

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**Белорусский национальный технический университет**

# **НАУКА – ОБРАЗОВАНИЮ, ПРОИЗВОДСТВУ, ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы 14-й Международной  
научно-технической конференции  
(69-й научно-технической конференции  
профессорско-преподавательского состава,  
научных работников, докторантов  
и аспирантов БНТУ)**

**В 4 томах**

**Том 3**

**Минск  
БНТУ  
2016**

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

Н34

Редакционная коллегия:

Б.М. Хрусталеv – академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор;

Ф.А. Романюк – чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор;

А.С. Калиниченко – д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы 14-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (69-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

ISBN 978-985-550-920-3 (Т.3)

ISBN 978-985-550-922-7

© Белорусский национальный  
технический университет, 2016

# **Инновационные технологии в геодезии и картографии**

Репозиторий ЮФУ

## **Апостериорный поиск грубых ошибок при трёхмерном уравнении геодезических построений**

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Активное использование спутниковых систем при выполнении топографо-геодезических работ приводит к необходимости совместного уравнивания наземных и спутниковых измерений. Если ранее уравнительные вычисления выполнялись отдельно для плановых и высотных измерений, то наличие ГНСС-измерений требует одновременного включения в одну модель уравнивания разнородной измерительной информации, состоящей из превышений, наклонных расстояний, горизонтальных и вертикальных углов (направлений), а также спутниковых векторов (базовых линий). Результатом использования данного подхода является нелинейная система, содержащая параметрические уравнения связи измеренных величин и неизвестных поправок в приближённые параметры (трёхмерные координаты точек). Уравнивание полученной системы уравнений может быть выполнено по методу наименьших квадратов (МНК) при помощи линеаризованных уравнений, опубликованных в работах (A. Leick, 2015) и (Ch. D. Ghilani, 2010). Тем не менее, следует иметь в виду, что для получения достоверных результатов уравнивания по МНК в системе уравнений должны отсутствовать грубые ошибки измерений. Поэтому после уравнивания должна быть выполнена процедура статистического тестирования геодезического построения (например, тест хи-квадрат). В случае невыполнения статистического теста гипотеза о корректности статистической модели отвергается, после чего должно быть выполнено обнаружение и устранение грубых ошибок измерений. Для поиска грубых ошибок в традиционных геодезических построениях использовались методы Data Snooping, предложенный W.Baarda (1968) и  $t$ -тест, предложенный A.J.Pope в 1976 г. Однако, как показано в статье (S.Baselga, 2007), данные методы не подходят для поиска ошибок при уравнивании зависимых измерений. Поскольку точность измеренных спутниковых векторов характеризуется полной ковариационной матрицей, то использование методов  $t$ -теста и data snooping при трёхмерном уравнивании не являются оптимальными и могут быть заменены альтернативными методами. Одним из них является обобщённый метод многостепенной оптимизации (ОММО), разработанный на основе IRLS (Iteratively reweighted least squares) и распространённый автором на случай зависимых измерений в 2008 г.