

Оліярник Б.О., Бондарук А.Б., Глебов В.В., Євтушенко К.С.

## ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ОРІЄНТАЦІЇ І НАВІГАЦІЇ РУХОМИХ БОЙОВИХ МАШИН

Зростаючі вимоги до готовності ведення вогню рухомими артилерійськими і ракетними комплексами на гусеничному і колісному ході привели до того, що автоматичні системи орієнтації і навігації набули широкого використання. Найпоширенішими системами навігації рухомих об'єктів сьогодні є системи, які побудовані на сумісному використанні супутникових навігаційних систем (СНС) в поєднанні з автономними одометричними навігаційними системами (АНС). Сьогодні такі системи називають комплексованими або інтегрованими системами [1–3]. Використання СНС у комплексі з АНС дозволяє виключити недоліки окремих систем і підвищити надійність та ефективність навігаційної інформації.

Положення бойової машини на земній поверхні визначається її координатами. Основна задача, яка вирішується навігаційною системою, полягає у визначенні, як правило, прямокутних координат  $X$ ,  $Y$  та кутового положення  $\alpha$  поздовжньої осі машини (дирекційного кута). Система прямокутних координат – система, в якій місце об'єкта на земній поверхні задається взаємноперпендикулярними осями  $X$ ,  $Y$ . Причому за вісь  $Y$  приймається лінія екватора, а за вісь  $X$  – лінія паралельна меридіану однієї з 60 зон, на які розбивається поверхня Землі. Дирекційний кут відлічується від осі  $X$ , тобто від вертикальної лінії координатної сітки топографічної карти по ходу стрілки годинника.

Пропонується структура та основні завдання комплексованої системи навігації та топоприв'язки (КСНТП) для бойової машини БМ-21У, яка також може використовуватись і для інших аналогічних рухомих об'єктів. Структура КСНТП наведена на рис. 1.

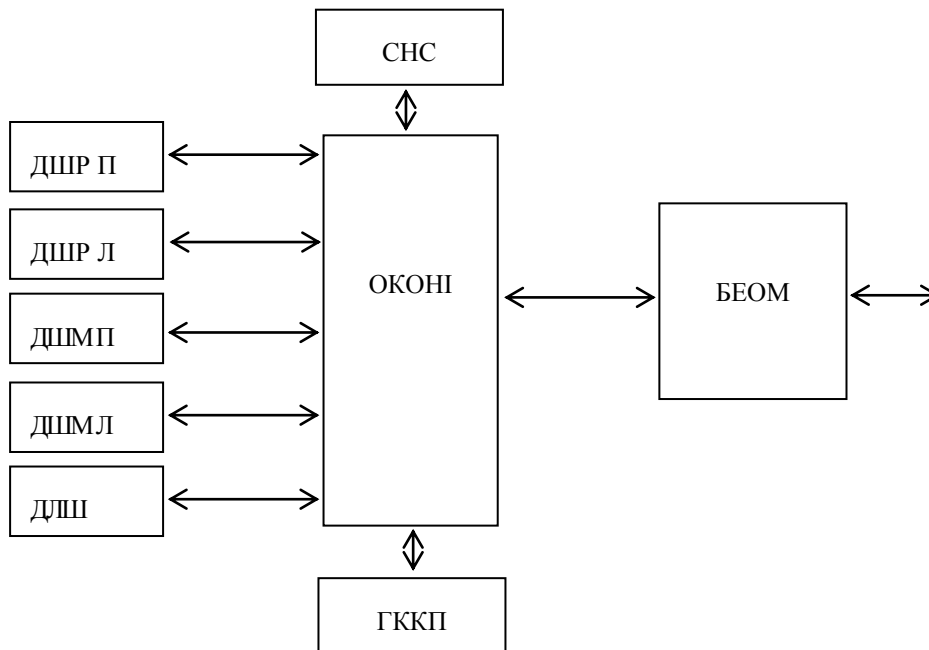


Рисунок 1 – Структура КСНТП

До складу КСНТП входить:

- бортова ЕОМ (БЕОМ);
- обчислювач комплексованої обробки навігаційної інформації (ОКОНІ);
- супутникова навігаційна система (СНС);
- гірокурсорепоказчик (ГККП);
- давачі швидкості радіолокаційні правий і лівий (ДШР П, ДШР Л);
- давачі швидкості механічні правий і лівий (ДШМ П, ДШМ Л);
- трьохкомпонентний давач лінійних швидкостей (ДЛШ).

В комплект апаратури також входять засоби ручного визначення дирекційного кута, а саме артилерійська бусоль з гіроприставкою. Робота системи основана на безперервному вимірюванні (після початкової орієнтації) швидкості і напрямку руху бойової машини з відображенням її на цифровій карті місцевості на БЕОМ.

Для вимірювання швидкості руху використовуються давачі швидкості радіолокаційні по лівому і правому бортах бойової машини і давачі швидкості електромеханічні також по лівому і правому бортах. Як один, так і другий тип давачів швидкості мають свої переваги та недоліки. Так радіолокаційні давачі дають значні похибки при русі об'єкта по трасі з нерівностями і по пересіченій місцевості, але досить точно вимірюють швидкості об'єкта в умовах юзу та буксування коліс. Електромеханічні давачі швидкості, що встановлюються на колеса лівого і правого бортів об'єкта і вимірюють кутові швидкості коліс, навпаки, нечутливі до процесів юзу та буксувань об'єкту. Тому, доцільно використовувати як один, так і другий тип давачів швидкості.

Для вимірювання дирекційного кута об'єкта використовується гіроскопічний давач ГККП, який має власний відхід від заданого напрямку, причому похибка в обчисленні місцезнаходження об'єкта за рахунок власного відходу ГККП значно перевищує похибку від неточного обчислення швидкості руху об'єкта. Тому доцільна корекція показань ГККП, яка враховує інформацію про швидкість руху лівого і правого бортів. Ця корекція досягається за допомогою спеціального алгоритму, що реалізується в ОКОНІ.

АНС характеризується достатніми миттєвими точностями, але згодом в них накопичуються похибки за рахунок постійного дрейфу гіроскопів ГККП і похибок обчислення швидкості. Тому досягнення задовільних точностей місце визначення  $X$ ,  $Y$  є неможливим після деякого часу роботи АНС. В той же час, СНС позбавлена зазначеного недоліку АНС і забезпечує високу точність визначення  $X$ ,  $Y$ , однак є неавтономною і незавадостійкою системою.

Комплексування давачів навігаційної інформації передбачає їх спільну обробку на базі алгоритмів комплексування навігаційної інформації.

Як уже було відмічено, основною складовою сумарної похибки визначення орієнтації і місцезнаходження є дрейф ГККП, а також випадкові похибки вимірювачів швидкості. Для зменшення цього впливу розробники паспортизують систематичні складові дрейфу з метою їх компенсації. Однак, випадкові складові дрейфу не піддаються паспортизації. Існує два основних підходи до розроблення методів зниження впливу випадкових складових на точність системи:

- при першому підході випадковий дрейф вводять у розширену математичну модель системи і вирішують задачу оптимальної похибки в динамічному коректованому фільтрі [4];

– при другому підході випадковий дрейф оцінюється наприкінці некоректованої ділянки роботи системи. Час некоректованої ділянки визначається реальними характеристиками давачів, що входять в систему і заданою точністю визначення навігаційних параметрів  $X$ ,  $Y$ ,  $\alpha$  [5, 6]. Другий підхід, що використаний в пропонованій системі, не вимагає апріорної інформації щодо статистичних характеристик дрейфу і більш простий для реалізації в бортових обчислювачах комплексованої обробки навігаційної інформації (ОКОНІ).

В ОКОНІ на основі алгоритму комплексування навігаційної інформації за інформацією, що надходить від давачів ДШР П, ДШР Л, ДШМ П, ДШМ Л, ГККП, СНС, або введеного вручну з БЕОМ, розраховується поточне місцезнаходження і кутова орієнтація бойової машини, що рухається по місцевості.

В системі передбачено три режими роботи в залежності від бойового завдання і наявності інформації від давачів:

- радіонавігаційний;
- автономний;
- комплексний.

Робота системи в радіонавігаційному режимі характеризується використанням інформації від СНС, а також від давачів одометричної системи (якщо вона працює). При цьому ГККУ може бути відключена або непрацездатна.

В автономному режимі роботи системи використовується інформація про кути орієнтації від ГККУ, а також дані про поздовжню лінійну швидкість, яка надходить від давачів ДШР, ДШМ і поперечну та вертикальну лінійні швидкості від ДЛШ.

Комплексний режим можливий, якщо працює СНС та ГККУ. При цьому, якщо працює здавачі ДШР, ДШМ, ДЛШ точність визначення параметрів орієнтації підвищується за рахунок компенсації уводу кута азимута. Комплексування інформації оснований на розрахунку очікуваної середньоквадратичної похибки навігаційних параметрів і визначенні допустимого часу руху бойової машини при заданих параметрах точності місцеположення і орієнтації в залежності від характеру бойового завдання.

З метою оцінки точності роботи запропонованої навігаційної системи в автономному режимі проведено імітаційне моделювання системи при реальних параметрах давачів. Отримані результати показують, що використання системи на бойовій машині БМ-2У дозволить отримати наступні параметри:

- а) кругова ймовірна похибка визначення поточних координат місця, не більше:
  - на відстань до 3 км, м – 10;
  - на відстань більше 3 км – 0,3 % від пройденого шляху;
- б) середня квадратична похибка визначення дирекційного кута, п.к., – не більше 00–02;
- в) середня квадратична похибка визначення висоти, не більше:
  - на відстань до 3 км, м – 7,5;
  - на відстань більше 3 км – 0,3 % від пройденого шляху.

#### Література

1. Анучин О.Н., Емельянцев Г.И. Интегрированные системы ориентации и нави-

гации для морских подвижных объектов. – СПб.: ИТМО, 1999 – 357с.

2. Иванов Ю.П. Комплексование информационно-измерительных устройств летательных аппаратов. – Машиностроение, 1984 – 207с.

3. Степанов О.А. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации// Гироскопия и навигация. – 2002 - №1(36) – С.23-46.

4. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 1998 – 370с.

5. Волчко П.І., Корольов В.М., Оліярник Б.О. та ін. Система управління машинами підрозділу на базі навігаційної системи «ТІУС-Н»//В кн.: V Міжнародний науково-технічний симпозіум “ Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS технології”. Львівське астрономо-геодезичне товариство. – Львів, 2001 – С.80-83.

6. Оліярник Б.А., Иванов В.И., Королев В.Н. и др. Использование танковой информационно-управляющей системы «ТІУС-Н» для модернизации реактивной системы залпового огня «ГРАД»//Механіка та машинобудування. – 2005 - №2 – С.218-224.

УДК 623.647

Оліярник Б.А., Бондарук А.Б., Глебов В.В., Евтушенко К.С.

### **ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ ПОДВИЖНЫХ БОЕВЫХ МАШИН**

Предложена структура и определены основные характеристики интегрированной системы навигации для подвижных боевых машин. Система построена на основе комплексированной обработки навигационной информации, получаемой от спутниковой и автономной одометрической систем. Комплексование информации основано на расчете прогнозирования среднеквадратической погрешности навигационных параметров, и определении допустимого времени работы при заданных параметрах точности. Приведены основные параметры системы.