

**ВЛИЯНИЕ ТИПА ЛЕСНОГО ПОКРОВА
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
НА УРОВЕНЬ ОТРАЖЕННЫХ ОТ НЕЕ РАДИОСИГНАЛОВ
СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ПРИ ПОЛЕТАХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА МАЛЫХ ВЫСОТАХ**

Н.Е. Зубов^{1,2}

nezubov@bmstu.ru

А.А. Ещенко³

zamnavig@atminst.ru

С.С. Демин⁴

ssdemin@mail.ru

Г.Е. Масленникова⁴

maslennikova@gosniiga.ru

С.В. Иваненко³

work_group777@inbox.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

² ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»,

г. Королёв, Московская обл., Российская Федерация

³ НИИ Аэронавигации — филиал ФГУП «ГосНИИ ГА»,

Москва, Российская Федерация

⁴ ФГУП «ГосНИИ ГА», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проведен анализ влияния типа лесного покрова подстилающей поверхности на уровень отраженных от нее радиосигналов спутниковых радионавигационных систем и, соответственно, на качество функционирования размещаемой на воздушных судах аппаратуры потребителей при полетах на малых высотах. Анализ полученных с использованием методов математического моделирования зависимостей отношений сигнал/помеха от угла места навигационных космических аппаратов рабочего созвездия и высоты полета воздушного судна для разных типов лесных покровов показал, что наибольшим уровнем помех характеризуется пересеченная голая местность, а наименьшим уровнем — редкий лес. Это можно объяснить тем, что большая часть электромагнитных волн проникает вглубь леса, где они поглощаются вследствие многократных переотражений. Чем гуще лесной покров, тем меньше степень поглощения и выше уровень помех

Ключевые слова

Спутниковая радионавигационная система, воздушное судно, высота полета, угол места космического аппарата, подстилающая поверхность, лесной покров, отражение, эффективная площадь рассеяния

Поступила 21.01.2019

© Автор(ы), 2019

Введение и постановка задачи исследования. Результирующая точность навигационных определений воздушных судов (ВС), осуществляющих полеты на малых высотах с использованием спутниковых радионавига-

ционных систем (СРНС) типа ГЛОНАСС и GPS [1–3], определяется многими факторами [4–7], например отражениями от подстилающей поверхности, поскольку их влияние, в отличие от других источников снижения точности, в частности тропосферных и ионосферных флуктуаций на трассе распространения радиосигнала, не устраняется путем использования дифференциальных методов навигационных определений.

Вопросы влияния многолучевого распространения радиосигнала на точностные характеристики СРНС рассматривались в [8]. Мощность сигнала, отраженного от подстилающей поверхности, зависит от характера последней. Как правило, при анализе отражающей способности подстилающей поверхности используется модель Бекмана [9–11]. В рамках этой модели поверхность полагается шероховатой, состоит из произвольно ориентированных граней, которые представляются «блестящими точками», зеркально отражающими падающую волну. Коэффициент отражения рассчитывается по формуле Френеля, поскольку полагается, что размеры граней существенно превышают длину волны радиосигнала, используемого в СРНС ($l \gg \lambda$). При этом сигнал на входе аппаратуры потребителей (АП) СРНС будет представлять собой сумму волн, отраженных одинаково ориентированными гранями. Поскольку в зону отражения попадает много неровностей подстилающей поверхности, описываемых моделью Бекмана, то, в соответствии с центральной предельной теоремой Ляпунова, при вероятностном описании распределения высот неровностей плотность вероятностей этого распределения можно полагать нормальной.

Результаты исследования. Существенное влияние на уровень отражений от подстилающей поверхности оказывает характер ее лесного покрова. В рамках модели Бекмана он может быть учтен так называемой эффективной площадью рассеяния $S_{эф}$, которая отличается для лесных покровов разных типов.

Следует отметить, что в связи с многообразием типов лесных покровов в настоящее время не существует единой модели для их описания. При описании редкого голого лесного покрова обычно используется модель Тейка, в рамках которой такой лес представляется совокупностью случайным образом расположенных на подстилающей поверхности перпендикулярно ориентированных к ней тонких длинных диэлектрических цилиндров.

Густой лиственный лес описывается крупно- и мелкомасштабной моделями, густой зимний лес со снежными шапками — крупномасштабной моделью, хвойный лес — моделью Тейка и мелкомасштабной моде-

лью, густой голый лес, кустарники и травянистые растения — моделью Клапса [12].

Модель Тейка является геометрической моделью. Модели такого типа используются для описания шероховатых земных покровов и позволяют рассчитывать эффективные площади рассеяния их лесных покровов. На параметры модели Тейка накладываются следующие ограничения.

1. Диэлектрические цилиндры, составляющие основу модели, имеют бесконечную длину. Полагают, что рассеяние радиоволн происходит в основном на верхней части лесного покрова и слабо зависит от характеристик подстилающей поверхности под ним. Имеющиеся экспериментальные данные подтверждают это допущение.

2. Средний диаметр цилиндров $d_{ц}$ существенно меньше длины радиоволны λ . Поскольку в диапазоне волн, в котором работают СРНС, $\lambda \approx 20$ см, а средний диаметр веток крон деревьев, на которых и происходит рассеяние, $d_{ц} \approx 0,5 \dots 2$ см, это условие выполняется.

Плотности вероятностей параметров, характеризующих ориентацию цилиндров — углов их наклона и угла поворота в рамках модели Тейка, описываются выражениями:

$$W(\varphi_{ci}) = \frac{\pi}{2};$$

$$W(\theta_{ci}) = \left[\frac{3}{2} \pi \right] \cos^2 \theta_{ci},$$

где φ_{ci} — угол наклона цилиндров; θ_{ci} — угол поворота цилиндров. В СРНС ГЛОНАСС и GPS используется круговая поляризация сигнала. При этом эффективная площадь рассеяния записывается так:

$$S_{эф} = \frac{I + \cos^2 \theta_{ci}}{2} S_{эф}^{\Gamma} + \frac{\sin^2 \theta_{ci}}{2} S_{эф}^{\text{В}}.$$

Здесь $S_{эф}^{\Gamma}$, $S_{эф}^{\text{В}}$ — эффективные площади рассеяния для составляющих сигнала с горизонтальной и вертикальной поляризациями.

По мере прохождения электромагнитной волны вглубь лесного покрова ее амплитуда затухает по экспоненциальному закону.

Густой голый лес, а также кустарники и травянистые растения описываются моделью Клапса, обеспечивающей хорошее совпадение результатов расчетов с экспериментальными данными. При этом эффективная площадь рассеяния в рамках данной модели описывается следующими выражениями:

$$S_{\text{эф}}^{\text{MMB}} = \frac{4}{\pi} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 h^2 \cos^2 \theta_i \cos^2 \theta_s \alpha_B^2 I;$$

$$S_{\text{эф}}^{\text{MMГ}} = \frac{4}{\pi} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 h^2 \cos^2 \theta_i \cos^2 \theta_s \alpha_{\Gamma}^2 I;$$

$$S_{\text{эф}}^{\text{KMB}} = \beta_B^2 j; \quad S_{\text{эф}}^{\text{KMГ}} = \beta_{\Gamma}^2 j,$$

где $S_{\text{эф}}^{\text{MMB}}$, $S_{\text{эф}}^{\text{MMГ}}$ и $S_{\text{эф}}^{\text{KMB}}$, $S_{\text{эф}}^{\text{KMГ}}$ — эффективные площади рассеяния для составляющих сигналов с вертикальной и горизонтальной поляризациями, формируемыми частью лесного покрова, описываемой мелкомасштабной и крупномасштабной моделями;

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{(\mu - 1)(\mu \sin \theta_i \sin \theta_s) - \cos \varphi_s \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_i} \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_s} + \mu^2 (\varepsilon - 1) \cos \varphi_s}{(\mu \cos \theta_i + \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_i})(\mu \cos \theta_s + \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_s})};$$

$$\alpha_B = \frac{\mu (\varepsilon - 1) \sin \varphi_s - \cos \varphi_s \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_i} - \varepsilon (\mu - 1) \sin \varphi_s \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_s}}{(\varepsilon \cos \theta_i + \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_i})(\mu \cos \theta_s + \sqrt{\varepsilon \mu - \sin^2 \theta_s})};$$

$$\beta_{\Gamma} = \frac{-\sin \theta_i \sin \theta_s \sin^2 \varphi_s R_n(\psi_i) - a_2 a_3 R_i(\psi)}{a_1 a_4};$$

$$\beta_B = \frac{-\sin \theta_i a_3 R_n(\psi_i) + \sin \theta_s a_2 R_i(\psi) \sin \varphi_s}{a_1 a_4};$$

$$a_1 = 1 + \sin \theta_i \sin \theta_s \cos \varphi_s - \cos \theta_i \cos \theta_s;$$

$$a_2 = \sin \theta_i \sin \theta_s \cos \varphi_s + \cos \theta_i \cos \theta_s;$$

$$a_3 = \sin \theta_i \sin \theta_s \cos \varphi_s + \sin \theta_s \cos \theta_i \cos \theta_s;$$

$$a_4 = \cos \theta_i + \cos \theta_s;$$

$$I = 2\pi \int_0^{\infty} x R(x) \Psi_0 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2} x \right) dx;$$

$$I = 2\pi \int_0^{\infty} x R(x) \Psi_0 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2} x \right) dx;$$

$$J = 2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \int_0^{\infty} x J_0 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2} x \right) dx,$$

где $J_0(x)$ — функция Бесселя нулевого порядка; $R(x)$ — корреляционная функция процесса, описывающего флуктуации высот неровностей подстилающей поверхности.

Реальный лесной покров, как правило, не удается описать в рамках какой-нибудь одной модели поверхности. Так, лиственный и хвойный леса, вершины деревьев которых сомкнуты, являются сложными поверхностями, для описания которых необходимо использование крупно- и мелкомасштабной моделей. Отдельно крупномасштабная модель достаточно точно описывает лишь кроны деревьев с шапками снега зимнего леса.

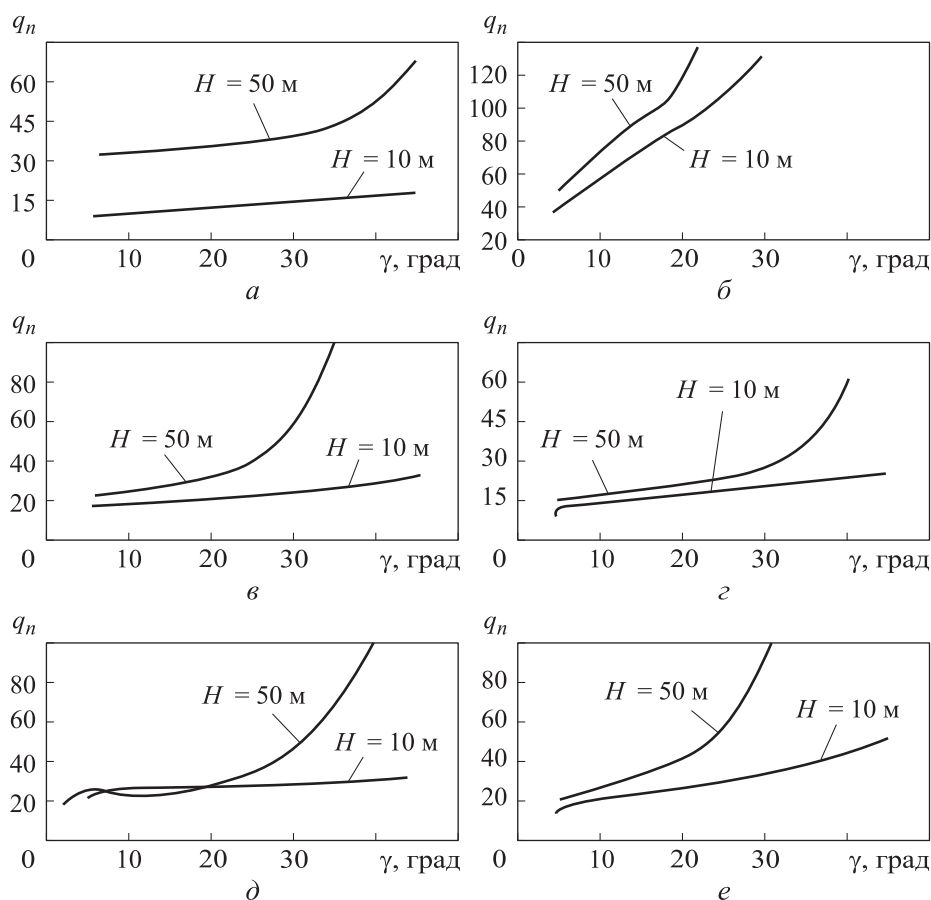
Используя сложную модель, эффективную площадь рассеяния определяют как сумму эффективных площадей рассеяния отдельных составляющих поверхности, которые вычисляются с использованием описывающих их частных моделей. Правомерность такого подхода можно обосновать следующим образом.

При слабошероховатой модели поверхности предполагается наличие достаточно большой когерентной составляющей в отраженном сигнале. При наложении этой модели на крупномасштабную модель в рамках результирующей модели присутствует когерентная составляющая, обусловленная отражениями от однонаправленных граней, и некогерентная составляющая, обусловленная отражениями от остальных граней. Как отмечалось ранее, лиственный лес описывается крупно- и мелкомасштабной моделями совместно. Крупномасштабная модель описывает кроны деревьев со среднеквадратическим отклонением (СКО) высот неровностей ~ 2 м и интервалом корреляции ~ 5 м.

С помощью мелкомасштабной модели описывают шероховатости, формируемые листвой и хвоей деревьев. Среднеквадратическое отклонение высот неровностей примем равным 5 см, а интервал корреляции 8 см. Проведенный анализ показал, что СКО высот неровностей и интервал корреляции в данных моделях определяются в основном размерами крон деревьев и размерами листьев.

При описании рассеяния радиоволн от хвойного леса модель Тейка используется для описания рассеяния от стволов деревьев, а мелкомасштабная модель — от веток.

На рисунке приведены зависимости отношения сигнал/помеха q_n от угла места космического аппарата γ и высоты H полета ВС для разных



Зависимость отношения сигнал/шум q_n от угла γ и высоты H полета ВС для пересеченной голой местности, $h = 1,5$ м, $l = 15$ м (а); редкого голого леса, $S = 1$ см², $n = 300$, $f = 0,7$ (б); густого голого леса с кустарниками, $f = 0,7$ (в); лиственного леса, $l_k = 5$ м, $l_m = 8$ см, $h_k = 2$ м, $h_m = 5$ см, $f = 0,7$ (г); зимнего леса с шапками снега, $l = 5$ м, $h = 2$ м, $\varepsilon = 3$ (д); хвойного леса, $S = 4$ см², $n = 300$, $f = 0,7$ (е)

типов лесного покрова, полученные с использованием методики математического моделирования.

Введем обозначения: h и l — СКО высот неровностей и их радиус пространственной корреляции; h_m и l_m — то же для мелкомасштабной модели, описывающей листву и хвою деревьев; h_k и l_k — то же для крупномасштабной модели, описывающей крону; n и S — среднее число веток на 1 м² и средняя площадь их сечения; f — доля воды в массе веток; ε — диэлектрическая проницаемость.

Как следует из рисунка, наибольшим уровнем помех характеризуется пересеченная голая местность, а наименьшим уровнем — голый редкий

лес. Остальные виды лесных покровов занимают промежуточное положение. Отметим, чем гуще лесной покров, тем меньше степень поглощения и выше уровень помех.

Заключение. Выполнен анализ влияния типа лесного покрова подстилающей поверхности на уровень отраженных от нее радиосигналов СРНС и, соответственно, на качество функционирования размещаемой на ВС аппаратуры потребителей при полетах на малых высотах. Анализ полученных с использованием методов математического моделирования зависимостей отношений сигнал/помеха от угла места навигационных космических аппаратов рабочего созвездия и высоты полета ВС для разных типов лесных покровов показал, что наибольшим уровнем помех характеризуется пересеченная голая местность, а наименьшим уровнем — голый редкий лес, что можно объяснить тем, что большая часть электромагнитных волн проникает вглубь леса, где они поглощаются за счет многократных переотражений, чем гуще лесной покров, тем меньше степень поглощения и выше уровень помех.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. М., ИТЦ «Эко-Трендз», 2000.
- [2] Кинкулькин И.Е. Современная аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем. Радиотехника, 1996, № 2, с. 86–89.
- [3] Перов А.И., Харисов В.Н., ред. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. М., Радиотехника, 2005.
- [4] Болелов Э.А., Козлов А.И., Маслов В.Ю. Дистанционное измерение профиля температуры нижних слоев атмосферы методом радиополяриметрии. *Научный вестник МГТУ ГА*, 2017, № 6, с. 152–163.
- [5] Быстраков С.Г., Соловьев Ю.А., Устюжанин Д.А. Методика априорной оценки эксплуатационных характеристик СДКМ ГЛОНАСС. *Новости навигации*, 2017, № 2, с. 17–23.
- [6] Быстраков С.Г., Соловьев Ю.А., Устюжанин Д.А. Методические вопросы априорной оценки точности определения координат посредством дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS на этапе посадки воздушного судна. *Журнал ЦНИИ ВВС МО РФ*, 2015, № 1, с. 148–159.
- [7] Губерман И.Б. Оценка соответствия радиоэлектронной аппаратуры установленным требованиям на основе теории нечетких множеств. *Научный вестник МГТУ ГА*, 2012, № 186, с. 126–129.
- [8] Зенкевич О.А., ред. Энергетическая характеристика космических радиолитий. М., Советское радио, 1972.

- [9] Beckmann P., Spizzichino A. The scattering of electromagnetic waves from rough surface. Pergamon Press, 1963.
- [10] Зубкович С.Г. Статистические характеристики сигналов, отраженных от земной поверхности. М., Советское радио, 1968.
- [11] Жуковский А.П., Оноприенко Е.И., Чижов В.И. Теоретические основы радиовысотометрии. М., Советское радио, 1979.
- [12] Красюк Н.П., Коблов В.Л., Красюк В.Н. Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС. М., Радио и связь, 1988.

Зубов Николай Евгеньевич — д-р техн. наук, профессор кафедры «Системы автоматического управления», декан факультета «Ракетно-космическая техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1); профессор аспирантуры ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва» (Российская Федерация, 141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Ленина, д. 4А).

Ещенко Александр Александрович — заместитель директора по аэронавигационному обслуживанию НИИ Аэронавигации — филиал ФГУП «ГосНИИ ГА» (Российская Федерация, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 26).

Демин Сергей Сергеевич — д-р экон. наук, доцент, заместитель генерального директора ФГУП «ГосНИИ ГА» (Российская Федерация, 125438, Москва, Михалковская ул., д. 67, корп. 1).

Масленникова Галина Евгеньевна — д-р техн. наук, начальник отдела ФГУП «ГосНИИ ГА» (Российская Федерация, 125438, Москва, Михалковская ул., д. 67, корп. 1).

Иваненко Сергей Витальевич — инженер, ведущий специалист НИИ Аэронавигации — филиал ФГУП «ГосНИИ ГА» (Российская Федерация, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 26).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Зубов Н.Е., Ещенко А.А., Демин С.С. и др. Влияние типа лесного покрова подстилающей поверхности на уровень отраженных от нее радиосигналов спутниковых радионавигационных систем при полетах воздушных судов на малых высотах. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2019, № 6, с. 64–74. DOI: 10.18698/0236-3933-2019-6-64-74

**INFLUENCE OF THE TYPE OF THE UNDERLYING SURFACE
FOREST COVER ON THE LEVEL OF SNS RADIO SIGNALS
REFLECTED FROM THE SURFACE AT LOW-ALTITUDE
AIRCRAFT FLIGHT**

N.E. Zubov^{1,2}

nezubov@bmstu.ru

A.A. Eshchenko³

zamnavig@atminst.ru

S.S. Demin⁴

ssdemin@mail.ru

G.E. Maslennikova⁴

maslennikova@gosniiga.ru

S.V. Ivanenko³

work_group777@inbox.ru

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

² S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia,
Korolev, Moscow Region, Russian Federation

³ Branch “Research and Development Institute of Air Navigation”
of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation,
Moscow, Russian Federation

⁴ State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

Abstract

The purpose of the study was to analyze the influence of the type of the underlying surface forest cover on the level of SNS radio signals reflected from the surface and, accordingly, on the aircraft user equipment efficiency at low-altitude flying. By mathematical simulation, we analyzed the dependences of the signal-to-noise ratio on the elevation angle of navigation spacecraft of the working constellation and the aircraft flight altitude for different types of forest cover. Findings of research show that the rugged barren terrain is characterized by the highest noise level, while the lowest noise level is typical for the thin forest. This can be explained by the fact that most electromagnetic waves penetrate deep into the forest, where they are absorbed due to multiple reflections. Moreover, the thicker the forest cover, the lower the degree of absorption and the higher the noise level

Keywords

*Satellite navigation system,
aircraft, flight altitude, elevation
angle of spacecraft, underlying
surface, forest cover, reflection,
scattering cross-section*

Received 21.01.2019

© Author(s), 2019

REFERENCES

- [1] Solov'yev Yu.A. Sistemy sputnikovoy navigatsii [Satellite navigation systems]. Moscow, Eko-Trendz Publ., 2000.
- [2] Kinkul'kin I.E. Modern equipment of consumers of satellite radio navigating systems. *Radiotekhnika* [Radioengineering], 1996, no. 2, pp. 86–89 (in Russ.).

- [3] Perov A.I., Kharisov V.N., ed. GLONASS. Printsipy postroeniya i funktsionirovaniya [GLONASS. Principles of construction and functioning]. Moscow, Radio-tekhnika Publ., 2005.
- [4] Bolelov E.A., Kozlov A.I., Maslov V.Yu. Remote measurement of the atmosphere lower layers temperature profile by means of radio polarimetry. *Nauchnyy vestnik MGTU GA* [Civil Aviation High Technologies], 2017, no. 6, pp. 152–163 (in Russ.).
- [5] Bystrakov S.G., Solov'yev Yu.A., Ustyuzhanin D.A. Performance a priory evaluation techniques for GLONASS SDCM. *Novosti navigatsii*, 2017, no. 2, pp. 17–23 (in Russ.).
- [6] Bystrakov S.G., Solov'yev Yu.A., Ustyuzhanin D.A. Methodological aspects of prior estimation of positional accuracy through the differential GLONASS/ GPS subsystem during the landing phase of an aircraft. *Zhurnal TsNII VVS MO RF*, 2015, no. 1, pp. 148–159 (in Russ.).
- [7] Guberman I.B. Estimation of conformity of the radio-electronic equipment requirements on the basis of the theory of indistinct sets. *Nauchnyy vestnik MGTU GA* [Civil Aviation High Technologies], 2012, no. 186, pp. 126–129 (in Russ.).
- [8] Zenkevich O.A., ed. Energeticheskaya kharakteristika kosmicheskikh radiolinii [Power characteristic of space radio lines]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1972.
- [9] Beckmann P., Spizzichino A. The scattering of electromagnetic waves from rough surface. Pergamon Press, 1963.
- [10] Zubkovich S. G. Statisticheskie kharakteristiki signalov, otrazhennykh ot zemnoy poverkhnosti [Statistical characteristics of signals reflected from a terrestrial surface]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1968.
- [11] Zhukovskiy A.P., Onoprienko E.I., Chizhov V.I. Teoreticheskie osnovy radio-vysotometrii [Theoretical basis of radio altimeter measurements]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1979.
- [12] Krasnyuk N.P., Koblov V.L., Krasnyuk V.N. Vliyanie troposfery i podstilayushchey poverkhnosti na rabotu RLS [Effect of troposphere and spreading surface on radar system operation]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1988.

Zubov N.E. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Automated Control Systems, Dean, Aerospace Technology Faculty, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation); Professor, Post-Graduate Studies Department, S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia (Lenina ul. 4A, Korolev, Moscow Region, 141070 Russian Federation).

Eshchenko A.A. — Deputy Director in Charge of Air Navigation Service, Branch “Research and Development Institute of Air Navigation” of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (Volokolamskoe shosse 26, Moscow, 123182 Russian Federation).

Demin S.S. — Dr. Sc. (Econ.), Assoc. Professor, Deputy Director General, State Scientific Research Institute of Civil Aviation (Mikhalkovskaya ul. 67, korpus 1, Moscow, 125438 Russian Federation).

Maslennikova G.E. — Dr. Sc. (Eng.), Head of Department, State Scientific Research Institute of Civil Aviation (Mikhalkovskaya ul. 67, korpus 1, Moscow, 125438 Russian Federation).

Ivanenko S.V. — Engineer, Leading Specialist, Branch “Research and Development Institute of Air Navigation” of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (Volokolamskoe shosse 26, Moscow, 123182 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Zubov N.E., Eshchenko A.A., Demin S.S., et al. Influence of the type of the underlying surface forest cover on the level of SNS radio signals reflected from the surface at low-altitude aircraft flight. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2019, no. 6, pp. 64–74 (in Russ.).

DOI: 10.18698/0236-3933-2019-6-64-74

	<p>В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышло в свет учебное пособие авторов Е.А. Микрина, М.В. Михайлова</p> <p>«Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем»</p> <p>Рассмотрены задачи координатно-временного обеспечения космического аппарата, решаемые аппаратурой спутниковой навигации, а именно: формирование бортовой шкалы времени; определение ориентации; навигация при сближении и спуске космического аппарата в атмосфере, а также навигация средств выведения.</p> <p>Для студентов и аспирантов авиа- и ракетостроительных специальностей высших технических учебных заведений, научных работников и инженеров, занимающихся разработкой, проектированием и испытаниями навигационных систем космических аппаратов.</p> <p>По вопросам приобретения обращайтесь: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1 +7 (499) 263-60-45 press@bmstu.ru http://baumanpress.ru</p>