

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра физики и аэрокосмических технологий

Аннотация к дипломной работе

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЛОБАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Жевняк Ядвига Олеговна

Научный руководитель — доцент А.В. Поляков

Минск, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 51 страницу, 20 рисунков, 9 таблиц, 29 источников.

ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА, ОСЛАБЛЕНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ, ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА, ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ/ШУМ, РАДИОПОМЕХИ.

Объектом исследования являются глобальные навигационные спутниковые системы. **Цель работы** заключается в проведении многопараметрического исследования факторов, определяющих энергетический запас радиолинии ГНСС.

Предложена математическая модель, описывающая факторы, влияющие на энергетический запас радиолинии навигационной спутниковой системы. Установлено, что в спокойной атмосфере сигнал ослабляется из-за молекулярного поглощения таких газов, как кислород и водяной пар. Для частот сигналов 1–2 ГГц удельное поглощение кислородом больше удельного поглощения в водяном паре в 17 раз и составляет $(4,9–5,9) \cdot 10^{-3}$ дБ/км. Полные потери в кислороде при угле места г.Минска не превышают 0,15 дБ. Дополнительные потери сигнала могут быть вызваны ослаблением за счет гидрометеоров. Удельные потери сигнала в сухом снеге меньше, чем в мокром, а удельные потери в дожде меньше удельных потерь сигнала в мокром снеге в 1,7 раза. При этом, полные потери сигнала в дожде для угла места г.Минска не превышают 2,5 дБ, в то время как в мокром снеге – 0,25 дБ. Так происходит за счёт того, что максимальная интенсивность снегопадов меньше средних интенсивностей дождей. Спектральная мощность шумов зависит от угла места приемной системы и диэлектрической проницаемости отражающей поверхности. С увеличением угла места данная величина увеличивается для влажной почвы, уменьшается для сухой почвы и практически не изменяется для умеренно влажной почвы в диапазоне углов места 18° – 30° . Для г.Минска в спокойной атмосфере при температуре 290 К отношение сигнал/шум составляет 32,5 дБ для ГЛОНАСС, 33,1 дБ для GPS и 45,8 дБ для GALILEO, при этом полученные значения уменьшаются не более, чем на 4 дБ при наличии осадков. Получены зависимости величины подавления навигационного сигнала от мощности передатчика помех и угла места при различных типах помех.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца змяшчае 51 старонку, 20 малюнкаў, 9 табліц, 29 крыніц.

ГЛАБАЛЬНЫЯ НАВІГАЦЫЙНЫЯ СПАДАРОЖНІКАВЫЯ СІСТЭМЫ, ПАСЛАБЛЕННЕ РАДЫЁСІГНАЛАЎ, ШУМАВАЯ ТЭМПЕРАТУРА, АДНОСІНЫ СІГНАЛ/ШУМ, РАДЫЁПЕРАШКОДЫ.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца глабальныя навігацыйныя спадарожнікавыя сістэмы. **Мета працы** заключаецца ў правядзенні шматпараметрычнага даследавання фактараў, якія вызначаюць энергетычны запас радыёлініі ГНСС.

Прапанавана матэматычная мадэль, якая апісвае фактары, якія ўплываюць на энергетычны запас радыёлініі навігацыйнай спадарожнікавай сістэмы. Устаноўлена, што ў спакойнай атмасферы сігнал аслабляецца з-за малекулярнага паглынання такіх газаў, як кісларод і вадзяная пара. Для частот сігналаў 1–2 ГГц удзельнае паглыннанне кіслародам больш удзельнага паглынання ў вадзяной пары ў 17 разоў і складае $(4,9–5,9) \cdot 10^{-3}$ дБ/км. Поўныя страты ў кіслародзе пры вугле месца г. Мінска не перавышаюць 0,15 дБ. Дадатковыя страты сігналу могуць быць выкліканы паслабленнем за рахунак гідраметэораў. Удзельныя страты сігналу ў сухім снезе меншыя, чым у мокрым, а ўдзельныя страты ў дажджы меншыя за ўдзельныя страты сігналу ў мокрым снезе ў 1,7 раза. Пры гэтым, поўныя страты сігналу ў дажджы для кута месца г. Мінска не перавышаюць 2,5 дБ, у той час як у мокрым снезе – 0,25 дБ. Так адбываецца за кошт таго, што максімальная інтэнсіўнасць снегападаў меншая за сярэднія інтэнсіўнасці дажджоў. Спектральная магутнасць шумоў залежыць ад кута месца прыёмнай сістэмы і дыэлектрычнай пранікальнасці паверхні, якая адлюстроўвае шумы. З павелічэннем кута месца дадзеная велічыня павялічваецца для вільготнай глебы, памяншаецца для сухой глебы і практычна не змяняецца для ўмерана вільготнай глебы ў дыяпазоне кутаў месца 18°–30°. Для г.Мінска ў спакойнай атмасферы пры тэмпературы 290 К стаўленне сігнал/шум складае 32,5 дБ для ГЛОНАСС, 33,1 дБ для GPS і 45,8 дБ для GALILEO, пры гэтым атрыманыя значэнні памяншаюцца не больш, чым на 4 дБ пры наяўнасці ападкаў. Атрыманы залежнасці велічыні падаўлення навігацыйнага сігналу ад магутнасці перадатчыка перашкод і кута месца пры розных тыпах перашкод.

ABSTRACT

Thesis contains 51 pages, 20 figures, 9 tables, 29 sources.

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS, RADIO SIGNAL ATTENUATION, NOISE TEMPERATURE, SIGNAL NOISE RATIO, RADIO INTERFERENCE.

Global navigation satellite systems are the *object of study*. *The purpose of study* is conduction of multiparametric research of factors defining energy reserve of radio link of GNSS.

A mathematical model that describes the factors affecting the energy reserve of the radio link of a navigation satellite system is proposed. It has been found that the signal is attenuated in a calm atmosphere due to molecular absorption of gases such as oxygen and water vapor. For signal frequencies of 1–2 GHz, the specific absorption in oxygen is 17 times greater than the specific absorption in water vapor and is $(4.9\text{--}5.9)\cdot 10^{-3}$ dB/km. The total loss in oxygen at the elevation angle of Minsk does not exceed 0.15 dB. Additional signal loss may be caused by hydrometeor attenuation. The specific signal loss in dry snow is less than in wet snow, and the specific signal loss in rain is 1.7 times less than the specific signal loss in wet snow. At the same time, the total signal loss in rain for the elevation angle of Minsk does not exceed 2.5 dB, while in wet snow it is 0.25 dB. This is due to the fact that the maximum intensity of snowfalls is less than the average intensity of rains. The spectral power of the noise depends on the elevation angle of the receiving system and the permittivity of the reflecting surface. As the elevation angle increases, this value increases for wet soil, decreases for dry soil, and practically does not change for moderately moist soil in the range of elevation angles of 18° – 30° . For Minsk in a calm atmosphere at a temperature of 290 K, the signal-to-noise ratio is 32,5 dB for GLONASS, 33,1 dB for GPS and 45,8 dB for GALILEO, the obtained values decrease by no more than 4 dB in the presence of precipitation. Dependences of the navigation signal suppression value on the power of the jamming transmitter and the elevation angle are obtained for various types of interference.