

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПАДЕНИЯ ПО УГЛОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ: ОЦЕНКА ГИПЕРБОЛЫ ФИЛЬТРОМ КАЛМАНА

Горицкий Ю.А., Шевченко О.В., Захарова А.И.

Московский Энергетический Институт  
Россия, 11250, Красноказарменная, 14,  
Goritskiy@yandex.ru, +7 917 510 65 35  
shevchenkoov23@gmail.com, +7 903 156 06 60

Задача связана с вопросом о возможности построения угломерной системы, которая определяет смещение (относительно наблюдателя) точки падения тела (далее ДТ), свободно движущегося в поле силы тяжести Земли. Можно ли определить место и время падения с достаточной точностью? Среди разработчиков систем существует представление о непригодности угловых измерений (при отсутствии информации о дальности) для получения практически интересных точностей. Однако, если сделать предположение о том, что орбита такова, что место падения находится в окрестности наблюдателя, то возможность появляется.

Анализируются ситуации, когда ДТ движется в поле силы тяжести со скоростью порядка единиц километров в секунду, высоты – сотни километров. Поскольку информацию о «близкой» точке падения угловые измерения несут только на последнем диапазоне наблюдения, для модели движения и наблюдения приняты упрощающие предположения: ускорение свободного падения не зависит от высоты, угловая скорость постоянна, измеряется только угол места (измерения азимута пренебрегаются), движение наблюдателя (из-за вращения Земли) перенесено в плоскость орбиты; модель обоснована в [1] и [2]. На дискретные измерения угла места накладываются случайные ошибки с заданной дисперсией. В принятых условиях тангенс (или котангенс) измеряемого угла выражается отношением двух выражений: линейной функции от времени (с двумя неизвестными параметрами) и выражения для гиперболы (с двумя параметрами). Параметры линейной функции оцениваются без проблем по результатам начального участка наблюдения, вся трудность в параметрах гиперболы (время и место падения). Метод наименьших квадратов приводит к нелинейной системе и сложностям итерационного процесса. Для оценки параметров используется подход фильтра Калмана с элементами линеаризации.

Приводятся результаты расчетов. Возможно получение практически интересных точностей в момент до падения порядка минуты.

### Литература

1. *Горицкий Ю.А., Тигетов Д.Г., Ануфриев А.М.* Двумерная модель для оценки эффективности угловых измерений по эллиптическим орбитам// "Известия РАН. Теория и системы управления", 2021, №2. С.14-24. DOI: 10.31857/S0002338820060025
2. *Горицкий Ю.А., Захарова А.И.* Оценка потенциальной точности некоторых параметров орбит по угловым измерениям: двумерная модель// "Вестник МЭИ", №5, 2022г. С.133-144. DOI 10.24160/1993-6982-2022-5-133-144