

**СЕКЦІЯ 1
ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ**

УДК 621.375

**ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ УГЛОВ НАКЛОНА
ОСНОВАНИЯ**

*Бакалор Т.О., Бондарь П.М., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

В работе рассмотрена возможность построения малогабаритного помехоустойчивого измерителя углов наклона, предназначенного для управления положением операторской головки телекамеры по углу крена. Операторская головка установлена на кране с вылетом стрелы до 10 м. При панорамировании телекамера подвержена кратковременному действию линейных ускорений до 5 м/с^2 и угловых скоростей до $60^\circ/\text{с}$.

К специфическим требованиям к измерителю можно отнести ограниченное число соединительных линий связи с блоком управления (не более 2). Габариты измерителя не должны превышать $20 \times 30 \times 50 \text{ мм}$.

Рассмотрены два варианта построения комплексного измерителя. Первый вариант построен на основе микромеханического гироскопа типа ADXRS150 и двухосного микроакселерометра ADXL202 фирмы Analog Devices.

Во втором варианте качестве первичного преобразователя предложено использовать комплексный измеритель угловых скоростей и линейных ускорений на основе планарного микромеханического гироскопа с дополнительной рамкой, выполненного по дифференциальной схеме (рис. 1). Совместная обработка сигналов производится по комплексной замкнутой схеме.

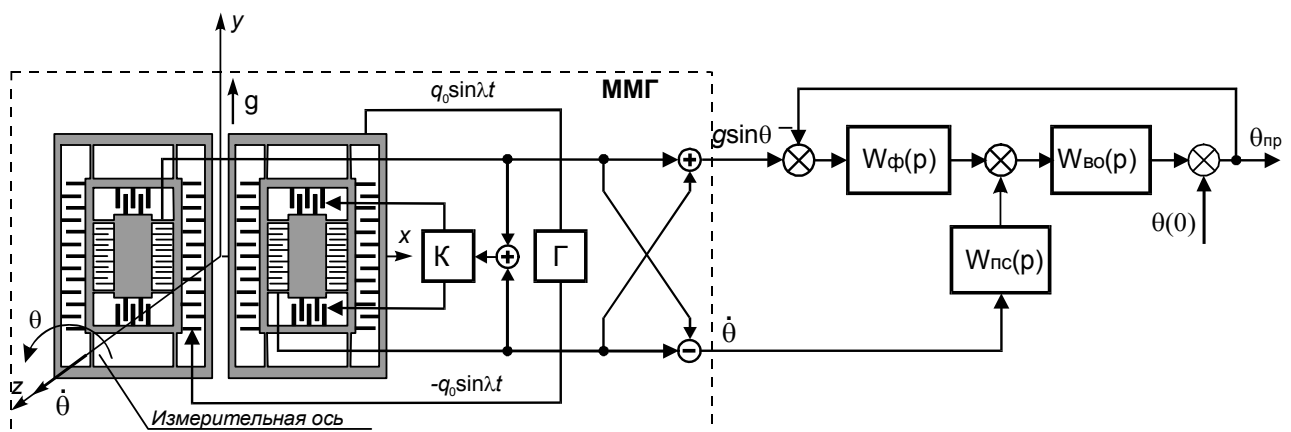


Рисунок 1

Произведен синтез структуры и параметров системы, позволяющий минимизировать динамические погрешности измерений. При этом

согласование позиционного сигнала и сигнала угловой скорости частично производится за счет изменения глубины обратной связи комплексного измерителя.

Показано, что для эффективного подавления помех используемых сигналов целесообразно использовать низкочастотный фильтр, например, апериодическое звено с достаточно большой постоянной времени.

Ключевые слова: измеритель углов, помехоустойчивый измеритель, телекамера.

УДК 621.375

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЗОНАТОРА НА ОРИЕНТАЦИЮ ВОЛНОВОЙ КАРТИНЫ

¹⁾Бакалор Т.О., Бондарь П.М., ²⁾Яценко Ю.А., ¹⁾Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина; ²⁾ГНИП Украинский технологический центр оптического приборостроения, г. Киев, Украина

В данной работе приведены результаты моделирования влияния геометрических параметров чувствительного элемента (ЧЭ) кориолисова вибрационного гироскопа (КВГ) на положение его волновой картины по второй рабочей моде колебаний. Объектом исследования был металлический резонатор цилиндрического типа. Дно выполнено в виде жестко заземленной в центре круглой пластины, с массивом из восьми вырезов, равноудаленных от центра (рис. 1). Система возбуждения колебаний располагается на дне ЧЭ.

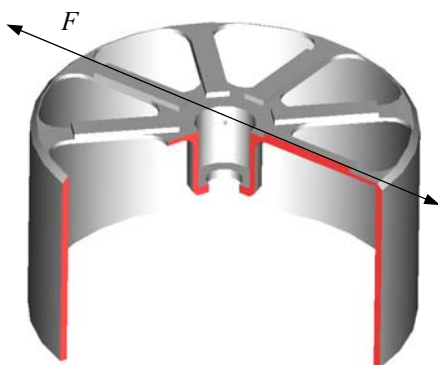


Рисунок 1

До сих пор при исследовании вынужденных колебаний резонатора КВГ под действием системы возбуждения предполагалось, что оси, вдоль которых располагаются элементы системы позиционного возбуждения колебаний совпадают с осями, по которым располагаются пучности волновой картины соответствующей моды, в ненагруженном состоянии. Это действительно справедливо для осесимметричных ЧЭ КВГ, система возбуждения колебаний которых располагается в непосредственной близости к

рабочей кромке резонатора.

Как показали результаты исследований, в общем случае, оси пучностей второй моды свободных колебаний дна резонатора КВГ, ввиду выше приведенных особенностей конструкции, не совпадают с осями, по которым между отверстиями расположены элементы системы возбуждения. Именно это различие между положениями волновой картины свободного и нагруженного резонатора может являться одной из причин возникновения систематического

дрейфа пучностей (узлов), т.к. при работе системы возбуждения конструкция стремиться колебаться по осям наименьшей жесткости.

Таким образом становится актуальной задача нахождения условий, при которых достигается совпадение осей жесткости и осей возбуждения колебаний. Данная задача решается путем оптимального проектирования геометрических размеров и конфигурации элементов резонатора и системы возбуждения КВГ.

Путем математического моделирования колебаний второй моды резонатора с использованием программных пакетов, реализующих метод конечных элементов, было оценено влияние толщины дна, размеров элементов возбуждения, а также формы и величины вырезов или отверстий на положение осей наименьшей жесткости. При варьировании толщины дна учитывалось требование разнеса частот мембранных и рабочих форм колебаний резонатора.

Ключевые слова: кориолисов вибращионный гироскоп, чувствительный элемент, резонатор, волновая картина.

УДК 681.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СТОЛОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГИРОПРИБОРОВ ОТ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Аврутова И.В., Бондарь П.М., Жуковский Ю.Г., Лариончик В.Н., Национальный
технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев,
Украина*

На рабочих местах (столах), предназначенных для испытаний гироскопов в КП ЦКБ «Арсенал», проведены измерения вибращионного фона для оценки их реакции на микросейсмические возмущения, создаваемые внешними источниками. К источникам возмущений техногенного происхождения в данном случае следует отнести работу станков и оборудования, вентиляционных установок и лифтов, движения транспорта на прилегающих территориях, перемещение персонала внутри помещения и ряд других факторов.

В качестве первичных преобразовательных приборов использовались два комплекта измерителей, в состав которых соответственно входили два и три ортогонально ориентированных линейных прецизионных акселерометра ДА-11. Сигналы измерителей через многоканальный АЦП поступали в память компьютера.

Для исследования были определены более двух десятков рабочих мест в различных зданиях, при этом помещения находились как в подвалах, так и на четвертом и седьмом этажах. На каждом рабочем месте измерения проводились в нескольких точках по несколько раз с различной длительностью. Это позволило уменьшить влияние случайных возмущений. Отмечена хорошая

повторяемость результатов измерений в каждой из исследуемых мест, что свидетельствует о стационарности фоновых вибровозмущений.

Каждое исследуемое рабочее место представляет собой горизонтальную площадку (стол), закрепленную на двух кронштейнах, которые, в свою очередь, жестко закреплены в капитальные стены зданий или же в их фундаменты. Кроме фоновых вибраций, были исследованы собственные частоты элементов конструкций рабочих мест. Для этого искусственно создавались ударные возмущения и определялась реакция на них элементов конструкций.

Обработка материалов измерений показала существенные отличия в уровнях и спектральном составе фоновых виброускорений на разных рабочих местах. Так, если на седьмом этаже (цех № 52) преобладающими являются частоты: 12; 24; 36; 50 Гц, то для рабочих мест на четвертом этаже здания ЦКБ характерными являются частоты 2; 12,8; 16,7 и 24 Гц. Следует отметить, что в обоих случаях уровень спектральных составляющих виброускорений колеблется от $7 \cdot 10^{-5}$ g до $4 \cdot 10^{-3}$ g.

Несколько другая картина наблюдается в подвальных помещениях. Здесь преобладающими являются частоты: 5,2; 6,5; 10,4; 13 Гц. Уровень спектральных составляющих фоновых виброускорений колеблется от $5 \cdot 10^{-5}$ g до $3 \cdot 10^{-4}$ g. Проведены также исследования уровней фоновых вибраций на развязанных фундаментах с пассивной виброзащитой. Им свойственны частоты 3,8; 10; 12; 26; 50 Гц с уровнями от $1,5 \cdot 10^{-5}$ g до $9 \cdot 10^{-5}$ g.

Проведенный динамический мониторинг рабочих мест показал, что техногенные возмущения вызывают их колебания в диапазоне от 2 до 50 Гц, причем распределение частот и уровней составляющих виброускорений зависит от местонахождения рабочих мест. Уровень вибровозмущений в подвальных помещениях на 1,5 – 2 порядка ниже, чем на верхних этажах зданий.

Ключевые слова: виброизмерения, техногенные возмущения.

УДК 629.1.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ (КУБИК МОРРИСОНА) В ПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

¹⁾Мелешко В.В., ²⁾Корнейчук В.В., Скуднева О.В., ¹⁾Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина;

²⁾Раменское приборостроительное конструкторское бюро, г. Раменское, Россия

Проводится оценка характеристик платформенной ИНС, в которой чувствительным элементом платформы является инерциальный измеритель, разработанный в Раменском приборостроительном конструкторском бюро. Сравнение проводится с инерциальной навигационной системой ИНС 802М.

В настоящее время в авиации используется ИНС, имеющая следующие точностные характеристики:

- погрешность выдачи сигналов путевой скорости V_N, V_E
за один час работы, м/с, не более - 4,0
- погрешность выдерживания вертикали, град, не более - 0,3
- погрешность определения стояночного курса методом двойного
гироскопирования на широтах до ± 70 град, град., не более - 0,25
- погрешность определения географических координат
местоположения φ, λ , км за каждый час работы, не более - 3,7

Основные характеристики используемого инерциального измерителя (ИИ):

- масса - 0,5 кг;
- погрешность определения угловой скорости - 0,01 °/час ;
- порог чувствительности по линейному ускорению - 10^{-6} g ;

При построении гиросtabilизированной платформы масса ее с ИИ уменьшается примерно на 2 кг.

Моделирование ИНС показало следующее.

Погрешности начальной выставки ИНС с ИИ:

- погрешность горизонтирования, не более - $3 \cdot 10^{-5}$ рад. (6 угл.сек)
- погрешность определения стояночного курса методом физического
гироскопирования на широтах до ± 70 град, град., не более 0,2

Погрешности в рабочем режиме:

- измерения линейной скорости , не более 3 м/с
- погрешность определения географических координат
- местоположения φ, λ , км за каждый час работы, не более 3,7

Ключевые слова: кубик моррисона, навигационная система.

УДК 531. 383

ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО КІНЕМАТИКИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

*Лазарев Ю. Ф., Національний технічний університет України "Київський політехнічний
інститут", м. Київ, Україна*

Вивчення кінематичних основ спеціальної теорії відносності (СТВ) наштовхується на низку нез'ясованих питань, які потребують свого розв'язання. До таких питань можна віднести побудову закону складання швидкостей і встановлення перетворень просторово-часових характеристик систем відліку у залежності від швидкості початку цих систем відліку. Релятивістський підхід, започаткований А. Ейнштейном на основі перетворень Х. Лоренца, ґрунтується на постулюванні багатьох неявних припущень, слушність яких не є очевидною. До них можна віднести однаковість деяких

координат точки у різних системах відліку, постулат про інваріантність просторово-часового інтервалу точки у різних системах відліку тощо.

У доповіді зроблено спробу показати, що перетворення Лоренца не забезпечують витримування принципу відносності, і запропоновано варіант закону складання швидкостей і відповідного закону складання переміщень, які задовольняють принцип відносності.

Показано, що одне з головних стверджувальних теорії Ейнштейна – уповільнення ходу годинників у рухомій системі відліку – є наслідком використаного припущення про інваріантність інтервалу точки в усіх системах відліку. Якщо ж позбутися цього припущення, то забезпечити виконання основних постулатів СТВ можна, як показано, і при умові, коли усі періодичні процеси в усіх інерціальних системах відліку течуть в однаковому темпі, тобто час є єдиним для всіх систем відліку.

Перетворення Лоренца-Ейнштейна-Мінковського не є єдиною основою, що задовольняє постулати спеціальної теорії відносності. Можливі й інші види перетворень. Обрання з них того чи іншого визначається якісною і кількісною відповідністю одержаних за допомогою них висновків з результатами дослідних даних. Загальним для усіх можливих варіантів можна вважати те, що з точки зору спостерігача в основній системі відліку тривалість процесу руху, що здійснюється у напрямку переносної швидкості, є більшою за тривалість того самого руху у зворотному напрямку.

Питання про власний час переносної системи відліку (і пов'язане з ним питання про перетворення просторових координат) є невизначеним і може бути вирішене лише експериментальним шляхом. Показано, що хід годинників в усіх інерціальних системах відліку можна вважати однаковим. Цим виключається парадокс "близнюків".

Ключові слова: спеціальна теорія відносності, кінематика.

УДК 629.7.052

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРЕНИЙ И УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

*Снигур А.К., Еременко А.П., Национальный университет кораблестроения,
г. Николаев, Украина*

Сигнал датчика представляется многомерным вектором, компоненты которого являются различными характеристиками измеряемого параметра, влияющими на измеряемую величину. На основании информации, полученной при исследованиях датчика и поступающей в процессе измерения, определяется действительное значение измеряемой величины. Нейроконтроллер управляет состоянием датчика в зависимости от условий работы чувствительного элемента.

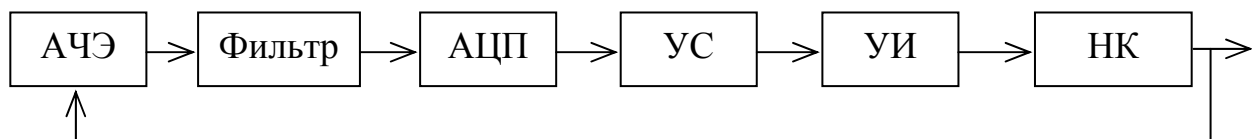
Количество входных элементов искусственной нейронной сети соответствует элементам вектора признаков измеряемой величины (их должно быть как можно больше). Выходной процесс задается числом состояний, которые необходимо определить.

Состояния можно кодировать, например, кодом "один из N", образуя желаемый целевой вектор. Обучение нейронной сети представляет собой процедуру настройки весовых коэффициентов.

Достоинством данной системы является то, что после реализации путем последовательного компьютерного моделирования на ПЭВМ или на специальном параллельном вычислителе эта система может быть очень легко обучена для удовлетворения предъявленным требованиям.

Существуют разнообразные сетевые модели и структуры, различающиеся по своему строению и по алгоритмам обучения. При выборе архитектуры сети возможно опробовать несколько конфигураций с различным количеством элементов. Основным показателем при этом является объем обучающего множества и обобщающая способность сети.

Выводы. Для построения системы необходимо иметь достоверные данные. Никакой из методов построения нейросети не даст нужного качества, если имеющийся набор параметров не будет достаточно полным и представительным для той задачи, с которой придется работать в системе.



Может быть реализована следующая последовательность обработки:

- АЧЭ – акустический чувствительный элемент;
- Фильтр – выделяет требуемую частоту сигнала;
- УС – устройство сегментации, разбивающее оцифрованный сигнал на серии равной длины;
- УИ – устройство интерполяции, интерполирующее каждую серию;
- НК – нейроконтроллер.

Ключевые слова: нейросеть, нейроконтроллер, акустический датчик.

УДК 528.022

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПІНЮ ДОСТОВІРНОСТІ ДАНИХ В ІНКЛІНОМЕТРИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

Макарчук В.Ф., ТОВ “Спецсервіс”, м. Київ, Україна

Для проведення ефективних геолого-розвідувальних бурових робіт, а також при оцінці стану свердловин, які б відповідали сучасним вимогам і

міжнародним стандартам неможливо обійтись без інклінометричних пристроїв які б забезпечували якісне вимірювання просторових координат в будь-якій точці свердловини. В сучасній інклінометрії виникла необхідність проводити оцінку достовірності вимірюваної інформації.

Задача визначення азимуту орієнтованого напрямку чи кута відхилення від горизонту для сучасних інклінометричних пристроїв успішно вирішується за допомогою безплатформених інерціальних навігаційних систем (БІНС). Розглядається БІНС, блок чутливих елементів якої побудовано на основі трьох датчиків кутової швидкості (ДУС) і трьох акселерометрів, які вимірюють такі фізичні характеристики Землі як вектор швидкості обертання Землі і вектор прискорення сили тяжіння Землі. Існуючі алгоритми визначення інклінометричних параметрів свердловини передбачають застосування абсолютно достовірних даних з ДУСів та акселерометрів.

За умови, що інклінометричні пристрої знаходиться нерухомо відносно Землі, а вимірювані фізичні характеристики Землі вважаємо незмінними, чи дією інших збурюючих факторів можна нехтувати, пропонуються наступні методи оцінки достовірності вимірних даних:

1. Оцінка за модулем швидкості обертання Землі.
2. Оцінка за модулем прискорення сили тяжіння Землі.
3. Оцінка за широтою місця експлуатації.

Оцінки за модулем швидкості обертання Землі і за модулем прискорення сили тяжіння Землі є незалежними один від одного і відображають лише якість вимірювання модуля швидкості обертання Землі і модуля прискорення сили тяжіння Землі відповідно, а оцінка за широтою місця експлуатації додатково враховує взаємне розташування осей чутливості відповідних датчиків і тому є комплексною оцінкою.

Розробка таких методів оцінки достовірності даних призводить як до підвищення ефективності роботи інклінометричних пристроїв в цілому як системи, визначення датчика, похибка якого вийшла за допустимі межі, скорочення часу атестації свердловини, визначення нерухомості інклінометра в свердловині при вимірюванні.

Запропоновані методи оцінки достовірності даних знаходять широке використання в наземних орієнтаційних системах побудованих за допомогою БІНС.

Ключові слова: інклінометр, інклінометричні пристрої, БІНС, достовірність даних, наземні системи орієнтації.

УДК 629.1.054

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ДВУХОСНОГО ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА ЛИНИИ ВИЗИРОВАНИЯ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПАХ

Голуб А.Г., Гордиенко В.И., Хомченко А.Я., Власюк В.В., Научно-производственный

комплекс «Фотоприбор», г. Черкасси, Україна

Высокие качественные параметры гиросtabilизатора (ГС) линии визирования на волоконно-оптических гироскопах (ВОГ) можно получить применяя в контуре разгрузки линейные и нелинейные корректирующие устройства (КУ). Передаточная функция линейного КУ, обеспечивающего высокую точность стабилизации линии визирования, имеет вид:

$$W_K(s) = \frac{(T_1s + 1)^2}{T_1^2 s^2 (T_2s + 1)^2}, \quad (1)$$

где $T_1 = 0,016$ с; $T_2 = 0,0003$ с.

Так как применяемый в ГС ВОГ ВГ910 имеет рабочий диапазон частот от 0 до 1000 Гц частота среза контура разгрузки, с учетом передаточной функции (1), составляет $\omega_{cp} = 500$ с⁻¹. Электромагнитная постоянная времени моментного двигателя постоянного тока контура разгрузки имеет значение $T_{об} = 0,0002$ с и не ограничивает возможность получения относительно высокой частоты среза контура разгрузки, так как $T_{об} < T_2$. Передаточная функция разомкнутого контура разгрузки с КУ (1) имеет вид:

$$W_0(s) = \frac{K_p(T_1s + 1)^2}{s(T_{об}s + 1)T_1^2 s^2 (T_2s + 1)^2}, \quad (2)$$

В соответствии с выражением (2) замкнутая система разгрузки ГС является условно устойчива. В связи с этим в усилитель разгрузки введено нелинейное КУ для обеспечения высокой устойчивости замкнутой системы разгрузки. Таким нелинейным КУ является ограничитель выходного сигнала на уровне (0,5 – 0,6) В одного из двух изодромных звеньев КУ (1), которое имеет при этом линейный коэффициент усиления для входных сигналов низкого уровня, что позволяет получить требуемый коэффициент усиления K_p , а следовательно и высокие качественные параметры ГС.

Во время испытаний экспериментального образца двухосного ГС линии визирования на ВОГ в лабораторных условиях при воздействии низкочастотной качки с частотой (0,2 – 1,2) Гц и амплитудой 5° погрешность стабилизации линии визирования имела амплитудное значение $\Delta\alpha$ ($\Delta\beta$) ≤ 5'' при углах прокачки по тангажу $\beta = \pm 15^\circ$, а при угле $\beta = 0^\circ$ – $\Delta\alpha$ ($\Delta\beta$) ≤ 2''.

Ключевые слова: гиросtabilизатор, корректирующее устройство, погрешность стабилизации, волоконно-оптический гироскоп.

УДК 624.131.1

СИСТЕМА ВИБРОДИАГНОСТИКИ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГИРОПРИБОРОВ

Аврутова И.В., Жуковский Ю.Г., Лариончик В.Н., Марусик П.И., Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Согласно договору кафедры приборов и систем ориентации и навигации НТУУ “КПИ” с КП ЦКБ “Арсенал” проведены измерения вибрационного фона

на рабочих местах и в производственных помещениях, предназначенных для настройки и испытаний гироскопических приборов. Задачами измерений являлись:

- оценка уровней и спектрального состава фоновых вибраций, вызванных техногенными возмущающими воздействиями;
- определение собственных частот элементов конструкций рабочих мест и развязанных фундаментов, предназначенных для испытаний гироскопических приборов;
- исследование собственных шумов виброизмерительной аппаратуры и определение требований к ее чувствительности и точности;
- тестирование и отработка программного обеспечения в процессе измерений.

Для решения перечисленных задач разработана и изготовлена система вибродиагностической аппаратуры, основными узлами которой являются:

- два комплекта измерителей, в состав которых соответственно входят два и три ортогонально ориентированных линейных прецизионных акселерометра ДА-11;
- персональный компьютер РС IBM с 14-битным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) L-761;
- усилители – преобразователи измеренных виброускорений, а также вторичные источники питания и линии связи.

Специально для целей вибродиагностики на языке С++ разработано программное обеспечение, которое позволяет:

- регистрировать, отображать в реальном времени, преобразовывать и хранить измеренную информацию;
- осуществлять осредненный спектральный анализ как всей реализации, так и ее отдельных участков;
- определять максимальное значение виброускорения в реализации с привязкой ко времени;
- изменять масштабы сигнала и спектрального разложения при записи сигнала и его обработке;
- переходить при измерениях и спектральном анализе от единиц измерения “вольт” к единице измерения “g” (ускорение силы тяжести) и обратно.

Объект измерений определил повышенные требования к чувствительности первичных преобразователей и необходимость исследования шумов усилителей, АЦП, наводок в линиях связи, а также погрешностей преобразования аналогового сигнала в цифровой. Результаты исследований свидетельствуют о том, что меры, принятые при разработке, изготовлении и отработке аппаратуры, позволили достичь уровня собственного шума АЦП не более 5 мкВ, тракта преобразования и передачи сигнала – не более 17 мкВ, что в размерности виброускорения соответствует $8 \cdot 10^{-8} g$ и $2,6 \cdot 10^{-7} g$.

Итак, представленная виброизмерительная система позволяет с высокой точностью измерять, преобразовывать, представлять и осуществлять осредненный спектральный анализ двух (трех) ортогональных составляющих виброускорений, вызванных техногенными и природными возмущающими

факторами. При этом сфера применения системы не ограничивается приведенным в данном докладе направлением.

Ключевые слова: виброизмерительная аппаратура, акселерометр

УДК 624.131.1

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТІВ В ЗАДАЧІ ВІБРОМОНІТОРИНГУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Аврутова І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Задача визначення стану інженерних споруд (будівель, мостів, дамб тощо) отримує все більшу актуальність у зв'язку зі складною еколого-геологічною обстановкою в Україні. Основним призначенням сучасних систем віброконтролю є неперевне вимірювання потужності складових вібрацій, тобто вібромоніторинг інженерних споруд, з метою достовірного виявлення змін стану до того, як він виявиться непрацездатним. При цьому важливо не пропустити небезпечних змін стану, що мало впливають на результати традиційних вимірювань вібрації до моменту появи аварійної ситуації.

Одним із видів вібромоніторингу інженерних споруд є використання високочутливих прецизійних вібровимірювальних датчиків – акселерометрів для вимірювання низькочастотних мікросейсмічних вібрацій досить низького рівня. Основна увага при цьому приділяється обробці великого об'єму інформації в реальному часі за допомогою новітніх методів.

Обробка інформації при проведенні вібромоніторингу базується, в основному, на спектральному аналізі сигналу, заснованому на перетворенні Фур'є та інших сучасних методах отримання спектрів. Поряд з незаперечними достоїнствами, такими, як універсальність, простота, перетворення Фур'є має той недолік, що вихідний нестационарний сигнал замінюється на періодичний та отримуються усередненні коефіцієнти розкладу. Також в процесі спектрального перетворення втрачається інформація про часовий фактор, відсутня динаміка зміни спектрального складу сигналу. Взагалі, для функцій з локальними особливостями (наприклад, стрибками), якими є вібросигнали при моніторингу інженерних споруд, ряди Фур'є виявляються непристосованими.

З іншого боку, вібросигнал можна представити сукупністю хвильових пакетів – вейвлетів, створених на основі деякої базової функції. Ця сукупність, що є різною в різних частинах часового інтервалу визначення сигналу і коректується множниками, представляє сигнал з тим чи іншим ступенем деталізації. Цей підхід називають вейвлет-аналізом сигналів, основним продуктом якого є вейвлет-спектрограми. На відміну від фур'є-спектрограм вони виявляються більш інформативними, оскільки дозволяють виявити найтонкіші локальні особливості вібросигналу у масштабі часу. Кількість вейвлетів при розкладанні сигналу складає рівень декомпозиції. Точність

реального сигналу при переході на більш низькі рівні декомпозиції знижується, але з'являється можливість вейвлет-фільтрації та ефективною компресії даних. Отже, стає можливою вейвлет-обробка вібросигналів.

Запропонований підхід використання вейвлетів для аналізу вібросигналів споруд застосовувався при дослідженні стін головного корпусу НТУУ “КПІ” на техногенні збурення.

Таким чином, для аналізу нестационарних процесів, якими є вібросигнали при моніторингу інженерних споруд, доцільно використовувати новий математичний апарат – вейвлети, що дозволить визначати положення сигналів у часовому і частотному просторах, підвищити інформативність спектрограм за рахунок відображення локальних особливостей сигналу та завчасно попередити про зміну стану споруд.

Ключові слова: вібромоніторинг інженерних споруд, вейвлети

УДК 621.287.01

ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБУ МОВНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ НЕЗРЯЧИХ В МЕЖАХ МІСТА НА ОСНОВІ GPS-ПРИЙМАЧА

*Ніколаєв М.М., Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

На сьогодні надзвичайно важливою проблемою для людей із вадами зору (тільки в Україні таких нараховується близько 60 тис. чоловік, членів УТОСу) є їх орієнтація та пересування в умовах великих та середніх міст.

Одним із варіантів вирішення зазначеної проблеми є застосування незрячим електронного пристрою, що має мовний інтерфейс і допомагає людині з вадами зору оптимальним маршрутом дістатись до необхідного місця призначення, тобто координувати її рухом за допомогою мови у вигляді рекомендацій щодо бажаного напрямку пересування.

В даний час в лабораторії діагностичних засобів кафедри ПСОН НТУУ "КПІ" ведуться роботи над розробкою алгоритму побудови оптимального шляху на електронній мапі засобу мовної орієнтації, який базується на алгоритмах Дейкстри, Флойда та Йена.

Запропоновано структурну схему засобу мовної орієнтації незрячих в межах міста на основі GPS-приймача, що складається з чотирьох основних сегментів, а саме: GPS-приймача, сегменту запису та відтворення мови (на основі спеціалізованого мовного мікроконтролера), сегментів розпізнавання мови людини та побудови оптимального шляху на електронній мапі засобу. Розглянуто принцип та алгоритми роботи такого засобу, визначено основні вимоги до нього та елементів його структури. Проведено порівняльний аналіз алгоритмів розпізнавання мови і побудови оптимального шляху та встановлено, що для розпізнавання мови найбільш ефективним є кореляційний алгоритм, а

оптимальним алгоритмом для побудови шляху - алгоритм Дейкстри, які і були покладені в основу засобу.

В подальшому планується розширити область застосування розробленої структури засобу мовної орієнтації в інших сферах (зокрема, в автомобілебудуванні тощо).

Ключові слова: незрячі, орієнтація, GPS-приймач, запис мови, відтворення мови, розпізнавання мови, оптимальний шлях.

УДК 621.382.049.77

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕССОРА NIOS II ФИРМЫ ALTERA В СОВРЕМЕННЫХ БИНС

*Ерофалов Н.Б., Мережаный П.Г., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Известно, что бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) обеспечивают определение и выдачу пилотажно-навигационных параметров и находят широкое применение на самолетах и вертолетах гражданской авиации. На сегодняшний день такие системы в Украине не выпускаются, а стоимость зарубежных составляет десятки тысяч долларов, что вызывает необходимость разработки и создания отечественной системы.

В работе рассматривается структура построения БИНС, содержащая блок чувствительных элементов (ЧЭ), АЦП и систему управления. Блок ЧЭ включает в себя шесть твердотельных датчиков: 3 акселерометра и 3 ДУС, изготовленных по технологии iMEMS. Система управления содержит вычислитель, обеспечивающий решение задач навигации.

Возможны следующие варианты реализации вычислителя БИНС: на основе RISC-процессора, DSP-процессора либо в виде SoC (system-on-chip) – системы на кристалле, построенной на базе ПЛИС высокой степени интеграции, например, семейства Cyclone EP1C20 фирмы Altera.

По нашему мнению, последний вариант является наиболее предпочтительным решением для построения вычислителя БИНС, поскольку имеет ряд отличительных преимуществ:

1. Наличие возможности создания на базе вентиляционной матрицы высокой ёмкости одного или нескольких (до восьми) конфигурируемых 32-разрядных RISC-процессоров NiosII. Конфигурируемость процессора позволяет вводить в его состав на этапе проектирования пользовательские периферийные компоненты (память, UART, SPI, параллельные порты, таймеры и т.п.) с требуемой разрядностью и в необходимом количестве.

2. Использование оставшихся ресурсов ПЛИС под различное пользовательское интерфейсное электронное обрамление.

3. Возможность синтеза отдельных команд пользователя при реализации вычислительного ядра на базе рассматриваемого процессора в дополнение к

имеющемуся базовому набору команд, что делает NiosII более гибким для решения поставленной задачи в отличие от обычных процессоров с универсальным набором команд.

В настоящее время проводится анализ способов реализации алгоритма вычисления навигационных параметров объекта (долготы, широты и вектора линейной скорости относительно поверхности Земли) с использованием указанной элементной базы.

Ключевые слова: БИНС, навигация, ПЛИС, Nios, процессор.

УДК 528.526.6

МЕТОД ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В НАЗЕМНЫХ ГИРОКОМПАСАХ КОМПЕНСАЦИОННОГО ТИПА

*Боярчук А.А., Криворот С.Н., Яворский О.А., Казенное предприятие
"Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина*

Наземные гирокомпасы (НГК) – один из основных видов продукции КП "ЦКБ "Арсенал". В настоящее время, наряду с разработкой новых НГК, проводится модернизация некоторых существующих высокоточных НГК. Применение новейших достижений микроэлектроники и вычислительной техники позволяет существенно уменьшить весогабаритные характеристики, потребляемую мощность, и, вместе с тем, расширить функциональные возможности НГК.

Особый интерес представляет возможность внедрения новых подходов к решению задач измерения и обработки сигналов. В частности, для ряда НГК компенсационного типа, разработаны алгоритмы набора и обработки информации, позволяющие сократить длительность основных режимов определения азимута на 10...20 % без ущерба для точности.

Традиционно, в НГК компенсационного типа измерения проводятся только в установившемся режиме. Предлагаемые алгоритмы позволяют производить измерения в переходном режиме.

Ключевые слова: наземный гирокомпас, алгоритм обработки.

УДК 621.373.826:629.7.05

ЛАЗЕРНЫЕ ГИРОСКОПЫ ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ.

*Вахлаков А.Ю., Лихолит Н.И., Скорик В.Т., Слюсар В.М., Казенное предприятие
"Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина*

В докладе рассмотрены особенности проектирования лазерных гироскопов (ЛГ) для бесплатформенных навигационных систем инерциально-вычислительного ядра системы управления ракеты-носителя космического корабля.

Обсуждаются методики расчета деформаций осевого контура кольцевого лазера в условиях линейных, вибрационных и ударных нагрузок, возникающих при полете ракеты-носителя космического корабля, а также расчета собственных частот ЛГ для различных конструкций корпуса и вибратора кольцевого лазера.

Приведены результаты моделирования режима гироскопирования при предполетной подготовке ракеты-носителя и измерения азимутальных характеристик ЛГ.

Проведены измерения статических точностных характеристик одного из разработанных в КП ЦКБ «Арсенал» типов ЛГ в нормальных условиях и в диапазоне рабочих температур.

Ключевые слова: лазерный гироскоп, кольцевой лазер, бесплатформенная инерциальная навигационная система, гироскопирование.

УДК 528.526.6

ИСПЫТАНИЯ ГИРОТЕОДОЛИТОВ В ПОВЫШЕННЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Бондарь В.А., Кильдышов Г.Г., Казенное предприятие "Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина

При использовании гиroteодолитов для проведения маркшейдерских работ одним из требований, предъявляемых к приборам, является обеспечение точности определения азимута при повышенных магнитных полях. Действие магнитного поля главным образом сказывается на смещении положения равновесия гироскопа при различных значениях напряженности внешнего магнитного поля. Одним из самых простых и действенных путей уменьшения влияния магнитных полей является экранирование элементов конструкции, наиболее чувствительных к этому воздействию.

Для проверки гиroteодолитов на соответствие требованиям по точности определения азимута при повышенных магнитных полях проводятся испытания в магнитном стенде. Испытания гиroteодолита проводились путем определения азимута контрольного элемента магнитного стенда и измерения моментов, действующих на чувствительный элемент, при различных направлениях вектора внешнего магнитного поля. Для задания внешнего постоянного магнитного поля в магнитном стенде используются кольца Гельмгольца.

В результате экспериментов было выявлено, что зависимость погрешности определения азимута от направления внешнего постоянного магнитного поля (МП) имеет вид синусоиды. Максимальное значение погрешности наблюдается при направлении магнитного поля, перпендикулярном оси ротора гиromотора. Источником погрешности гиroteодолита в МП является непостоянство значения вредного момента при определении положений динамического равновесия на севере и на юге. Зависимость разности значений вредных моментов при различных направлениях магнитного поля, по своему виду

совпадает с зависимостью погрешности определения азимута при различных направлениях магнитного поля. Также было установлено, что магнитное поле постоянного магнита датчика скорости гиromотора является одним из источников погрешности гиротеодолита в повышенных магнитных полях.

Ключевые слова: гиротеодолит, испытания в постоянных магнитных полях.

УДК 621.287.02

ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТУРБОКОМПРЕСОРА ТА ВІЛЬНОЇ ТУРБИНИ НА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

*Майданчук А.Ю., Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Інтенсивне зростання авіаційного парку і постійне удосконалення авіаційної техніки висунули нові вимоги до забезпечення безпеки і регулярності польотів, що поставило перед фахівцями задачу створення бортових і наземно-бортових систем автоматизованого контролю авіаційного устаткування.

В процесі експлуатації літака вкрай важливим є постійний контроль багатьох параметрів обладнання, наприклад, температури вихідних газів маршової рушійної установки, положення механізму крила, частота обертання двигуна, обертовий момент його важеля тощо. Наразі для контролю частоти обертання турбокомпресора та вільної турбіни в літаках використовуються пристрої типу ИЧЖ-01-ТК та ИЧЖ-01-СТ, які, на жаль, мають ряд недоліків, зокрема, низькі завадостійкість та адаптивність до умов навколишнього середовища, відносно великі габарити та масу, що робить неможливим їх застосування в перспективних системах контролю.

Розроблено структуру вимірювального каналу нового пристрою та проведено розрахунок елементів його складових. За допомогою пакету SimuLink середовища MatLAB синтезовано математичну модель окремих блоків пристрою, що дозволило дослідити динамічні характеристики каналу при дії різних зовнішніх факторів. З метою покращення завадостійкості в структуру введено додатковий фільтр та визначено оптимальні параметри схеми в цілому. Розроблено алгоритм та робочу програму мікропроцесора обчислювача пристрою.

Ефективність та працездатність розробленої структури і коректність синтезованої SimuLink-моделі підтверджено при проведенні випробувань зразка пристрою в умовах лабораторного стенду.

Отримані результати покладено в основу побудови нового покоління пристроїв контролю параметрів двигуна і найближчим часом почнуть застосовуватись на борту літальних апаратів.

Ключові слова: математична модель, канал вимірювання частоти, ИЧЖ, динамічні характеристики.

УДК 62-50

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ З РАДІАЛЬНИМИ БАЗИСНИМИ ФУНКЦІЯМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ КОСМІЧНИМ АПАРАТОМ ІЗ ГНУЧКОЮ ДИНАМІКОЮ

*Мелашенко О.М., Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Синтез системи керування гнучким космічним апаратом на основі нейроадаптивних алгоритмів завдяки універсальній апроксимуючій властивості нейромережі дозволяє досягти високої точності керування в умовах значної невизначеності параметрів конструкції, слабкого демпфування в широкому діапазоні частот, немодельованих близько розташованих мод, структурної нелінійності і функціонування в широкому діапазоні навантажень і збурень.

Із запропонованих на сьогоднішній день методів нейрокерування особливо привабливим виглядає метод доповнення нейромережею існуючої архітектури керування динамічним об'єктом. Цей метод застосовний до неафінних нелінійних систем і з параметричною невизначеністю і з немодельованою динамікою.

Важливим моментом у побудові нейроадаптивної системи керування динамічним об'єктом є отримання сигналу навчання нейромережі. Дотепер запропоновано два підходи для отримання цього сигналу, а саме, підхід на основі строгої дійсної додатності оператора та підхід на основі лінійного спостерігача похибки адаптації. За першого підходу, на відміну від другого, виникають труднощі, пов'язані зі зростанням складності нейроадаптивної системи зі зростанням кількості нейронів.

У доповіді розглянуто питання синтезу нейроадаптивної системи керування космічним апаратом з гнучкими панелями сонячних батарей на основі підходу доповнення існуючої архітектури керування нейроадаптивним елементом з радіальними базисними функціями (РБФ), причому для отримання сигналу навчання нейромережі використано лінійний спостерігач похибки адаптації.

Аналіз замкненої системи на ЕОМ дозволяє зробити наступні висновки:

- доповнення номінальної системи керування нейроадаптивним елементом дозволяє значно підвищити точність системи;
- подальше підвищення точності системи керування досягається за рахунок збільшення кількості нейронів;
- перехідні процеси в нейроадаптивних системах, синтезованих і на основі підходу строгої дійсної додатності й на основі лінійного спостерігача похибки адаптації практично співпадають.

Моделювання проводилось в середовищі MatLab із застосуванням пакету Simulink.

Ключові слова: РБФ-нейромережа, спостерігач похибки адаптації.

УДК 629.7.054

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИМПЕНДАНСНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Мельник В.Н., Ковалец О.Я., Карачун В.В., Сиплива И.С., Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Достижения практической космонавтики существенно расширили и вывели на качественно высшую ступень сложившиеся представления о характере рассеяния энергии акустических полей в механических системах бортовой аппаратуры летательных аппаратов, определили перспективы развития и совершенствования измерителей механических величин, очертили круг прикладных и теоретических изысканий в приборостроении. Вместе с тем, остается много нерешенных проблем качественной и количественной оценки природы этого явления. В первую очередь, это относится к навигационным системам с носителями кинетического момента.

Как оказалось, многие из новинок научно-технической мысли, позволявшие успешно решать задачи оптимизации функционирования командно-измерительного комплекса подвижного объекта в акустических полях низкого и среднего уровней (до 130 дБ), утратили свои приоритеты, а в некоторых случаях даже привели к ухудшению паспортных характеристик приборов, например, в акустических полях высокой интенсивности – 140-150 дБ и выше. К слову сказать, именно такие уровни наблюдаются в подобтекаемом пространстве РН в натуральных условиях.

Установлено, что наибольшей величины акустические нагрузки от шума реактивной струи достигают на Земле и во время старта РН. С увеличением скорости полета их влияние уменьшается, но при этом возрастают нагрузки, обусловленные пульсацией давления в турбулентном пограничном слое.

Особенностью излучения звука аэродинамическим потоком является наличие сферических звуковых волн и остронаправленных интенсивных волн Маха, которые и являются основным источником шума. Величина среднего квадрата акустического давления P , например, высокоскоростных ракет может быть определена известной формулой:

$$\bar{P}^2 \approx \varepsilon^5 l^2 |y|^{-2} (\rho U)^2 M^4 \left[(1 - M \cos \theta)^2 + \varepsilon^2 M^2 \right]^{\frac{5}{2}},$$

где M – число Маха; θ – угол между направлением движения вихрей и направлением излучения; ε – безразмерный коэффициент турбулентности. При малых скоростях движения это уравнение выражает известный закон «восьмой степени» Лайтхилла. Причем наибольший интерес представляет случай, когда $M \cos \theta = 1$, что соответствует максимуму шума, излучаемого струей реактивного двигателя.

Необходимы количественная и качественная оценки этого явления в более масштабном и системном содержании.

Ключевые слова: навигационные системы, точность.

УДК 629.7.054

О ПОГРЕШНОСТЯХ ПОПЛАВКОВОГО ГИРОСКОПА В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

Мельник В.Н., Борисенко А.О., Карачун В.В., Саверченко В.Г. Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Прикладные исследования последних лет дают основание считать, что при анализе погрешностей гироскопических приборов не всегда эффективным является метод построения расчетных моделей в виде систем с сосредоточенными параметрами. Он оправдан тогда, когда возмущающее воздействие оказывает влияние на гироскоп через опоры – угловое движение основания, вибрация и т.п. В то же время при пространственном характере моментов-помех, например, тепловой факел, проникающее акустическое излучение, когда весь подвес гироскопа подвержен вредному влиянию, расчетную модель целесообразно строить в виде системы с распределенными параметрами. Кроме того, природа этого проявления также изменяется.

Характерным, с точки зрения сказанного, может быть случай, когда на гироскоп, например, поплавковый двухстепенной, одновременно действуют акустическое излучение и угловое движение основания. В отличие от кинематического возмущения здесь уже в первом приближении удастся установить значение сдвига нуля прибора:

$$\langle \bar{\beta}_1^{(0)} \rangle = \left\langle \frac{4P_0 i \omega_a J_{\Pi}}{n^2 BR} K_{\psi \rho_r}(t, t) + \frac{2P_0 i \omega_a}{n^2 B} \left[J_{\Pi} K_{\phi \rho_r}(t, t) + \pi J_{\Pi} K_{\phi \rho_r}(t, t) + m_T R_T L K_{\phi \rho_r}(t, t) \right] \right\rangle ,$$

где P_0 , ω_a – параметры акустического воздействия; n^2 , B , J_{Π} , m_T , R_T , L , R – параметры подвеса гироскопа; $K_i(t, t)$ – корреляционные функции связи между акустической вибрацией поверхности поплавка в тангенциальном (ρ_r), радиальном направлении (ρ_r) и торцевых пластин (ρ_r), а также угловым движением основания $\psi(t)$, $\phi(t)$.

Представление расчетной модели как системы с распределенными параметрами открывает дополнительные возможности анализа и синтеза гироскопов.

Ключевые слова: поплавковый гироскоп, погрешность.

УДК 62-752.4: 528.521

СИСТЕМА НАЗЕМНОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩАЯ НОВУЮ СХЕМУ РАССТАНОВКИ ПРИБОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Лихоткин А.М., Шостак А.М., Юрьев Ю.Ю., Казенное предприятие «Центральное

конструкторское бюро «Арсенал», г. Киев, Украина

Гироскопическое наземное ориентирование, выполняемое с помощью гиротеодолитов, является быстрым и удобным, а иногда и единственным способом ориентирования систем подземных выработок при отсутствии достоверного поверхностного геодезического обоснования или при невозможности передать точное направление с поверхности под землю. Поэтому такие приборы являются незаменимым инструментом в горном деле при восстановлении маркшейдерского обоснования в заброшенных шахтах, в спелеологии при съемке пещер, при изыскательских съемках в районах, где отсутствует геодезическое обоснование, в горной или густолесистой местности, где затруднено использование GPS технологий.

В то же время, применяемые в настоящее время приборы гироскопического наземного ориентирования не лишены недостатков, более подробное рассмотрение которых представлено в настоящем докладе. Одним из наиболее существенных недостатков является высокая цена приборов, которая сдерживает их широкое применение.

Анализ функциональных схем приборов, применяемых в настоящее время, позволяет выделить основные факторы, связанные с конструкторской реализацией указанных схем, являющиеся источниками высокой стоимости приборов. Наиболее существенным из которых является конструктивное совмещение гироскопической и теодолитной частей в одном агрегате или приборе.

Предлагается к рассмотрению и обсуждению новая схема гироскопического наземного ориентирования при выполнении топогеодезических работ, которая заключается в раздельной расстановке гироскопического прибора и теодолита (тахеометра). Показаны преимущества данной схемы по сравнению с существующими. Приведены требования к гироскопическому прибору, реализующему данную схему. Показано, что при прочих равных условиях, конструкция такого прибора имеет минимально возможный состав и, соответственно, минимальную стоимость.

Ключевые слова: гиротеодолит, топогеодезические работы, гироскопическое наземное ориентирование, схема расстановки.

УДК 629.7.018

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ НАВІГАЦІЇ І ПРИЦІЛЮВАННЯ В ТРЕНАЖЕРНОМУ КОМПЛЕКСІ ПІДГОТОВКИ ЛЬОТНОГО СКЛАДУ БОЙОВОЇ АВІАЦІЇ

¹Жук Є.В., ¹Кадочніков С.М., ¹Жук В.Л., ²Михайлюк О.Д., ²Лампик М.М., ¹Казенне підприємство "Центральне конструкторське бюро "Арсенал", м. Київ, Україна; ²Державний авіаційний науково-випробувальний центр, м. Феодосія, Україна

Велика вартість експлуатації сучасних бойових літаків призводить до

витрат значних коштів при підготовці військових льотчиків. Пропонується вирішення проблеми освоєння дорогих в експлуатації бойових літаків (літаків-винищувачів бойової авіації) на основі створення "літака-тренажера".

Бортовий тренажерний комплекс БТК-39 створений на базі учбово-тренувального літака Л-39. Основою БТК-39 є додаткове оснащення літака Л-39 наступною апаратурою: обчислювачем (який приймає поточні параметри руху від датчиків і разові команди від пультів керування, здійснює розв'язання задач навігації та прицілювання, формує інформацію для виведення на індикацію), індикатором на лобовому склі (ІЛС), багатофункціональними індикаторами БФІ-1 (в передній кабіні - кабіні льотчика) та БФІ-2 (в задній кабіні - кабіні інструктора), ручкою керування літаком (РКЛ) від бойового літака, пультом керування бойовими режимами (ПКБР), супутниковою навігаційною системою (СНС). ПКБР імітує основні режими застосування зброї та основні режими навігації (зліт, політ за маршрутом, посадка) і прицілювання в форматі бойових літаків.

У зв'язку з відсутністю на Л-39 автоматичної системи керування розв'язання задач навігації в форматі літаків бойової авіації забезпечується роботою обчислювача та СНС, що дозволяє програмувати політ за заданим маршрутом та одержувати поточну навігаційну інформацію приймачем СНС в процесі польоту та відображати її на ІЛС.

Розв'язання задач прицілювання забезпечується роботою обчислювача, який формує (імітує) і відображає на ІЛС (БФІ-1, БФІ-2) фоно-цільову обстановку, а також строб (поле) захвату. Льотчик в польоті керуванням літака та РКЛ повинен накласти строб захвату на вибрану мітку цілі, захопити ціль та імітувати її атаку (використовуючи органи керування). При цьому в обчислювачі здійснюється розв'язання системи рівнянь, які описують задачу прицілювання. БТК-39 дозволяє розв'язувати задачі прицілювання в форматі бойових літаків різними видами зброї для різних типів цілей, що імітуються.

Ключові слова: літак, тренажерний комплекс, задачі навігації, задачі прицілювання.

УДК 629.735

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВІБРОЗАХИСТОМ

*Мариношенко О.П., Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Серед великої кількості головних та актуальних на даний час проблем аеропружності є задача запобігання вібраціям несучих поверхонь літального апарату, прикладом яких може бути флатер. Поряд з традиційними засобами запобігання небажаним вібраціям несучих поверхонь літака, а саме: підвищення жорсткості конструкції, зміна зовнішньої конфігурації частин

літального апарата, раціональним розміщенням маси конструкції, застосування додаткових вантажів, в останні роки починає усе більш широко поширюватися ідея використання для підвищення віброзахисту несучих поверхонь літального апарату та підвищення критичної швидкості флатера систем автоматичного керування. Розвиток цієї ідеї пов'язаний не тільки завдяки підвищенню актуальності задачі запобігання флатера, але й у результаті інтенсивного удосконалювання систем автоматичного керування, функції яких безупинно розширюються, а надійність підвищується.

Проведені дослідження відносяться до галузі авіаційної техніки і можуть бути використані в автоматичних системах віброзахисту несучих поверхонь літаків. На відміну від відомого методу зміни інерційних характеристик крила літального апарату, що забезпечує зменшення амплітуди коливань крила у порівняно вузькій смузі пропускання частот по відношенню до зовнішніх аеродинамічних збурень.

В доповіді пропонується методика прикладання моменту, який буде зменшувати амплітуди небажаних вібрацій крила за допомогою використання механічного пристрою у вигляді підкрильного вантажу. Вказаний пристрій здійснює лінійні переміщення вздовж осі, яка проходить через центри мас перерізів крила. В залежності від закону руху підкрильного вантажу ми можемо прикладати до крила різної форми (постійний або періодичний), та різної величини згинаючий момент (в залежності від положення підкрильного вантажу, відносно кореневого перерізу крила, та його маси).

В ході досліджень сформульований фундаментальний принцип механіки стосовно розглядуваної поліагрегатної системи - принцип можливих переміщень (ПМП).

На основі одержаних ПМП отримана математична модель згинно-крутильних коливань крила літака з підкрильним вантажем, на основі якої можна досліджувати різного типу коливальні процеси крила, і що важливо коливальні процеси при критичній швидкості флатера крила, а також проводити дослідження щодо механічної компенсації небажаних вібрацій несучої поверхні літака.

В подальших роботах планується провести повне математичне моделювання системи протифлатерного захисту крила літака, використовуючи наведену вище методику щодо зменшення вібрацій несучої поверхні літального апарату.

Ключовые слова: система автоматичного керування, віброзахист.

УДК 621.375

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАНОМОТОР С ПОВЫШЕННЫМ УДЕЛЬНЫМ МОМЕНТОМ

Петренко С.Ф., Петренко Е.С., Национальный технический университет Украины

“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина; ТОВ «LILEYA», г. Киев, Украина

Основным требованием, предъявляемым к прецизионным исполнительным элементам аэрокосмической техники является удельный момент - соотношение рабочего момента к массе привода (H^*m/kg). Например, для высокоточных исполнительных приводов микроспутника это соотношение ~ 1 .

Нами был разработан ультразвуковой пьезоэлектрический наномотор с удельным моментом ~ 10 при сохранении способности делать мельчайшие угловые шаги в пределах одной угловой секунды. Это свойство обусловлено высокими старт-стопными характеристиками наномотора.

Основные технические характеристики наномотора представлены ниже:

Максимальный момент.....	3 кГ*см
Момент самоторможения.....	1 кГ*см
Максимальная скорость.....	60 об/мин
Минимальный угловой шаг.....	1 угл. сек
Время разгона	$3 \cdot 10^{-4}$ с
Динамический диапазон.....	4 кГц
Ресурс.....	1000 часов
Напряжение питания	12В
Рабочий ток.....	не более 500мА
Масса двигателя.....	30 г

Наномотор может быть широко использован и в других областях науки и техники, как идеальный позиционер с уникальным разрешением и не требующий электропитания в режиме позиционирования. Искровзрывобезопасность делают его идеальным силовым приводом в запорном оборудовании нефте- и газопроводов, а сравнительно небольшая стоимость способствует его широкому внедрению в автомобильную промышленность (стеклоподъемники, стеклоочистители), торгово-офисное оборудование (вращающиеся стенды, щиты наружной динамической рекламы), пищевую промышленность (весодозирующая техника, шаровые клапаны), банковское оборудование и охранные системы (сейфы, замки, автоматические двери, системы телеслежения).

Ключевые слова: мотор, пьезоэлектрический, ультразвуковой, привод.

УДК 621.396.67(031)

О ЦИФРОВЫХ АЛГОРИТМАХ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

¹⁾Цисарж В.В., ¹⁾Марусик П.И., ²⁾Гузь В.И., ²⁾Липатов В.П., ²⁾Барингольц Т.В.,
¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина, ²⁾ НИИ «Квант-Радиолокация», г. Киев, Украина

При проектировании радиолокационных постов и использовании их для радиолокационного обнаружения и сопровождения подвижных целей, важным

и актуальным являются вопрос точного определения параметров траекторного движения целей. В настоящее время в существующей литературе для решения этих задач широкое рассмотрение получили различные модификации цифровых алгоритмов Калмана, цифровых « α - β - γ » алгоритмов, адаптивных цифровых алгоритмов оценивания и т.д.

Перечисленные алгоритмы можно отнести к классу цифровых алгоритмов с бесконечно импульсной характеристикой. К недостаткам таких алгоритмов оценивания параметров траекторного движения цели следует отнести достаточно «длинный» переходной процесс алгоритма и во многих случаях он носит колебательный характер.

В докладе предлагается методика синтеза цифровых алгоритмов оценивания параметров траекторного движения цели с элементами экспоненциального сглаживания и конечным временем переходных процессов для маневрирующих целей.

Приводятся цифровые алгоритмы вида рекуррентных уравнений с аналитическими соотношениями для определения и расчета коэффициентов этих уравнений.

В докладе приводятся результаты сравнения цифровых алгоритмов оценивания параметров траекторного движения цели с конечным временем переходного процесса с известными в литературе фильтрами Калмана и « α - β - γ » алгоритмами. Проведены сравнительные характеристики амплитудно-частотных характеристик синтезированных алгоритмов и ранее известных цифровых алгоритмов оценивания.

В докладе содержатся результаты исследования динамических и точностных характеристик цифровых алгоритмов с бесконечно импульсной характеристикой и алгоритмов с конечной импульсной характеристикой.

Приводятся различные графики, иллюстрирующие результаты этих исследований.

Доклад содержит ряд новых практических рекомендаций по оптимальному подключению двух классов цифровых алгоритмов, например, цифровых алгоритмов оценивания параметров траекторного движения целей с конечной импульсной характеристикой и оптимального фильтра Калмана.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании радиолокационных станций с прецизионными точностными характеристиками цифровых алгоритмов оценивания параметров траекторного движения маневрирующих целей.

Ключевые слова: цифровая обработка, алгоритмы оценивания, параметры траекторного движения цели.

УДК 621.396.67(031)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

¹⁾Гузь В.И., ¹⁾Пиронер Я.М., ¹⁾Яновский Ю.В., ²⁾Цисарж В.В., ²⁾Марусик П.И., ¹⁾НИИ «Квант-Радиолокация», г. Киев, Украина; ²⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» г. Киев, Украина

При разработке систем угловой стабилизации радиолокационных постов различного назначения в условиях интенсивной пространственной угловой качки основания (корабля) важной и актуальной в настоящее время остается задача изыскания путей повышения их динамических точностных характеристик. Решение этой задачи не возможно без использования последних современных достижений в области управляемых цифровых динамических систем, а также без использования прецизионных цифровых методов обработки информационных сигналов.

Авторами предлагаются пути повышения динамической точности для цифровых управляемых систем стабилизации радиолокационных постов «Позитив» и «Минерал».

В докладе приводится методика синтеза цифровых алгоритмов коррекции и управления для систем угловой стабилизации, позволяющая минимизировать ошибку систем стабилизации, как в дискретные моменты времени, так и составляющую ошибки между периодами дискретизации при достаточно больших периодах выдачи информации с навигационной системы «Лагода».

В докладе разработана математическая модель так называемой «межтактовой» динамической погрешности цифровых систем угловой стабилизации в виде «параметрической» передаточной функции, учитывающая инерционные параметры силовой части (постоянные времени, коэффициенты демпфирования и т.д.).

Работа содержит ряд практических рекомендаций по совершенствованию цифровых систем стабилизации с целью минимизации динамической ошибки не только от задающего сигнала, а также для уменьшения составляющей ошибки стабилизации от возмущающих моментов, например, момента ветровой нагрузки.

Приводятся результаты испытаний цифровых систем угловой стабилизации радиолокационных постов «Позитив» и «Минерал».

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке прецизионных цифровых управляемых систем стабилизации различного назначения.

Ключевые слова: цифровая система стабилизации, цифровое управление, цифровые алгоритмы.