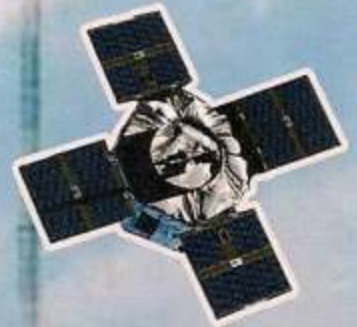
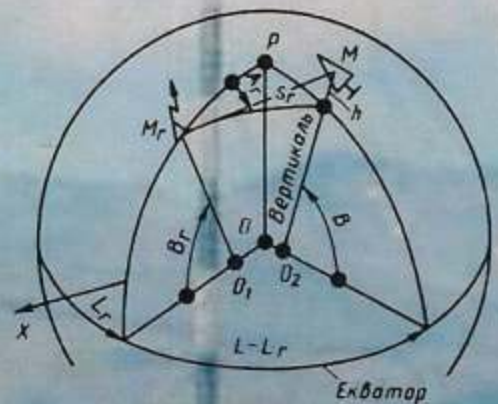


Б.І.Р.З.
К.63

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА



КОМПЛЕКСУВАННЯ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ



Харків
2016

629.7
К 63

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

КОМПЛЕКСУВАННЯ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ

Навчальний посібник



Харків
2016

УДК 629.7.072(075.8)
ББК Ц65(4 УКР)0:929я7
К63

*Затверджено до видання засіданням вченої ради
Харківського університету Повітряних Сил
(протокол № 9 від 21.04.2015)*

Автори: П. Ю. Костенко,
С. А. Макаров,
І. В. Тітов,
О. В. Шаповалов

Рецензенти: К. С. Васюта, доктор технічних наук, професор (ХНУПС);
М. А. Павленко, доктор технічних наук, доцент (ХНУПС).

К63 **Комплексування систем навігації:** навч. посіб. /
П. Ю. Костенко, С. А. Макаров, І. В. Тітов, О. В. Шаповалов. –
Х. : ХНУПС, 2016. – 196 с.: іл.

Розглядаються загальні відомості про комплексні системи навігації та їх джерела, викладаються основи теорії та методи комплексування, а також основи теорії фільтрації навігаційної інформації з урахуванням математичних моделей навігаційних приладів та приклади сумісної обробки інформації від декількох навігаційних датчиків.

Навчальний посібник надасть допомогу курсантам при вивченні навчальних дисциплін “Комплексні системи радіонавігації та радіолокації”, “Математичне моделювання та цифрова обробка радіонавігаційної та радіолокаційної інформації” і “Цифрова обробка радіонавігаційної і радіолокаційної інформації”.

УДК 629.7.072(075.8)
ББК Ц65(4 УКР)0:929я7

© Костенко П. Ю., Макаров С. А., Тітов І. В., Шаповалов О. В., 2016

© Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, 2016

З М І С Т

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	5
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ	7
1.1. Навігаційні комплекси літаків	7
1.2. Основні поняття й завдання комплексної обробки	12
1.3. Методи визначення координат літального апарата	16
2. ДЖЕРЕЛА НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	19
2.1. Інерціальна система навігації	19
2.2. Доплерівський вимірювач швидкості	30
2.3. Радіосистема ближньої навігації	31
2.4. Радіосистема дальньої навігації	32
2.5. Середньоорбітальна супутникова радіонавігаційна система	33
2.5.1. Сигнал системи "Navstar" і вимір навігаційних параметрів	35
2.5.2. Обчислення координат літака	43
2.5.3. Обчислення вектора швидкості літака	46
2.6. Бортові та астрономічні пеленгатори	48
2.7. Навігаційні параметри, вимірювані сучасними бортовими навігаційними датчиками	50
3. ОСНОВИ ТЕОРІЇ КОМПЛЕКСУВАННЯ	53
3.1. Метод компенсації похибок	53
3.2. Метод фільтрації сигналів	57
3.3. Спосіб комплексування з уведенням додаткової інформації всередину контуру спостереження радіотехнічного вимірювача	59
3.4. Синтез комплексних систем на основі принципу інваріантності	61
3.5. Алгоритми комплексування на основі евристичних стаціонарних лінійних фільтрів	64
3.6. Склад і основні функціональні схеми інтегрованих систем навігації літального апарата	70
4. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ФІЛЬТРАЦІЇ	80
4.1. Загальні відомості	80
4.1.1. Неперервна (аналогова) і дискретна фільтрація	82
4.1.2. Лінійна і нелінійна фільтрація	83
4.2. Моделі повідомлень на основі стахостичних диференціальних рівнянь 1-го порядку	83

4.3. Моделі повідомлень на основі СДР вищих порядків	89
4.4. Часова дискретизація рівнянь спостереження і повідомлення ...	95
4.5. Загальний розв'язок задачі фільтрації у дискретному часі	99
4.6. Лінійна фільтрація у дискретному часі. Дискретний фільтр Калмана	102
4.7. Лінійна фільтрація у неперервному часі та аналоговий фільтр Калмана	111
4.8. Нелінійна фільтрація (лінійне наближення)	117
4.8.1. Розширений фільтр Калмана	117
4.8.2. Векторно-матричне рівняння розширеного фільтра Калмана	120
4.9. Проблема адаптивного фільтра. Метод "Уточнення коваріації"	123
5. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	125
5.1. Формальні математичні співвідношення	125
5.2. Математична модель акселерометра	127
5.3. Математична модель курсового гіроскопа	130
5.4. Дискретна модель акселерометра	134
5.5. Математична модель навігаційного вимірника	135
5.6. Фільтраційний алгоритм розв'язання навігаційної задачі	138
5.7. Постановка задачі синтезу фільтраційного алгоритму	139
5.8. Алгоритми фільтрації вторинних оцінок	142
5.8.1. Фільтрація координатних параметрів	142
5.8.2. Фільтрація зсуву частоти опорного генератора	145
6. КОМПЛЕКСНА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ВІД ДЕКИЛЬКОХ НАВІГАЦІЙНИХ ДАТЧИКІВ	147
6.1. Загальні відомості	147
6.2. Математична модель радіонавігаційного приладу	148
6.3. Математична модель комплексної системи навігації	149
6.4. Алгоритм корекції КНС	150
6.5. Основний алгоритм комплексування навігаційної інформації за допомогою фільтра Калмана	152
6.6. Властивості фільтра Калмана	155
6.7. Оптимальне оцінювання висоти й вертикальної швидкості літака	155
6.8. Спільна обробка сигналів від ІНС і ДВШ	163
6.9. Спільна обробка сигналів від інерціально-доплерівських систем і радіосистем ближньої навігації	168
6.9.1. Математична модель РСБН	168
6.9.2. Оптимальна вторинна обробка інформації від ІКВ, ДВШ і РСБН	170

6.9.3. Комплексна навігаційна система з оптимальною первинною обробкою сигналів від РСБН	177
6.10. Спільна обробка сигналів від ІНС і СРНС	184
ВИСНОВКИ	190
ЛІТЕРАТУРА	191