

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДП «АНТОНОВ»



МАТЕРІАЛИ

X Міжнародної
науково-технічної конференції
“АВІА-2011”

19-21 КВІТНЯ

ТОМ III

Київ 2011

Том 3: Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції
„АВІА-2011”. –Т.3. –К.:НАУ, 2011.

РОБОЧИЙ ОРГКОМІТЕТ

Голова

оргкомітету

Кулик М.С. ректор Національного авіаційного університету

Заступник голови

Харченко В.П. проректор університету з наукової роботи

Члени

оргкомітету:

Азарсков В.М.	в.о. директора Інституту аерокосмічних систем управління
Васильєв В.М.	директор Інституту аеронавігації
Гудманян А.Г.	директор Гуманітарного інституту
Запорожець О.І.	в.о. директора Інституту екологічної безпеки
Литвиненко О.Є.	декан факультету комп'ютерних систем
Матвєєв В.В.	директор Інституту економіки та менеджменту
Сопілко І.М.	директор Юридичного інституту
Сулова Г.А.	заступник директора інституту ІСАО
Сидоров М.О.	декан факультету комп'ютерних наук
Фомєнко А.М.	директор Інституту міжнародних відносин
Філоненко С.Ф.	директор Інституту інформаційно-діагностичних систем
Чемакіна О.В.	в.о. директора Інституту аеропортів
Шмаров В.М.	директор Аерокосмічного інституту
Юдін О.К.	директор Інституту новітніх технологій

Секретаріат конференції

Голова

секретаріату

Зайцев Ю.В. начальник відділу НТІ та ІВ

Члени

секретаріату:

Газдюк Р.В.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Шепель О.Ю.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Рибалко О.Л.	співробітник відділу НТІ та ІВ
Ільченко В.М.	Помічник проректора з наукової роботи
Корбут Л.А.	Начальник відділу науково-методичного забезпечення діяльності
Шевченко О.Р.	начальник відділу міжнародних зв'язків

За науковий зміст викладеного матеріалу відповідають автори.

ПЕРЕЛІК І ЗМІСТ ТОМІВ

ТОМ I

- Секція 1.* Вимірювання, контроль, діагностика
- Секція 2.* Інформаційна безпека
- Секція 3.* Спеціалізовані комп'ютерні системи та CALS-технології
- Секція 4.* Комп'ютерні науки і інженерія
- Секція 5.* Комп'ютерні системи
- Секція 6.* Математичне моделювання та чисельні методи

ТОМ II

- Секція 7.* Аеронавігація
- Секція 8.* Аерокосмічні системи моніторингу та управління
- Секція 9.* Радіоелектронні комплекси та авіоніка
- Секція 10.* Авіаційна англійська мова та безпека польотів
- Секція 11.* Енергетичне устаткування
- Секція 12.* Новітні триботехнології
- Секція 13.* Сучасні аеропортові технології
- Секція 14.* Міцність та втомленість повітряних суден
- Секція 15.* Сучасні технології підтримки льотної придатності повітряних суден
- Секція 16.* Автоматизація та енергозбереження на транспорті
- Секція 17.* Аеродинаміка та безпека польотів

ТОМ III

- Секція 18.* Авіаційна хімотологія
- Секція 19.* Керування складними системами
- Секція 20.* Моделювання в електротехніці, електроніці та світлотехніці
- Секція 21.* Електроніка і радіоелектронні системи
- Секція 22.* Автоматизовані системи управління технологічними процесами
- Секція 23.* Електродинамічні та електронні системи
- Секція 24.* Міське, промислове, цивільне та транспортне будівництво
- Секція 25.* Технічна естетика, архітектура та дизайн

ТОМ IV

- Секція 26.* Хімічні технологія та інженерія
- Секція 27.* Екобезпека та екобіотехнологія
- Секція 28.* Кадастр та інформатика
- Секція 29.* Дистанційні аерокосмічні дослідження
- Секція 30.* Економічні та управлінські бізнес-процеси розвитку авіаційних підприємств
- Секція 31.* Проблеми організаційно-правового забезпечення та державного регулювання в сфері цивільної авіації
- Секція 32.* Боротьба з правопорушеннями: національні та міжнародні аспекти
- Секція 33.* Актуальні проблеми приватного права
- Секція 34.* Організаційно-правові засади регулювання відносин в сфері економіки
- Секція 35.* Диверсифікація міжнародних зв'язків України в процесі інтеграції до світового соціокультурного та економічного просторів
- Секція 36.* Психологія безпечної експлуатації авіаційного транспорту
- Секція 37.* Професійна підготовка перекладачів авіаційної галузі

Секція 18. Авіаційна хімотологія

Е.П. Серёгин, А.В. Улитко ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БИОТОПЛИВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНИКИ	18.1
С.Н. Волгин, Р.В. Бартко, Е.М. Вижанков, Е.А. Шарин РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФАУ «25 ГОСИИ ХИММОТОЛОГИИ МИНОБОРОНЫ РОССИИ» В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	18.5
В.С. Вдовін, С.В. Бойченко, Т.В. Стороженко, С.Ф. Романов, М.В. Халаменюк ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОРІДИННИХ ПАЛИВ У АВІАЦІЇ	18.9
І.Л. Трофімов, М.М. Голего, А.В. Васілева РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ ПРОТИЗНОСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВ ТА МАЛОВ'ЯЗКИХ РІДИН	18.13
В.П. Захарчук, В.О. Антонова, А.В. Васильєва, О.В. Зайчукова АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОДАВАННЯ ФУЛЛЕРЕН ПОХІДНИХ	18.17
Л. М. Черняк, К.Г. Кайнар, С.В. Бойченко, В.Ф. Новікова ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ПАЛИВ ДОДАВАННЯМ ПРИСАДОК	18.20
О.Я. Кузнєцова, Ж.М. Нетреба, А.М. Соловійов КІНЕТИКА ХІМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ РОБОЧОЇ РІДИНИ FN-51 В ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО СУДНА	18.21
О.В. Мислива, А.Г. Нікітін ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ МЕХАНІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ТУРБІННИХ ОЛИВ	18.25
В.И. Морозов, И.В. Морозова ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СРЕД ПРИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	18.29
Oleksandr Ivanovich Zaporozhets, Julia Stanislavivna Nikitchenko SCRAP TIRES UTILIZATION: ECONOMIC AND NON-ECONOMIC BARRIERS TO SOLVE A PROBLEM	18.33
К.В. Бондаренко, С.В. Бойченко, М.С. Бойченко, В.І. Кириченко МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ТЕХНІЧНИХ ОЛІЙ: НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ОДЕРЖАННЯ І РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ	18.37
Л.С. Верягіна, О.Л. Матвєєва ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВЗАЄМОДІЇ ПАР З НАФТОПРОДУКТАМИ ПІД ЧАС ЗАЧИЩЕННЯ РЕЗЕРВУАРІВ	18.42
О.Б. Шевченко, Т.М. Галкіна ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ	18.44
М.С. Безовська УПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ РОЗРОБОК У СФЕРІ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ	18.46
О.В. Розгон, Н.Т. Арламова, Ю.В. Зеленько РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ КОРРОЗИИ МАТЕРИАЛОВ ОХЛАЖДАЮЩИХ СИСТЕМ	18.50
А.Л. Лешинская, Ю.В. Зеленько ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ТЯГОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ	18.53

В. Г. Семенов, В.Н. Турчак, С.Ф. Романов РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА И ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	18.56
А.В. Орешенков СТРУКТУРИРОВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ В УСЛОВИЯХ ОБВОДНЕНИЯ	18.59
В.А. Волошинець, Б.Ф. Кочірко СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕТАКРИЛАТНИХ ПРИСАДОК	18.63
В.В. Романчук, П.І. Топільницький ХІММОТОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ НАФТОПЕРЕРОБНИХ ЗАВОДІВ НІТРОГЕН- ТА ОКИСГЕНВМІСНИМИ ІНГІБІТОРАМИ	18.67
О.Н. Цветков, Н.Л. Розанова, О.В. Зверев СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В РОССИИ	18.71
Г.М. Кухаренко, Д.Г. Гершань ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ НА СМЕСЯХ БЕНЗИНА С Н-БУТАНОЛОМ	18.74
Л.В. Железний, Г.С. Поп, Л.Ю.Бодачівська, О.А.Мележик АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕНТОНІТОВИХ МАСТИЛ З ДОДАТКАМИ	18.78
М.В. Курбатова, Й.А. Любінін, Н.Б. Кьоніг, Л.М. Куліков ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ ДЛЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ, ЩО МІСТЯТЬ ГРАФЕНОПОДІБНІ ЧАСТИНКИ ДИСУЛЬФІДУ МОЛБДЕНУ	18.80
Я.П. Подгурський, Б.Ф. Кочірко, М.А. Мартинюк ДОСЯГНЕННЯ І СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ТА ВИКОРИСТАННІ АВІАЦІЙНОГО ПАЛЬНОГО З БІОМАСИ	18.84
О. І. Сафронов, В.М. Антонов, В.В. Юдіна, З.С. Яворська, Б.М. Ярмолук, В.С. Тарасенко ВПЛИВ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ОСНОВНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИЛІНДРОВИХ ОЛИВ ДО СУДНОВИХ ДВИГУНІВ	18.85
Ибрагим Асаад М.Али, С.В. Бойченко, Б.Ф. Кочирко ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУМАЙЛА (ИРАК)	18.86
Л.І. Павлюх, С.В. Бойченко УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ НАФТОВМІСНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ АВІАПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	18.89
І.В. Дрогобицька, асп., С.В. Бойченко, В.П. Захарчук, Л.М. Черняк ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ ЛЕТКИХ ФРАКЦІЙ ВУГЛЕВОДНІВ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОПРОДУКТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	18.93
Н.А. Десна, Д.В. Мирошниченко ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ УГОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ И ИХ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ	18.96
Ф.Ф. Чешко, Э.Б. Цыгичко, Л.П. Банников РАСШИРЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫРАБОТКИ ПЕКА-СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ	18.100

А.П. Ранський, О.А. Гордієнко, Н.О. Діденко, Т.С. Тітов, М.В. Євсєєва, С.В. Бойченко ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ N, S-ВМІСНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ТА ЇХ МЕТАЛ-ХЕЛАТІВ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ ОЛИВАХ	18.104
Т.С. Тітов, О.А. Гордієнко РЕАГЕНТНЕ ВИЛУЧЕННЯ СІРКОВУГЛЕЦЮ БЕНЗОЛЬНОЇ ФРАКЦІЇ КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ УТВОРЕННЯ НАТРІЄВИХ СОЛЕЙ ДІАЛКІДИТІОКАРБАМІНОВОЇ КИСЛОТИ ТА КІНЦЕВИХ ДІАЛКІЛДИТІОКАРБАМАТІВ 3d-МЕТАЛІВ	18.108
Р.В. Петрук, А.П. Ранський КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА ЕКОЛОГІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ФОСФОРОВМІСНИХ ПЕСТИЦИДНИХ ПРЕПАРАТІВ	18.112
В. Хуфенбах, К. Кунце, Н. Модлер, А.У. Стельмах ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ МАШИН	18.116
Klaus Kuncce, O. Stelmakh, K. Badir, D. Stelmakh EXPERIMENTAL COMPARISON OF DIFFERENTIAL-PHASE METHOD AND METHOD OF DYNAMIC FOCUSING IN DEFINING OF ROUGHNESS PARAMETERS OF SURFACES	18.120
К.К. Бадир, Т.Т. Ибраимов, Д.А. Стельмах СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛАСТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ И КОМПРЕССИОННО-ВАКУУМНОЙ ГИПОТЕЗ ТРЕНИЯ	18.124
Е.Н. Смирнов, С.А. Коленов, Ю.В. Пильгун, А.В. Кушев ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО- ФАЗОВОГО МИКРОСКОПА-ПРОФИЛОМЕТРА	18.128
А.В. Кушев, Р.А. Шевченко, В.П. Коба, Е.Г. Ковальчук ФИЗИКА ПРОЦЕССА БЕСКОНТАКТНОЙ МАГНИТНО-ТУРБУЛЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ	18.132
И.Ф. Кравченко, В.Г. Ананьев, П.А. Колесник, А.Б. Единолич, А.Ф. Аксёнов, А.У. Стельмах УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА РЕДУКТОРОВ ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХФАЗНОЙ МАСЛОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ	18.136
А.Ф. Аксенов, А.У. Стельмах, К.К. Бадир, Д.Д. Хуссейн ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СМАЗКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРИБОСИСТЕМ С ЭГД-КОНТАКТОМ	18.140
А.Ф. Аксенов, К.К. Бадир, Р.К. Аль-Тамими, Д.А. Стельмах КОМПРЕССИОННО-ВАКУУМНЫЙ МЕХАНИЗМ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ	18.144
А.Ф. Аксенов, В.С. Бондарь, Е.Г. Ковальчук, В.П. Коба ПРИБОРЫ ТРЕНИЯ С ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ О МЕХАНИЗМЕ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ	18.148
А.Ф. Аксенов, Р.А. Шевченко, В.А. Радзиевский ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЫ И СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИЯ	18.152
О.О. Мішук, А.В. Богайчук, М.П. Цаплій, Ю.Г. Горпинко МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕТЕРОГЕННОГО КОЛОЇДНОГО МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ	18.156

О.О. Мішук, А.В. Богайчук, М.П. Цаплій, Ю.Г. Горпинко МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕТЕРОГЕННОГО КОЛОЇДНОГО МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ	18.158
--	--------

Секція 19. Керування складними системами

В.Н. Азарсков, Л.С. Житецкий, Л.Н. Блохин АДАПТИВНОЕ СУБОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВХОДОМ	19.1
А.А. Тунік, Г.Г. Вальденмайер ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕДУРИ ФАКТОРИЗАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЗБІЖНОСТІ ЗАДАЧ КАЛМАНІВСЬКОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ	19.11
Л.Н. Блохин, О.В. Ермолаева, А.Н. Юрченко ЗАДАЧА И АЛГОРИТМ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА	19.15
Н.И. Делас, В.А. Касьянов ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ РАНГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ	19.19
О.А. Сущенко, І.В. Чаплай СИНТЕЗ РОБАСТНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	19.23
О.А. Sushchenko, S.V. Karasyov REVIEW OF MODERN STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS OF MICROELECTROMECHANICAL SENSORS FOR CONTROL SYSTEMS	19.27
V.A. Apostolyuk, V.M. Boiko INTEGRATED SYSTEM OF INCIDENCE ANGLE MEASUREMENT	19.31
V.A. Apostolyuk, I.V. Ivanenko CROSS-COUPPLING COMPENSATION FOR CORIOLIS VIBRATORY GYROSCOPES	19.35
С.Ж. Карипбаев, Ш.К. Кошанова ДВИЖЕНИЕ РОТОРА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА (ЭСГ) С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЭЛЛИПСОИДОМ ИНЕРЦИИ В НЕКОНТАКТНОМ ПОДВЕСЕ	19.39
Nickolay Zosimovich STRUCTURAL AND PARAMETRICAL OPTIMIZATION THE SPACESHIP ONBOARD CONTROL	19.43
А.М. Кліпа ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕГКИХ ЛІТАКІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНИХ ШУМІВ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЗМІЩЕНЬ ДАТЧИКІВ	19.47
О.Д. Горбатюк, К.В. Мельник СУЧАСНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНOSTІ ВЕРТОЛЬОТІВ	19.51
О.П. Басанец МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И АНАЛИЗ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА	19.55
М.М. Комнацька СИНТЕЗ РОБАСТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ БПЛА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	19.59

О.Ю. Ассаул АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЧІТКИХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЗА КАНАЛАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	19.63
І.В. Бейко ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ГРАФ-ОПЕРАТОРНИМИ СИСТЕМАМИ	19.67
Н.Р. Юничева УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	19.72
Секція 20. Моделювання в електротехніці, електроніці та світлотехніці	
О.С. Воронова АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ МОНІТОРИНГУ ТА ІМІТАЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ	20.1
О.В. Вишнівський КОЕФІЦІЄНТ ВЗАЄМОВПЛИВУ АНТЕН У ПРОГРАМІ COMSOL®	20.5
С.С. Дев'яткіна ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МІНІМУМУ АЕРОДРОМУ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ, ЯК ЗАСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ	20.9
С.С. Дев'яткіна, С.Г. Ванецян МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВХІДНИХ ВОГНІВ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ	20.13
Е.В. Киркач МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЦЕЛОГО И ДРОБНОГО ПОРЯДКОВ ОПЕРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ НЕКЛАССИЧЕСКОГО ТИПА	20.17
П.П. Когут, В.О. Шевченко, Ю.Т. Герасименко, В.І. Степура ОЦІНКА ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ ПАПЕРОВИХ ДОКУМЕНТІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ЗАХИЩЕНИХ ВИДІВ ПАПЕРУ	20.21
В.О. Шевченко, Т.І. Яремич МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ ІЗ СВІТЛОДІОДНИМИ І ТОЧКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ СВІТЛА	20.24
А.В. Васильев ОЦЕНИВАНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКОВ НА ОСНОВЕ АППРОКСИМАЦИИ В ЛОКАЛЬНЫХ БАЗИСАХ ПОЛИНОМОВ ЛЕЖАНДРА	20.28
В.В. Васильев, Л.А. Симак АППРОКСИМАЦИОННО-ОПЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД S-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	20.31
Секція 21. Електроніка і радіоелектронні системи	
А.Я. Белецкий, А.А. Белецкий МАТРИЧНЫЕ ЦИКЛИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МАКСИМАЛЬНОГО ПОРЯДКА, ПОРОЖДАЕМЫЕ ОБОБЩЕННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ ГРЕЯ	21.1
А.Я. Белецкий, Е.А. Белецкий, Р.Ю. Кандыба ОБОБЩЕННЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА ЛРС-ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ	21.5
К.Б. Алдамжаров, А.А. Туякбаев, Д.А. Туякбаев ПОВЫШЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	21.9

INTEGRATED SYSTEM OF INCIDENCE ANGLE MEASUREMENT

Synthesis of the integrated system for incidence angle measurement is described. Two pitot tube sensors measurement are used for incidence angle determination. For reducing errors the integration with the accelerometer sensor is provided. The stationary multidimensional filter is created due to this purpose

Angle of attack is quite simply the angle between the wing chord and the oncoming air that the wing is flying through. This is an important concept, as aircraft wings stall when angle of attack gets too large, at a value known as the "critical" angle of attack. As pilots are taught in flight training, an aircraft can stall at any speed if this critical angle of attack is exceeded. Hence, a great way to avoid stalls is to not let the angle of attack reach critical, and the best way to avoid critical angle of attack is to know value of incidence angle is in the first place.

There are two basic approaches to increasing accuracy of flight parameters measuring. First is to use more accurate sensors and cost of it becomes prohibitively large. An alternative approach that has received much attention in recent years, and is suitable for many applications, is known as integrated systems. This technique employs some additional source of information, external from the given system, to improve the accuracy of the measuring system. Careful selection of fundamental characteristics leads to low cost, but potentially very accurate.

In integrated system approach the principle of system redundancy is used. If problem of measuring the same processes can be solved in several ways, system redundancy takes place. The angle of attack value can be obtained from two independent sensors: pitot tube and accelerometer. To reduce measuring errors, the stationary multidimensional filter can be synthesized.

As the base of integrated system of incidence angle measurement the pitot tube sensors system implement.

The pitot tube is mounted on the aircraft so that the center tube is always pointed in the direction of travel and the outside holes are perpendicular to the center tube. Since the outside holes are perpendicular to the direction of travel, these tubes are pressurized by the local static air pressure with practically no effect from the movement of the aircraft. The center tube, however, is pointed in the direction of travel and is pressurized by the total of the local static air pressure and air pressure coming from the movement of the aircraft (air velocity). The pressure transducer measures the difference in total and static pressure.

Using Bernoulli's equation, aircraft velocity (airspeed) with help of pitot tube can easily be measured:

$$p_t = \left(p_s + r \frac{v^2}{2} \right) \quad (1)$$

$$v^2 = \frac{2(p_t - p_s)}{r} \quad (2)$$

Here r is the air density, v is the velocity, p_t is the total pressure, p_s is the static pressure.

The main approach of constructing of pitot tube sensors system is usage of two (perpendicular located) pitot tubes. One of which determine V_x and another V_z (Fig.1). Where V_x and V_z is the components of total velocity vector V_0 .

Power spectral density of the input signal r calculated as white noise, which “colored” by control object. Applying Weiner-Khinchine Theorem, obtain:

$$S_{rr} = W(s) \times S_\delta \times W_*(s) = W(s) \times \frac{\sigma^2}{\pi} \times W(-s) \quad (5)$$

Here “*” designates Hermite conjugate $S_\delta = \frac{\sigma^2}{\pi}$ is the power spectral density of white noise; $W(s)$ is the transfer function of the aircraft, which after the short period approximation [4] $W(s)$ can be represented as:

$$W(s) = \frac{ks + m}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad (6)$$

Analogically, the power spectral densities of sensor noises φ_1 and φ_2 are determined:

$$S_{\varphi_1\varphi_1} = K_1 \times S_\delta \times K_{1*} = \frac{\sigma^2}{\pi} \times K_1^2 \quad (7)$$

$$S_{\varphi_2\varphi_2} = K_2 \times S_\delta \times K_{2*} = \frac{\sigma^2}{\pi} \times K_2^2 \quad (8)$$

By means of introducing new variables defined as:

$$K_0 = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix}, \quad \varphi_0 = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$G_0 = (G_1, G_2), \quad \rho_0 = K_0 r = \begin{bmatrix} K_1 r \\ K_2 r \end{bmatrix}$$

The power spectral densities of ρ_0 and φ_0 (assuming, that signals φ_1 and φ_2 are not correlated and cross spectral densities are zeros) defined as:

$$S'_{\rho_0\rho_0} = \begin{bmatrix} S'_{rr}K_1^2 & K_1S'_{rr}K_2 \\ K_2S'_{rr}K_1 & S'_{rr}K_2^2 \end{bmatrix}, \quad S'_{\varphi_0\varphi_0} = \begin{bmatrix} S'_{\varphi_1\varphi_1} & S'_{\varphi_2\varphi_1} \\ S'_{\varphi_1\varphi_2} & S'_{\varphi_2\varphi_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S'_{\varphi_1\varphi_1} & 0 \\ 0 & S'_{\varphi_2\varphi_2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Assume, that the data transfer system is ideal i.e.:

$$\Gamma_*\Gamma = M_*P_*^{-1}RP^{-1}M = 1, \quad \Gamma = \Gamma_* = 1 \quad (11)$$

we calculate matrix D_0D_{0*} as follows:

$$D_0D_{0*} = S'_{\rho_0\rho_0} + S'_{\varphi_0\varphi_0} = \frac{\sigma^2}{\pi} \begin{bmatrix} K_1^2(1+|W|^2) & K_1K_2|W|^2 \\ K_1K_2|W|^2 & K_2^2(1+|W|^2) \end{bmatrix} =$$

$$= \frac{\sigma^2}{\pi} \begin{bmatrix} K_1^2 \left(1 + \left| \frac{(ks+m)}{(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \right|^2 \right) & K_1K_2 \left| \frac{(ks+m)}{(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \right|^2 \\ K_1K_2 \left| \frac{(ks+m)}{(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \right|^2 & K_2^2 \left(1 + \left| \frac{(ks+m)}{(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \right|^2 \right) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Factorization of the matrix (12) by the Devis method gives such result:

$$D_0 = \begin{pmatrix} \frac{K_1}{\sqrt{2}} & -\frac{K_1 \left(s^2 + \sqrt{2m^2 + \omega^4} + \sqrt{2}s\sqrt{k^2 + \sqrt{2m^2 + \omega^4} + \omega^2(2\zeta^2 - 1)} \right)}{\sqrt{2}(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \\ \frac{K_2}{\sqrt{2}} & -\frac{K_2 \left(s^2 + \sqrt{2m^2 + \omega^4} + \sqrt{2}s\sqrt{k^2 + \sqrt{2m^2 + \omega^4} + \omega^2(2\zeta^2 - 1)} \right)}{\sqrt{2}(s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2)} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Considering that

$$\Phi_0 = (K_1^{-1} \quad 0) \quad (14)$$

substitute (13) and (10) in the following equation

$$T = T_0 + T_+ + T_- = \Gamma_*^{-1} M_* P_*^{-1} R \Phi_0 S'_{\rho_0 \rho_0} D_0^{-1} \quad (15)$$

Then after execution operation of separation of matrix (15) we can calculate the filter matrix G_0 by the formula:

$$G_0 = \Gamma^{-1} (T_0 + T_+) D_0^{-1} \quad (16)$$

For the real plant with transfer function [3]

$$W(s) = \frac{-1.32802s - 49771.8}{s^2 + 1.988s + 8.0656} \quad (17)$$

the matrix of filter G_0 will be following:

$$G_0 = \frac{\pi}{\sigma^2} \left(\frac{186.601s + 35189.9}{K_1(s^2 + 375.19s + 70388)} \quad \frac{186.601s + 35189.9}{K_2(s^2 + 375.19s + 70388)} \right) \quad (18)$$

Determine the power spectral density of error with filter:

$$S'_{\varepsilon\varepsilon} = (-\Phi_0 + G_0) S'_{\rho_0 \rho_0} (-\Phi_{0*} + G_{0*}) + G_0 S'_{\varphi_0 \varphi_0} G_{0*} \quad (19)$$

then calculate performance criterion in an integral form as:

$$e = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} Sp[S'_{\varepsilon\varepsilon} R] ds = 86.4326 \quad (20)$$

and we can make comparison with performance criterion of pitot tube sensors system:

$$e_{pitot} = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} [(-\Phi + P^{-1} M K_1) S'_{rr} (-\Phi_* + K_{1*} M_* P_*^{-1}) + P^{-1} M K_1 S'_{\varphi\varphi} K_{1*} M_* P_*^{-1} + P^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1}] \quad (21)$$

$$e_{pitot} = 3.77688 \cdot 10^3$$

Conclusions

Presented above synthesis of the stationary multidimensional filter resulted in filter, that capable to improve performance of pitot tube sensors system by integration the last one with accelerometer sensor. It's shown due to comparison of values performance criterion of system with filter and without it. The further analysis of the application of Kalman Filtering to synthesis integrated system for incidence angle measurement is viewed as a possible future development of the current research.

References

1. http://www.dynonavionics.com/docs/D180_Feature_AOA.html
2. Titterton, D. H. (David H.) Strapdown inertial navigation technology. - 2nd ed. - (Radar, sonar, navigations & avionics) 1. Inertial navigation (Aeronautics) 2. Inertial navigation systems I. Title II. Weston, J. L (John L) III. Institution of Electrical Engineers, 629.
3. Michael V. Cook Flight Dynamics Principles. - 2nd ed. - Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA., 2007. - 468 p.
4. Roskam, J Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls. - 2nd ed. - DARcorporation, U.S.A, 1995. - 576 p.
5. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. - К.: НАУ. 2003. - 208.

V.A. Apostolyuk, PhD, I.V. Ivanenko,
(National Aviation University, Ukraine.)

CROSS-COUPPLING COMPENSATION FOR CORIOLIS VIBRATORY GYROSCOPES

In order to solve the problem of undesired cross-coupling compensation for Coriolis vibratory gyroscopes we have to determine structure of the decoupling loop and identify its transfer functions. Performance of the obtained decoupling system will be verified using numerical simulations.

This paper demonstrates decoupling removal for Coriolis vibratory gyroscopes. The task is connected to finding decoupling system transfer functions and numerical simulation.

Fabrication technologies for microcomponents, microsensors, micromachines and micro-electromechanical systems (MEMS) are being rapidly developed, and represent a major research effort worldwide. There are many techniques currently being utilized in production of different types of MEMS including inertial micro-sensors and has made it possible to fabricate MEMS in high volumes at low individual cost[1].

In simplest terms, gyroscope is sensor that measures the rate of rotation of an object. All vibratory gyroscopes use the Coriolis acceleration that arises in rotating reference frames to measure rotation. The Coriolis forces produced by vibration of the sensing element and rotation of the system cause a transfer of energy between two of the gyro's modes of vibration.

In order to solve the problem of undesired cross-coupling compensation for CVGs, we have to determine structure of the decoupling loop and identify its transfer functions. Performance of the obtained decoupling system will be verified using numerical simulations.

In the most generalized form, motion equations of the CVG sensitive element both with translational and rotational motion could be represented in the following form [2]:

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + 2\zeta_1 k_1 \dot{x}_1 + (k_1^2 - d_1 \Omega^2)x_1 + g_1 \Omega \dot{x}_2 + d_3 \dot{\Omega} x_2 = q_1(t), \\ \ddot{x}_2 + 2\zeta_2 k_2 \dot{x}_2 + (k_2^2 - d_2 \Omega^2)x_2 - g_2 \Omega \dot{x}_1 - \dot{\Omega} x_1 = q_2(t). \end{cases} \quad (1)$$

Here x_1 and x_2 are the generalized coordinates that describe primary (excited) and secondary (sensed) motions of the sensitive element respectively, k_1 and k_2 are the corresponding natural frequencies, ζ_1 and ζ_2 are the dimensionless relative damping coefficients, Ω is the measured angular rate, which is orthogonal to the axes of primary and secondary motions, q_1 and q_2 are the generalized accelerations due to the external forces acting on the sensitive element. The remaining dimensionless coefficients are different for the sensitive elements exploiting either translational or rotational motion. For the translational sensitive element they are $d_1 = d_2 = 1$, $d_3 = m_2/(m_1 + m_2)$, $g_1 = 2m_2/(m_1 + m_2)$, $g_2 = 2$, where were m_1 and m_2 are the masses of the outer frame and the internal massive element. In case of the rotational motion of the sensitive element, these coefficients are the functions of different moments of inertia [2].

Equations (1) are coupled by the angular rate terms, which results in the fundamental capability of such a system to measure external rotation. However, in a more realistic system other cross-coupling will be present, manifesting itself as a cross-damping and cross-stiffness. Assuming small and quasi-constant angular rate ($\Omega^2 \approx 0$ and $\dot{\Omega} \approx 0$), incorporating cross-coupling terms, sensitive element motion equations will then be

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + 2\zeta_1 k_1 \dot{x}_1 + k_1^2 x_1 = q_1(t) - g_1 \Omega \dot{x}_2 - d_{12} \dot{x}_2 - c_{12} x_2, \\ \ddot{x}_2 + 2\zeta_2 k_2 \dot{x}_2 + k_2^2 x_2 = q_2(t) + g_2 \Omega \dot{x}_1 + d_{21} \dot{x}_1 + c_{21} x_1, \end{cases} \quad (2)$$

where d_{12} and d_{21} are the undesired cross-damping coefficients, c_{12} and c_{21} are the undesired cross-stiffness coefficients [3].

By applying Laplace transformation to both sides of the system (2) with respect to zero initial conditions, we can obtain

$$\begin{cases} (s^2 + 2\zeta_1 k_1 s + k_1^2)x_1(s) = q_1(s) - (g_1 \Omega s + d_{12}s + c_{12})x_2(s), \\ (s^2 + 2\zeta_2 k_2 s + k_2^2)x_2(s) = q_2(s) + (g_2 \Omega s + d_{21}s + c_{21})x_1(s). \end{cases} \quad (3)$$

System (3) can be represented by means of the structural scheme shown in Fig. 1.

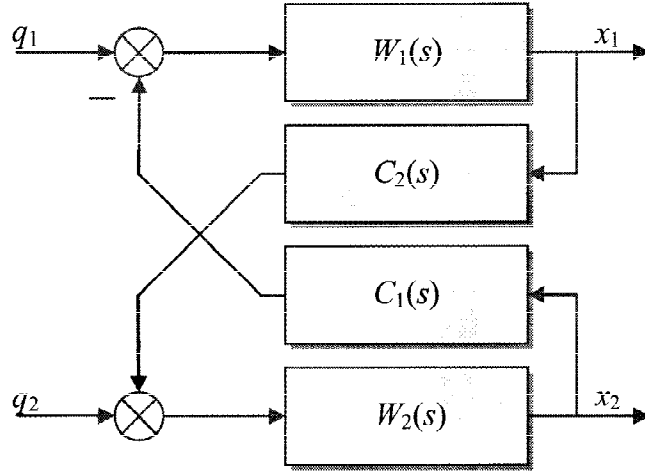


Fig. 1. Structural diagram of CVG

Transfer functions in Fig. 1 are defined as

$$W_1(s) = \frac{1}{s^2 + 2\zeta_1 k_1 s + k_1^2},$$

$$W_2(s) = \frac{1}{s^2 + 2\zeta_2 k_2 s + k_2^2},$$

$$C_1(s) = (g_1 \Omega + d_{12})s + c_{12},$$

$$C_2(s) = (g_2 \Omega + d_{21})s + c_{21}.$$

For this system its outputs can be found from the following system of algebraic equations:

$$\begin{cases} x_1(s) = W_1(s)[q_1(s) - C_1(s)x_2(s)], \\ x_2(s) = W_2(s)[q_2(s) + C_2(s)x_1(s)]. \end{cases}$$

Thus, solving system (5) and omitting Laplace variable "s" one can find outputs of the CVG:

$$x_1 = \frac{W_1}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_1 - \frac{C_1 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_2, \quad (6)$$

$$x_2 = \frac{W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_2 + \frac{C_2 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_1.$$

One should note, that in an ideal case of only useful Coriolis cross-coupling present in the system

$$C_1(s) = C_{10}(s) = g_1 \Omega s,$$

$$C_2(s) = C_{20}(s) = g_2 \Omega s. \quad (7)$$

Similarly, ideal system outputs can be obtained by substituting expressions (7) into expressions (6).

Let us consider the structure shown in Fig. 2 that is added to the outputs of the CVG sensitive element structure, shown in Fig. 1. Here transfer functions H_1 , H_2 , G_1 , and G_2 are unknown and

yet to be determined. Outputs of this system can be calculated as

$$y_1(s) = H_1(s)x_1(s) + G_1(s)x_2(s),$$

$$y_2(s) = H_2(s)x_2(s) - G_2(s)x_1(s).$$

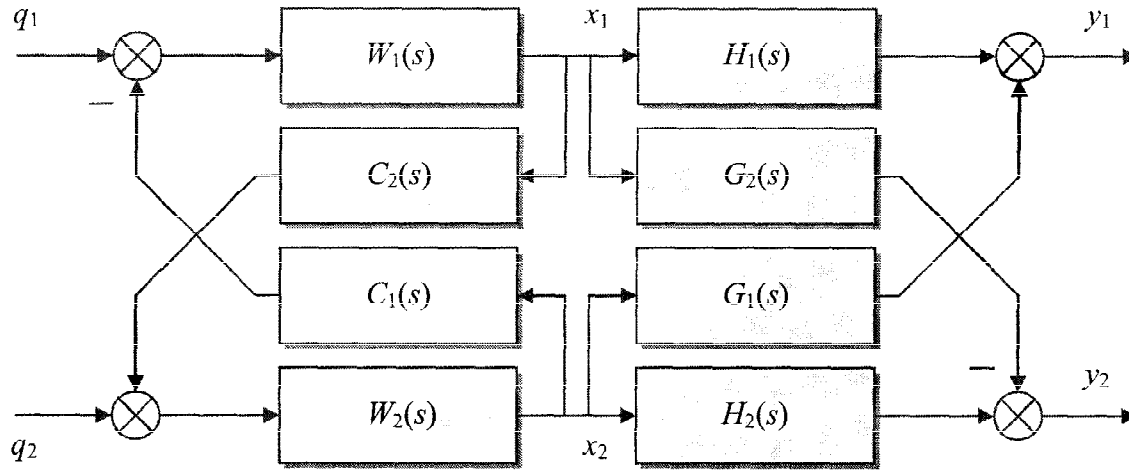


Fig. 2. CVG with the decoupling structure

Substituting (7) into (8) yields

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{H_1 W_1 + C_2 G_1 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_1 + \frac{G_1 W_2 - C_1 H_1 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_2, \\ y_2 &= \frac{H_2 W_2 + C_1 G_2 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_2 - \frac{G_2 W_1 - C_2 H_2 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} q_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Assuming that outputs (9) after the decoupling must be identical to ideal system output, and comparing the corresponding transfer functions (coefficients of q_1 and q_2), the following system of equation can be produced:

$$\begin{cases} \frac{H_1 W_1 + C_2 G_1 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} = \frac{W_1}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \\ \frac{G_1 W_2 - C_1 H_1 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} = -\frac{C_{10} W_1 W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \\ \frac{H_2 W_2 + C_1 G_2 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} = \frac{W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \\ \frac{G_2 W_1 - C_2 H_2 W_1 W_2}{1 + C_1 C_2 W_1 W_2} = \frac{C_{20} W_1 W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}. \end{cases} \quad (10)$$

System (10) can now be solved for unknown transfer functions H_1 , H_2 , G_1 , and G_2

$$\begin{aligned} G_1 &= \frac{(C_1 - C_{10}) W_1}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \quad G_2 = \frac{(C_2 - C_{20}) W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \\ H_1 &= \frac{1 + C_{10} C_2 W_1 W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}, \quad H_2 = \frac{1 + C_{20} C_1 W_1 W_2}{1 + C_{10} C_{20} W_1 W_2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Finally, substituting expressions (3) and (8) into solutions (11) results in the CVG decoupling system transfer functions:

$$\begin{aligned} G_1(s) &= \frac{(c_{12} + d_{12}s)(s^2 + 2\zeta_2 k_2 s + k_2^2)}{\Delta(s)}, \\ G_2(s) &= \frac{(c_{21} + d_{21}s)(s^2 + 2\zeta_1 k_1 s + k_1^2)}{\Delta(s)}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$H_1(s) = 1 + \frac{g_1 s(c_{21} + d_{21}s)}{\Delta(s)} \Omega,$$

$$H_2(s) = 1 + \frac{g_2 s(c_{12} + d_{12}s)}{\Delta(s)} \Omega,$$

$$\Delta(s) = (s^2 + 2\zeta_1 k_1 s + k_1^2)(s^2 + 2\zeta_2 k_2 s + k_2^2) + g_1 g_2 s^2 \Omega^2.$$

In order to verify performance of the presented decoupling system, numerical simulations based on realistic gyro model were carried out. Comparison of gyro zero angular rate output with and without decoupler is presented on a plot shown in Fig. 3.

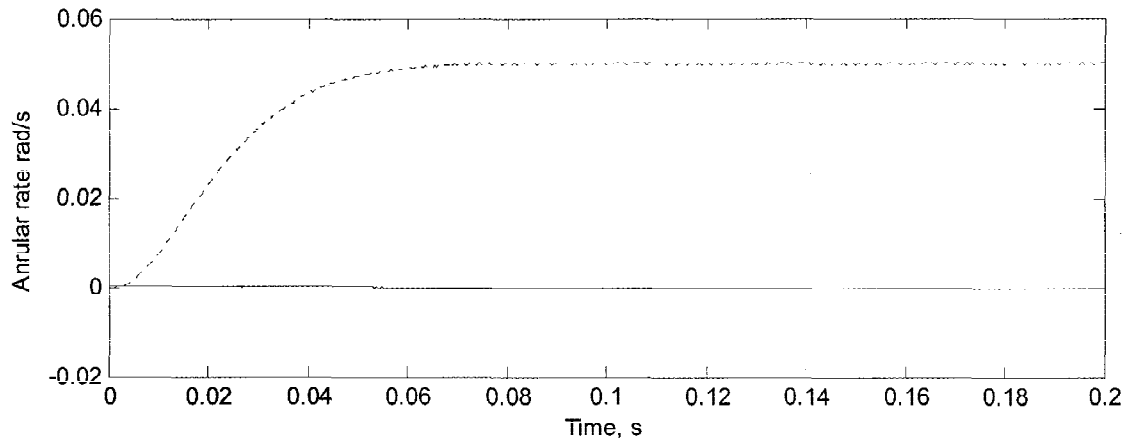


Fig. 3. Zero angular rate gyro output
(solid line – with decoupler, dashed line – without)

Conclusions

During this work I investigate problem of cross-coupling compensation for Coriolis vibratory gyroscope and obtained transfer functions and numerical representation of decoupling procedure. Efficiency of the decoupling system was successful verify by means of numerical simulation by the MATLAB and Simulink package.

References

1. Apostolyuk V, Tay Francis E. H. *Dynamics of micromechanical coriolis vibratory gyroscopes* // *Sensor Letters*. – 2004. – Vol.2, No 3-4. – P. 252-259
2. Apostolyuk V.A. *Dynamics of Coriolis vibratory gyroscopes in control systems*.
3. Apostolyuk V. *Theory and design of micromechanical vibratory gyroscopes* // *MEMS/NEMS Handbook* (Ed: Conelius T.Leondes), Springer. – 2006. – Vol.1, Chapter 6. – P. 173-195.
4. Zbrutskyy O.V., Apostolyuk O.C., Apostolyuk V.A. *Method of synthesis of angular velocity sensor on dynamically adjustment gyroscope*.
5. V.A. Apostolyuk. *Optimal filtering of stochastic disturbances for coriolis vibratory gyroscopes*.