

Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ, д-р. техн. наук, *В.А. КОНОНЕНКО*, канд. техн. наук, *С.Н. БЕЛЯЕВ*, аспирант, *В.С. БОГАЧ*, аспирант (г. Харьков)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЁСНЫХ МАШИН ДЛЯ АНАЛИЗА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ АВТОНОМНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В статті розглядаються питання використання комплексних функціональних математичних моделей військових гусеничних та колісних машин для аналізу якості роботи автономних навігаційних систем. Розглянуто приклад реалізації такого аналізу для артилерійської системи на шасі автомобіля КрАЗ.

In clause the questions of use of complex mathematical models military tracked and wheel machines for the analysis of quality robots of independent navigating systems are considered. The example of realization of such analysis for artillery system on the chassis of the automobile KrAZ is considered

В настоящее время самым распространённым способом навигации подвижных объектов является использование комплексных навигационных систем, которые построены на совместном использовании автономной навигационной системы (АНС) подвижного объекта и аппаратуры пользователя спутниковой навигационной системы.

В АНС используются различные типы датчиков, точности которых сильно отличаются. Поэтому, ставится задача оценки точности устанавливаемых типов датчиков для успешного решения навигационных задач [1].

Оценка точности устанавливаемых датчиков ранее производилась путём сравнения получаемых результатов АНС и спутниковой навигационной системы (СНС), но результаты этой оценки вызывали сомнение, так как и сама СНС имеет ошибку в позиционировании объекта.

В данной статье рассмотрен способ оценки точности АНС с использованием различных типов датчиков на основе математической модели движения автомобиля КрАЗ по пересечённой местности, а также сделаны выводы о соответствии датчиков заданным критериям точности АНС.

Основная задача, которая решается навигационной системой (НС), состоит в определении координат x , y и дирекционного угла a_d объекта. Положение объекта на земной поверхности рассматривается в географической горизонтальной системе координат ОЕНН, где ось ОН направлена по вертикали вверх, ось ОН лежит в плоскости горизонта и направлена на Север, ось ОЕ расположена в плоскости горизонта и направлена на Восток. Направление движения задаётся дирекционным углом a_d .

Автономная навигационная система

Для определения скорости движения объекта в АНС могут использоваться доплеровские датчики скорости, расположенные по левому и правому бортам подвижного объекта, или электромеханические датчики скорости размещаемые аналогично. Как один, так и другой тип датчиков скорости имеют свои преимущества и недостатки. Так доплеровские датчики имеют значительные погрешности при движении объекта по трассе с неровностями и по пересеченной местности, но достаточно точно измеряют скорости объекта в условиях юза или буксования колёс. Электромеханические датчики скорости, которые представляют собой тахогенераторы, или индукционные датчики, которые устанавливаются в колеса левого и правого бортов объекта и измеряют угловые скорости колес, наоборот, не чувствительны к процессам юза и буксования колес. Для измерения углов ориентации объекта в АНС может использоваться самоориентирующаяся система гироскопических датчиков курсокреноуказания (СС ГККУ), датчики которой имеют собственный уход от заданного направления, причем ошибка в вычислении местоположения объекта за счет собственного ухода СС ГККУ значительно превышает ошибку от неточного вычисления скорости движения объекта.

АНС характеризуются достаточными мгновенными точностями, однако со временем в них накапливаются погрешности местоположения за счет ошибок вычисления скорости и дирекционного угла.

Анализ точности работы АНС

Для анализа точности работы АНС была создана комплексная математическая модель, структурная схема которой представлена на рисунке. Она, в конечном счете, проводит оценку получаемых результатов, сравнивая «идеальное» движение объекта по трассе и движение объекта с использованием АНС, в которой были заложены различные неточности работы датчиковой аппаратуры.

Общий принцип моделирования идеального движения объекта, в роли которого выступал автомобиль КраЗ с колесной формулой бхб, по заданной трассе, состоит в анализе процессов, которые проходят в точках контакта колес с дорогой. В «идеальной» математической модели движения автомобиля вычисляются усилия и скорости, которые возникают в точках контакта, а потом эти величины через все элементы конструкции объекта (ступица колеса, мост, упругие и демпфирующие элементы, корпус) приводятся к его центру масс. При этом скорости и усилия среднего и заднего мостов через конструктивные особенности автомобиля вначале суммируются на задней тележке и только после этого передаются дальше на корпус машины. В результате решения системы дифференциальных уравнений на выходе математической модели движения объекта имеем координаты местоположения в «идеальной» системе координат.

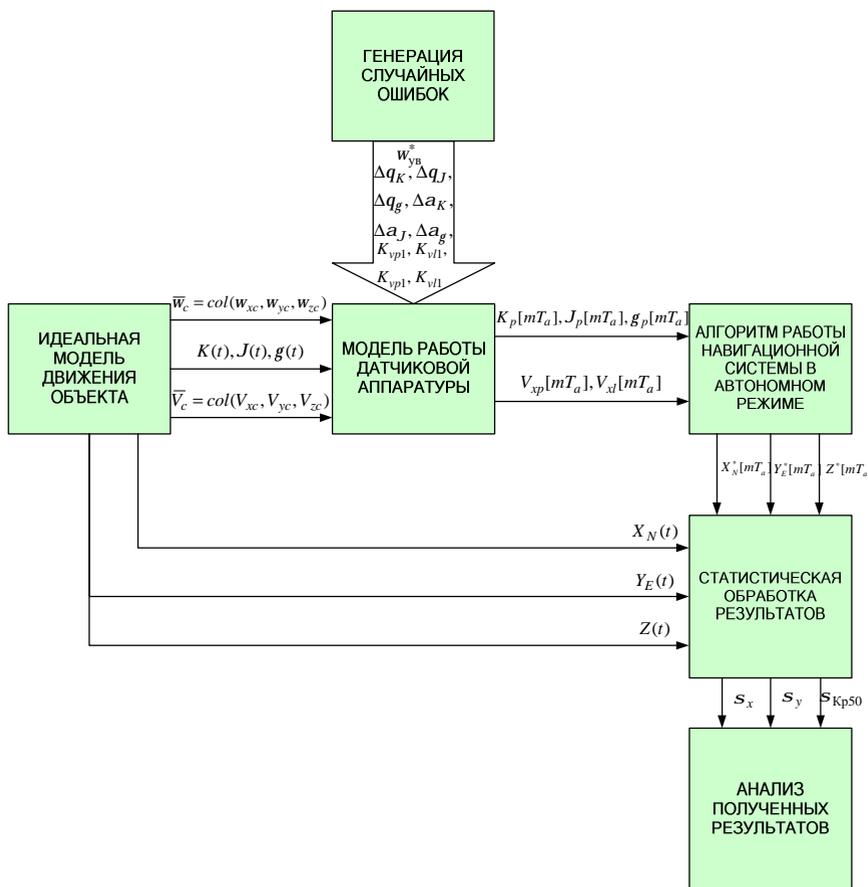


Рисунок - Схема оценки точности определения координат объекта

Моделирование движения объекта в системе координат ОЕНН проводилось на основе сигналов, поступавших с датчиковой аппаратуры установленной на объекте, где имелась возможность задавать работу различных типов датчиков.

Таким образом, на выходе - получали координаты как «идеального» местоположения объекта, так и вычисленного положения с учётом реальных характеристик датчиков.

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

а) алгоритмы, построенные на базе использования сигналов от СС ГККУ и датчиков линейных скоростей с учетом вероятных ошибок, приведенных в [6], в режиме автономной навигации обеспечивают удовлетворительную точность определения горизонтальных координат (величина круговой вероятной

ошибки $S_{Kp50} \approx 22$ м за 20 минут движения при пройденном пути 6,4 км со скоростью 5,55 м/с);

б) отсутствие датчиков, которые измеряют величины линейных скоростей V_{zc} и V_{yc} в направлении поперечной и вертикальной осей объекта приводит к значительным ошибкам измерения вертикальной координаты на местности ($S_Z^{50} = -99,3 \pm 4,3$ м);

в) в случае установки двух акселерометров, которые измеряют величины V_{zc} и V_{yc} ошибка измерений вертикальной координаты на местности существенно уменьшается и составляет $S_Z^{50} = -1,4 \pm 4,3$ м. При этом величина круговой вероятной ошибки S_{Kp50} измерения горизонтальных координат уменьшается на 3 – 5 м;

г) среднеквадратичная ошибка определения истинного азимута объекта за 20 минут движения со скоростью 5,55 м/с по трем трассам лежит в диапазоне $0,2 \leq S_K \leq 0,3^\circ$;

Приведенные выше выводы были сделаны на основе рекламных данных про величины ошибок СС ГККУ [6], поэтому требуют экспериментальной проверки с реальной аппаратурой.

Список литературы: 1. Технічне завдання на складову частину ДКР «Розроблення алгоритмів комплексуювання навігаційної інформації» (шифр «Верб-Н»). 2. ГОСТ Р 51794-2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – Введен в действие 9 августа 2001 г. 3. LLN-GX LITEF Land Navigation System Product Description. Document 100059707. February, 3rd 2000. Revision 6. – www.litef.de. 4. Серегин В.В. Прикладная теория и принципы построения гироскопических систем // Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 78 с. 5. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И. Емельянцев. – СПб., 1999. – 357 с. 6. Самоориентирующаяся система гироскопическая курсокренуказания ССГККУ. – Пермская научно-производственная приборостроительная компания, www.ppk.perm.su. 7. Галушко В.Г. Случайные процессы и их применение на автотранспорте. – К.: Вища школа, 1980.

Поступила в редколлегию 23.09.08