**РЕЦЕНЗИЯ**

**на магистерскую диссертацию**

студента группы ЭР-25-10 Калитенко Б.В.

на тему: «Поддержка угломерной НАП данными от инерциальных датчиков»

Магистерская диссертация Калитенко Б.В. посвящена исследованию эффективности поддержки угломерной навигационной аппаратуры потребителей (УНАП) от микромеханических (МЭМС) инерциальных датчиков.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, перечислены достоинства и недостатки УНАП, обоснован выбор в качестве инерциальных измерительных устройств МЭМС-датчиков, обозначены цели и задачи работы.

В первой главе рассматриваются алгоритмы инерциальной навигации, модель измерений инерциальных блоков; проводится разработка имитационной модели, реализующая алгоритм бесплатформенной инерциальной навигационной системы. С помощью данной модели проведено сравнение нескольких МЭМС-датчиков по критерию точности решения задачи инерциальной навигации. Это модель позволяет учитывать многие характеристики инерциальных блоков, приведенные в технической документации.

Во второй главе описывается созданный макет, включающий в свой состав инерциальный блок STMicroelectronics L3G4200D и микроконтроллер AVR. Макет предназначен для получения выборок показаний гироскопов и акселерометров и переноса их в память персонального компьютера. Для сигналов гироскопов построены зависимости вариации Аллана в диапазоне длин выборок от единиц миллисекунд до нескольких часов. Описана методика представления ошибок гироскопов в виде суммы составляющих различной природы, веса которых определяются по вариации Аллана.

В третьей главе приведены алгоритмы первичной обработки в УНАП без поддержки данными от инерциальных датчиков и с поддержкой от них, описана модель УНАП. Проведено имитационное моделирование работы УНАП, найдены оптимальные значения шумовых полос системы слежения за разностью фаз (ССРФ) при различных скоростях вращения носителя. Показано, что комплексирование с инерциальными датчиками позволяет существенно повысить помехоустойчивость УНАП динамично вращающихся объектов.

В заключении приведены основные результаты работы и выводы. В приложении представлены исходные коды программ, использованных при выполнении работы.

К главным практическим результатам можно отнести следующее:

1. Создана имитационная модель, позволяющая сравнивать разные МЭМС датчики с возможностью учета тех или иных параметров из технической документации.
2. Реализован алгоритм расчета вариации Аллана
3. Получен график вариации Аллана для гироскопа STMicroelectronics L3G4200D.
4. Приведены зависимости оптимальной шумовой полосы ССРФ и величины среднеквадратической ошибки слежения за разностью фаз от интенсивности вращения носителя.
5. Оценен выигрыш в помехоустойчивости УНАП за счет комплексирования с инерциальными датчиками.

Работа имеет и свои недостатки, а именно:

1. При проведении моделирования в рамках первой главы вместо остаточной ошибки компенсации смещений нуля и перекосов осей, проводимой алгоритмом комплексирования, используются собственные ошибки инерциальных датчиков, описанные в документации. Это приводит к завышению вклада нешумовых составляющих погрешностей датчиков.
2. При моделировании в первой главе используются случайные процессы, результат моделирования имеет стохастическую природу. Тем не менее, автор приводит, использует и интерпретирует результаты лишь одного эксперимента, т.е. делает выводы о характере процессов и свойствах датчиков без набора соответствующей статистики.
3. Во второй главе автор излагает методику, позволяющую по графикам дисперсии Аллана разложить процесс на шумы различной природы. Получает указанные графики для гироскопов STMicroelectronics L3G4200D, но не применяет изложенную методику. Таким образом, не доводит до конца задачу анализа измерений данного инерциального блока.
4. Автором получены результаты, из которых можно сделать вывод, что эффективность (в смысле увеличения помехоустойчивости) комплексирования УНАП с инерциальными датчиками падает с увеличением динамики вращательных движений. Вывод представляется противоречащим идее комплексирования с инерциальными системами.

Приведенные недостатки не являются критическими для выпускной квалификационной работы на соискание степени магистра. Считаю, что магистерская диссертация Калитенко Б.В. соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным работам магистратуры. Она, в случае успешной защиты, заслуживает хорошей оценки, а диссертант – присвоения ему квалификации магистра техники и технологии.

|  |  |
| --- | --- |
| РЕЦЕНЗЕНТ  Начальник лаборатории комплексированных систем ЗАО «КБ НАВИС», к.т.н. | И.А. Нагин |