выполнять

функции мониторинга ионосферы и выдавать управляющие сигналы на наземный сегмент СРНС, находящийся в зоне прямой видимости данной системы.

Схематично подобная система изображена на рис. 2. Система состоит из базовой станции (БС) и нескольких модифицированных стационарных навигационных приемников (МНП1-МНП4). Все МНП имеют связь с базовой станцией (БС), которая, в свою очередь, выдает управляющие сигналы и корректирующие поправки наземным потребителям СРНС. На схеме эти потребители изображены в виде отдельных автомобилей.



Рис. 2. Система мониторинга ионосферы

Схема информационной системы мониторинга ионосферы приведена на рис. 3. Она должна включать в себя следующие блоки и элементы:

1. Сеть стационарных МНП. Каждый МНП, интегрированный в информационную систему, представляет собой многоканальный двухчастотный приемник, позволяющий проводить измерения $\sigma_{\Delta N_T}^{_{HAKT}}$ с частотой не ниже 50 Гц.

2. Базовая станция в составе:

- 2.1 Блок вычисления фазовых ошибок.

- 2.2 Блок детектирования области повышенной ионизации.

- 2.3. Блок выдачи информации потребителям.

В качестве потребителей могут выступать другие приемники СРНС. Работа подобной системы будет заключаться в следующем.

1. Каждый МНП, интегрированный в информационную систему, принимает НРС видимых НКА. В каждой радиолинии оценивается ширина полосы когерентности трансионосферного канала (ΔF_{ι}). Это можно делать как внутри МНП, так и на БС. Далее делается вывод о наличии или отсутствии области повышенной ионизации (ОПИ) на трассе распространения сигнала.

2. При наличии ОПИ навигационная задача решается с помощью адаптивного алгоритма [5]. При необходимости возможен ввод псевдоспутника в центре Земли [15]. Полученные ошибки местоопределения (Δq) выдаются потребителям.

3. В блоке вычисления фазовых ошибок, рассчитывается ошибка слежения за фазой сигнала (σ_{φ}) , которая отправляется в блок выдачи информации.

4. Вычисленная в блоке вычисления фазовых ошибок величина СКО флуктуации фазы сигнала (σ_{as}) поступает в блок вычисления временной

ошибки, где вычисляется СКО определения времени прихода сигнала (σ_{τ}).

5. В блоке детектирования ОПИ по данным, полученным из МНП, с помощью алгоритма аппроксимации определяется приблизительная форма и размеры ОПИ, через которые проходят навигационные сигналы и величина полосы когерентности на трассах распространения этих сигналов.



Рис. 3. Информационная система мониторинга ионосферы

6. Вся необходимая информация выдается потребителям СРНС, которые находятся в зоне радиовидимости БС. Пакет выходной информации включает в себя следующее: поправки к вектору пространственно временных координат Δq (могут быть использованы близко расположенными (не далее 1 км) потребителями для корректировки своего местоположения); ширина полосы когерентности трансионосферного канала ΔF_k (позволяет сделать вывод о наличии ЧСЗ в канале связи и возможностей смены режима связи); координаты ОПИ в зоне радиовидимости потребителя Q (данная информация требует пересчета в топоцентрическую систему координат каждого потребителя). Необходима для выбора рабочего созвездия космических аппаратов для организации сеанса навигации или связи; величина ошибки слежения за фазой сигнала σ_{φ} (позволит потребителю скорректировать работу системы ФАПЧ); величина ошибки слежения за временем

прихода сигнала σ_r . Следует отметить, что набор выходных параметров может быть расширен в зависимости от требований потребителей или по специальному запросу. Кроме этого целесообразно, чтобы потребители сообщали базовой станции свои приблизительные координаты. Это позволит самой информационной системе выбирать для каждого потребителя рекомендации на организацию сеанса связи или навигации.

Выводы: информационная система мониторинга ионосферы позволит обеспечить работоспособность наземной аппаратуры СРНС при возникновении ИИО в слое F ионосферы. Элементами такой системы будут модифицированные навигационные приемники, позволяющие определять полосу когерентности канала связи (ΔF_k) и СКО флуктуаций ЭК в ионосфере ($\sigma_{\Delta N}^{HRKT}$). Далее эти МНП интегрируются в создаваемую информационную систему мониторинга ионосферы, которая сможет выполнять следующие функции:

1. Определение наличия ИИО в ионосфере.

2. Проведение навигационных измерений в условиях искусственных ионосферных возмущений с выдачей поправок близко расположенным потребителям.

3. Проведение анализа состояния ионосферы

Предлагаемая информационная система обеспечит снижение погрешностей позиционирования потребителей СРНС (Δq) при возникновении сильных ионосферных возмущений локального характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Лобанов, Б.С. Исследование возможности создания в ионосфере объемных образований, эффективно взаимодействующих с электромагнитным излучением в сверхшироком диапазоне частот // Теория и техника радиосвязи. 2009. №3. С. 16-24.
- Пашинцев, В.П. Обнаружение искусственных ионосферных образований с помощью спутниковых радионавигационных систем / В.П. Пашинцев, С.А. Коваль, В.И. Стрекозов, М.Ю. Бессмертный // Теория и техника радиосвязи. 2013. №1. С. 112-116.
- Пашинцев, В.П. Влияние ионосферы на измерение времени запаздывания сигнала в спутниковых радионавигационных системах / В.П. Пашинцев, М.В. Гамов // Радиоэлектроника. 2002. Т. 45, №12. С. 3-13.
- Пашинцев, В.П. Спутниковая навигация при ионосферных возмущениях / В.П. Пашинцев, К.А. Катков, Р.П. Гахов и др. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. 259 с.
- Пашинцев, В.П. Адаптивный алгоритм определения вектора пространственно-временных координат / В.П. Пашинцев, К.А. Катков, Р.П. Гахов // Вопросы радиоэлектроники. 2013. Т. 4, №1. С. 138-150.
- Пашинцев, В.П. Оценка погрешности измерения псевдодальности в спутниковых радионавигационных системах при возмущениях ионосферы в слое F / В.П. Пашинцев, М.А. Солчатов, А.М. Спирин, К.А. Катков // Физика волновых процессов и

радиотехнические системы. 2007. Т. 10, №6. С. 8-13.

- Маслов, О.Н. Модели трансионосферных радиоканалов и помехоустойчивость систем космической связи / О.Н. Маслов, В.П. Пашинцев // Приложение к журналу «Инфокоммуникационные технологии». Вып. 4. – Самара: ПГАТИ, 2006. 357 с.
- *Rino, C.L.* A power law phase screen model for ionospheric scintillation // 1, Weak scatter, Radio Sci. 1979. V. 14(6). P. 1135-1145.
- Béniguel, Y. Scintillations effects on satellite to Earth links for telecommunication and navigation purposes / Y. Béniguel, B. Forte, S.M. Radicella et al. // Annals of geophysics. 2004. Supplement to vol. 47. № 2/3. P. 1179-1199.
- Conker, R.S. Modeling the effects of ionospheric scintillation on GPS/Satellite-Based Augmentation System availability / *R.S. Conker, M.B. El-Arini, C.J. Hegarty, T. Hsiao* // Radio Science. 2003. Vol. 38, No. 1. P. 1-23.
- Катков, К.А. Влияние параметров возмущенной ионосферы на ошибку слежения за фазой навигационного радиосигнала / К.А. Катков, В.П. Пашинцев, Е.К. Катков // Современная наука и инновации. Вып. №2(14). – Ставрополь – Пятигорск, 2016. С. 52-64.
- Рытов, С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля / С.М. Рытов, Ю.Н. Кравцов, В.И. Татарский. – М.: Наука, 1978. 468 с.
- 13. *Knight, M.F.* A Comparison of Predicted and Measured GPS Performance in an Ionospheric Scintillation Environment / *M.F. Knight, M. Cervera, A. Finn* // Proceedings of ION GPS-99, The Twelfth International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation. 1999. P. 1437-1450.
- Тепляков, И.М. Ионосферные искажения цифровых сигналов с широкополосной модуляцией // Радиотехника. 1984. № 8. С. 8-13.
- 15. *Катков, К.А.* Использование псевдоспутника в центре Земли в спутниковых радионавигационных системах / *К.А. Катков, С.А. Скорынина, М.С. Окулова* // Двойные технологии. 2009. №4. С. 56-63.

INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE IONOSPHERE

© 2016 K.A. Katkov, V.P. Pashintsev, E.K. Katkov

North Caucasus Federal University, Stavropol

The paper deals with the creation the information system allowing on signals of satellite radio navigational systems to carry out monitoring of an ionosphere and to issue to consumers the correcting information for carrying out navigation definitions and organization of communication are considered. Sizes which measurements allow to eliminate the uncertainty arising at strong ionospheric disturbances are determined.

Key words: satellite radio navigational system, frequency selective dying down, navigation radio signal, monitoring, ionosphere

Konstantin Katkov, Candidate of Technical Sciences, Head of the Informatics Department. E-mail: katkoff@mail.ru; Vladimir Pashintsev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Automated Information Security Systems Department. Email: pashintsevp@mail.ru; Evgeniy Katkov, Post-graduate Student. E-mail: kep26@mail.ru