**Applied Math Problems Solving with Application to Global Navigation Technologies**

**Konstantin Gorbunov**

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

*konstunn@ngs.ru*

*Рассматриваются проблемы прикладной математики применительно к глобальным навигационным спутниковым системам (ГНСС). Исследуются подходы к предварительной обработке траекторных измерений. Разрабатываются соответствующие алгоритмы робастного оценивания состояний и параметров динамических стохастических систем применительно к ГНСС.*

**Ключевые слова:** ГНСС, ГЛОНАСС, GPS, фильтр Калмана, робастное оценивание, динамические стохастические системы, параметрическая идентификация, моделирование, прогнозирование, некорректно поставленные задачи.

The role of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) nowadays is crucial. GNSS are widely used in such areas as military, industry, transport, civil engineering, power engineering, and geodesy. It is even a key to national security and must-have for leading high-developed technological world countries such as, for instance, particularly and especially, the Russian Federation and the United Stated of America, authoring and maintaining the leading Global Navigation Satellite Systems: GLONASS and GPS, correspondingly.

There are complicated mathematical algorithms at the backend of GNSS besides the essentials and basic principles of GNSS functioning and operating. These are going to be represented first in the report as an introduction that provides necessary background.

At the main part urgent challenging problems of applied math, including ill-stated ones, in the scope of GNSS application and functioning will be outlined. As well as data processing stages in GNSS will be overviewed. Particularly, approaches to preliminary data processing in solving positioning and clock bias estimation problems will be reviewed. Kalman-filter-based state and parameters estimators’ applications to dynamic stochastic systems in the scope of GNSS as well as its robust modifications are outlined as an optional approach to estimating. Principles and general approach to positioning and clock bias estimating problems solving is presented. Mathematical state-space model of GNSS satellite is described and discussed. Problems of a priori assumptions violations common for practical applications and problems are also outlined. In the research there is emphasized the role of forecasting to obtain initial values of estimates for their further clarification with iterative computing procedures. Mathematical models of influence factors and effects are described.

The final feature of the report presents the paradigm of reproducible research and generating dynamic reports, automating scientific whitepapers preparing with modern software tools. These tools are common for statistical modeling and research but can also be used in wide range of mathematical research applications.

**References:**

1. Algorithmic ways to improve the precise and reliability of the time-frequency definitions for GNSS technologies / A. S. Tolstikov, А. А. Karaush, E. A. Khanykova, A. R. Bezrodnykh // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2014) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2014) : тр. 12 междунар. конф., Новосибирск, 2–4 окт. 2014 г. : в 7 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Т. 1. – С. 179-183. – 250 экз. – ISBN 978-1-4799-6019-4

2. Active Parametric Identification of Stochastic Linear Systems: Monograph / V.I. Denisov, V.M. Chubich, O.S. Chernikova, D.I. Bobylea. – Novosibirsk: NSTU Publisher, 2009. – 192 pp. (the NSTU Monographs series).

**Research Adviser**: O. S. Chernikova, Ph.D. (Eng.)

**Language Adviser**: G. V. Igonina, Ph.D. (Eng.)

**Задачи прикладной математики в спутниковых навигационных технологиях**

**Константин Горбунов1**, Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, *konstunn@ngs.ru*

*Applied math problems in the scope of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) are considered. Approaches to preliminary data processing are researched. The necessity of robust estimating of states and parameters of dynamic stochastic systems in the scope of GNSS are outlined.*

**Key words:** GNSS, GPS, GLONASS, Kalman filter, robust estimating, dynamic stochastic systems, state and parameters estimating, modelling, forecasting, a priori assumptions violations, ill-stated problems.

Роль глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) трудно переоценить сегодня. ГНСС широко используются в вооруженных силах, промышленности, строительстве, энергетике, геодезии. В современных условиях развития научно-технического прогресса и обстановке на мировой политической арене ГНСС являются ключом к национальной безопасности. Большинство технологически развитых стран разрабатывают и поддерживают свои системы. Яркие примеры: США, Россия и их системы GPS и ГЛОНАСС.

ГНСС являются широким полем деятельности для решения серьезных задач прикладной математики, в т.ч. некорректно поставленных, что характерно для реальных прикладных задач. Однако для начала, для введения в тематику следует рассмотреть основные принципы функционирования ГНСС, что и будет предложено сделать в начале доклада.

В основной части работы будет рассмотрен спектр задач, решаемых в рамках поддержки и обеспечения функционирования ГНСС. Будут представлены этапы сбора, обработки данных и решения задач координатно-временных определений (КВО) в ГНСС. Особое внимание будет уделено этапу предварительной обработки данных, выходные продукты которого используются для решения широкого круга задач координатно-временных определений. Будут проанализированы подходы к решению задач КВО и к предварительной обработке данных в ГНСС. Будет рассмотрена роль фильтра Калмана и синтезированных на его основе модификациях алгоритмов робастного, устойчивого оценивания параметров и состояний динамических стохастических систем применительно к ГНСС. Будет приведено описание математических моделей интересующих объектов в рамках ГНСС, их классификация. Будет уделено внимание возможности невыполнения стандартных априорных предположений, что ведет к уменьшению эффективности решения задач с использованием классических процедур и алгоритмов.

В заключении будут рассмотрены современные программные средства подготовки динамических отчетов по математическим, статистическим исследованиям в рамках парадигмы «ревоспроизводимых» исследований. Использование данных средств позволяет автоматизировать подготовку качественных научных отчетов, статей, диссертаций.

**Список литературы:**

1. Карауш А. А., Толстиков А. С. Оценивание действующих на КА возмущений по данным беззапросных траекторных измерений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. VI Междунар. науч. конгресса, 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. В 2 т. Т. 2. Междунар. науч. конф. ”Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии”. — СГГА. Новосибирск, 2010. — С. 170—174.

2. Активная параметрическая идентификация стохастических линейных систем : монография / В. М. Чубич, О. С. Черникова, В. И. Денисов. - : Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. - 192 с.

**Научный руководитель**: О. С. Черникова, к.т.н.

**Преподаватель иностранного языка**: Г. В. Игонина, к.филос.н.