

## Сравнение результатов уравнивания неравноточных зависимых измерений различными методами

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время для уменьшения влияния ошибок измерений в геодезии повсеместно применяется метод наименьших квадратов. Данный метод был опубликован в 1819г К.Ф.Гауссом и в нём предполагается, что измеренные величины являются независимыми и удовлетворяют нормальному закону распределения. Такой подход к уравниванию называется классическим или традиционным МНК.

В середине XX века стали появляться исследования по новым, нетрадиционным методам уравнивания. Так, А.Н. Колмогоровым и Ю.В. Линником были опубликованы работы, которые легли в основу нового обобщённого метода наименьших квадратов, применяемого для случая обработки уже зависимых результатов измерений.

Однако уравнивать зависимые величины по обобщённому методу наименьших квадратов стали после опубликования в 1970г. известной книги Ю.В. Кемница «Математическая обработка зависимых результатов измерений». В ней Кемницем изложена теорема, на которой основан сам обобщённый метод наименьших квадратов. В геодезической практике 70-х годов обобщённый метод наименьших квадратов применялся сравнительно редко (например, при переходе от уравнивания по углам, к уравниванию по направлениям). Но в настоящее время этот метод становится весьма актуальным в связи с необходимостью обработки зависимых спутниковых GNSS-измерений.

В работе было произведено сравнение методики уравнивания, предложенной Кемницем с методом многокритериальной оптимизации (МК), который разработан для зависимых измерений на основе метода Lp-оценок, опубликованного в 1971г. американскими учёными Флетчером, Грантом и Хебденом (данный метод позволяет выполнять уравнивание как по методу наименьших квадратов, так и по методу наименьших модулей, наименьших кубов и т.д., изменяя значения показателя степени). Обобщённый МК-метод ранее никогда не использовался для обработки рядов зависимых измерений в силу его недавнего появления (разработан в 2004 - 2008 гг.). В работе показано, что новый метод, как правило, приводит к лучшей, чем в МНК оценке точности и одновременно даёт в 60-70% случаев меньшие отклонения от истинных значений измеренных величин, заданных заранее в модели неравноточных зависимых измерений для метода статистических испытаний.