



**А. М. Карачевцев**

**Астрорефрактометрия  
в средствах контроля  
воздушно-космического  
пространства**

**А. М. Карачевцев**

**Астрорефрактометрия  
в средствах контроля  
воздушно-космического  
пространства**

*2-е издание, исправленное*



Нестор-История  
Москва • Санкт-Петербург  
2017

УДК 621.396

ББК 32.95

К21

**К21 Карачевцев А. М.**

Астрорефрактометрия в средствах контроля воздушно-космического пространства. — 2-е изд., испр. — М. ; СПб. : Нестор-История, 2017. — 336 с.

ISBN 978-5-4469-1171-4

В монографии, состоящей из пяти глав и трех приложений, изложены основные результаты многолетней работы по обеспечению высокой точности координатно-временных измерений наблюдаемых космических объектов как искусственного, так и естественного происхождения.

Основу монографии составляют материалы в форме отдельных статей, подготовленные автором в ходе выполнения научно-производственных и диссертационных работ за последние 10–12 лет работы и прошедшие необходимое редактирование.

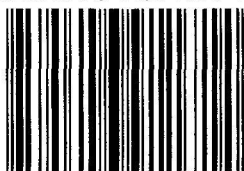
Каждая глава характеризуется новизной взглядов на суть рассматриваемых вопросов теории и практики астрорефрактометрии, взглядов, связанных воедино общей целью — увеличением точности проводимых траекторных измерений.

В связи с этим особое внимание в монографии уделено исследованию компенсации негативного влияния как самой атмосферы Земли, так и ее природного свойства — астрономической рефракции радиоволн — на точность определения координат и времени их измерений.

**УДК 621.396**

**ББК 32.95**

ISBN 978-5-4469-1171-4



9 785446 911714

© А. М. Карачевцев, 2017

## Содержание

Сокращения, условные обозначения и термины	9
Введение	11
Глава 1. Астрономическая рефракция электромагнитных волн в атмосфере Земли. Особенности астрорефрактометрии и алгоритмов компенсации влияния рефракции на точность координатно-временных измерений радиооптических комплексов контроля космического пространства в оптическом диапазоне волн	15
1.1. Астрорефрактометрия в радиолокации: состояние, проблемы, перспективы	15
1.2. Особенности компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн в высокоточных радиооптических комплексах наблюдения за космическими объектами	32
1.3. Основные направления и результаты совершенствования таблиц атмосферной рефракции радиоволн «Астрономического ежегодника»	45
1.4. Компенсация влияния атмосферной рефракции радиоволн в высокоточных комплексах контроля космического пространства	54
1.5. Об особенностях и путях достижения высокоточного определения моментов времени измерения координат космических объектов радиооптическими средствами в условиях влияния атмосферной рефракции	64
Глава 2. Атмосферная рефракция радиоволн и особенности алгоритма компенсации ее влияния на точность координатно-временных измерений, проводимых в миллиметровом и сантиметровом диапазонах волн	73
2.1. Обеспечение астрорефрактометрии в радиолокационных и радиооптических комплексах высокоточных координатно-временных измерений	73

2.2. Особенности расчета и компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн и инструментальных ошибок радиointерферометра при проведении траекторных угловых измерений	82
2.3. К вопросу расчета и компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн в радиointерферометре при проведении траекторных измерений	98
2.4. Особенности расчета компенсационных поправок, учитывающих влияние атмосферной рефракции радиоволн, к результатам траекторных измерений, проводимых с применением широкополосных и сверхширокополосных радиосигналов	109
Глава 3. Ионосферная рефракция радиоволн и особенности алгоритма компенсации ее влияния на точность координатно-временных измерений, проводимых радиолокационными станциями в дециметровом и метровом диапазонах волн	125
3.1. Об основных особенностях и результатах расчета поправок на атмосферную рефракцию радиоволн дециметрового диапазона при проведении высокоточных радиолокационных измерений угловых координат наблюдаемых космических объектов	125
3.2. Об основных особенностях и результатах расчета поправок на атмосферную рефракцию радиоволн дециметрового и метрового диапазонов при проведении высокоточных радиолокационных измерений по дальности в околоземном пространстве	137
3.3. Рефракция атмосферной среды и расчет компенсационных поправок на ее влияние к результатам радиолокационных координатно-временных измерений. Особенности и результаты расчета компенсационных поправок на влияние атмосферной, тропосферной и ионосферной рефракции при высокоточном определении координат космических объектов и времени их измерений	151
3.4. О потенциально достижимых результатах применения радиолокационных средств системы контроля космического пространства для исследования атмосферы Земли. Расширение использования результатов траекторных измерений, получаемых средствами системы контроля космического пространства	159
3.5. Астрорефрактометрическое обеспечение юстировки и калибровки радиолокационных комплексов системы контроля космического пространства	170

Глава 4. Об особенностях высокоточной компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн на результаты траекторных измерений и зондирования атмосферы Земли с применением радиолокационных станций наземного и воздушно-космического базирования с астрорефрактометрическим обеспечением	179
4.1. Особенности расчета рефракционных составляющих ошибок траекторных измерений, проводимых радиолокационными станциями наземного и воздушно-космического базирования с астрорефрактометрическим обеспечением	179
4.2. Особенности компенсации влияния рефракции электромагнитных волн дециметрового и метрового диапазонов на точность результатов траекторных угловых измерений в верхних слоях атмосферы Земли	190
4.3. Особенности компенсации влияния рефракции радиоволн дециметрового и метрового диапазонов на точность результатов траекторных измерений по дальности в верхних слоях атмосферы Земли	198
4.4. О преимуществе и ожидаемых результатах применения радиолокационных средств системы контроля космического пространства для зондирования природной атмосферной среды	208
4.5. Рекомендации по мониторингу атмосферы Земли и обнаружению дестабилизирующих воздействий на ионосферу	212
Глава 5. Перспективы решения актуальной научной задачи увеличения точности траекторных измерений, проводимых радиолокационными станциями Воздушно-космических сил ВС РФ с астрорефрактометрическим обеспечением в условиях технологических и финансово-экономических вызовов	217
5.1. Проблемы достижения требуемой точности траекторных измерений в системах контроля космического пространства и ракетно-космической обороны и принципы их решения с применением радиолокационных станций с астрорефрактометрическим обеспечением	217
5.2. Об использовании результатов траекторных измерений высокоточных радиолокационных станций Воздушно-космических сил ВС РФ для исследования атмосферы Земли и околоземного космического пространства с решением обратных задач астрорефрактометрии	224

5.3. Рекомендации по наращиванию точности расчета компенсационных поправок на влияние атмосферной рефракции радиоволн к результатам координатно-временных измерений радиолокационных станций дальнего обнаружения с астро-рефрактометрическим обеспечением	234
5.4. Об особенностях и методике достижения повышенной точности траекторных измерений в системе контроля космического пространства и противоракетной обороны	240
5.5. Астрорефрактометрическое обеспечение высокоточных траекторных измерений космических объектов с проведением радиолокационного мониторинга всей верхней полусферы обозреваемого околоземного воздушно-космического пространства	245
<b>Приложение 1.</b> Электронные часы с календарем повышенной точности и многошкальным отображением текущего времени: московского, всемирного, поясного, местного, звездного и эфемеридного, защищенные рядом авторских свидетельств на изобретения	253
<b>Приложение 2.</b> Таблицы текущих значений компенсационных поправок $\delta$ и $\Delta L$ на влияние атмосферной рефракции радиоволн к результатам траекторных измерений по зенитному углу $Z$ (угл. с) и дальности $L$ (м) в верхней полусфере околоземного воздушно-космического пространства	259
<b>Приложение 3.</b> Перспективы совершенствования методов астрорефрактометрии и применения их в высокоточных средствах противокосмической и противонастероидной защиты	297
Библиографический список	321