

На основании полученных результатов было получено регуляризованное выражение для плотности теплового потока на поверхности теплообмена

$$\sigma_r^2 \langle q \rangle + \int_0^t \langle q \rangle (t') dt' = \bar{c} \int_0^x (\langle Q \rangle - Q_n) dx' \quad (13)$$

Полученный результат был использован для восстановления плотности теплового потока по измерениям температур в металлическом образце. На рис. 2 показаны результаты восстановления плотности теплового потока на поверхности, на которой происходят периодические смены режима кипения (от пленочного до пузырькового) [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Furutsu K. On the statistical Theory of Electromagnetic Waves in Fluctuating Medium//Journ.Res.NBS.1963.N3.
2. Новиков Е. А. Функционалы и метод случайных полей в теории турбулентности//ЖЭТФ.1964.т.47.
3. Тихонов А. Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации//Доклады АН СССР. 1963. т. 151. №3.
4. Кривошей Ф. А. Гидродинамическая и тепловая самоорганизация при кипении водных растворов полимеров.//Теоретические основы химической технологии. №5. 2006. с. 453-458.

**Кривошей Ф.О., Богдан Ю.О.**

#### СТАТИСТИЧНЕ ОСЕРЕДНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛІВ РІВНЯННЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛАПЛАСА ВИПАДКОВОЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ НЕКОРЕКТНИХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ

*Отримані регуляризовані розв'язки некоректної оберненої задачі теплопереносу.*

*Ключові слова: осереднення функціоналів, теплоперенос, перетворення Лапласа*

**Krivoshey F., Bogdan Y.**

#### STATISTICAL AVERAGING OF OF EQUATION FUNCTIONALS OF HEAT TRANSFER AND LAPLACE TRANSFORMATION OF RANDOM FUNCTION FOR HEAT TRANSFER NON-CORRECT PROBLEMS

*Statistical regularization solution of non-correct inverse heat transfer problem are obtained.*

*Keywords: averaging of functionals, heat transfer, Laplace transform*

УДК 629.78

**Ожінський В.В.**

#### МОДЕЛІ КОНТРОЛЮ ОРІЄНТАЦІЇ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Запропоновано моделі, які можливо використовувати в системах орієнтації геостаціонарних космічних апаратів, що допомагає якісніше та надійніше виконувати вимоги щодо утримання КА в його орбітальній позиції, точності наведення на зони обслуговування, знижується ймовірність постановки взаємних завдань системами зв'язку.*

---

**Ключові слова:** космічний апарат, система орієнтації, навігаційні системи.

**Вступ.** Використання на борту КА різних типів апаратури супутникової навігації дозволило не тільки покращити якість балістико-навігаційного забезпечення польотів, але й уможливило використання нових методів управління КА заснованих на використанні якісної координатної інформації [1]. Разом з тим, використання інформації різноманітних супутникових навігаційних систем найчастіше пов'язане з визначенням параметрів руху центра мас КА [2-6].

У результаті інтенсивного використання навігаційної інформації на даний час розроблено велику кількість різних типів апаратури супутникової навігації, які мають невелику вартість, низьке енергоспоживання, високу точність визначення параметрів руху. Це дає можливість використовувати навігаційну апаратуру по-новому, не тільки в задачах руху центра мас КА, але й в задачах руху навколо центра мас КА.

**Огляд основних досліджень та публікацій.** У час повсякчасного використання різноманітної інформації, отриманої за допомогою КА навіть у побуті, досить інтенсивно ведуться дослідження та існує велика кількість публікацій, які стосуються балістико-навігаційного забезпечення КА. Автори [2-4] повно і зрозуміло описують основні принципи і моделі збуреного і незбуреного руху КА, моделі, які використовуються в умовах застосування однопунктної технології управління КА. В роботах типу [5] якісно описано принципи функціонування супутникових радіонавігаційних систем та пропонують процедури обробки даних навігаційної апаратури. Також на даний час запропоновано та отримано патент на цікаві та нестандартні алгоритми та способи використання апаратури супутникової навігації для розв'язання задач орієнтації [7, 8].

**Метою статті** є синтез моделей контролю орієнтації космічних апаратів, які використовують інформацію з супутникових навігаційних систем.

**Викладення основного матеріалу.** На відміну від [8] розглянемо моделі, які використовуються для побудови підсистем з контрольними функціями.

Процес надання послуг космічного зв'язку та функціонування космічного апарату на геостаціонарній орбіті є досить складним. Однією з характеристик космічної системи зв'язку є зона обслуговування – поверхня Землі, на якій розташовуються чи можуть розташовуватися наземні станції [9-13].

На цій території необхідно забезпечити не тільки виконання всіх умов, але й задовольнити всі вимоги щодо зони покриття, дотримання вимог із захисту від завад зі сторони інших радіосистем, в тому числі від інших систем радіозв'язку. Всі розрахунки, які виконуються при координації супутникової системи зв'язку в процесі реєстрації в Міжнародному союзі електрозв'язку проводяться для кожної точки [8-13]. Очевидно, що зона покриття завжди охоплює зону обслуговування та перевищує її. Регламент радіозв'язку в інтересах ефективного використання орбіти та радіочастот рекомендує, щоб зона покриття була якомога ближче до зони обслуговування [8-13].

Суттєво впливає на розміри зони обслуговування нестабільність орієнтації положення космічного апарату на орбіті та нестабільність орієнтації його антен. Щоб підкреслити вплив нестабільності променя передавальної антени використовують зону гарантованого рівня сигналу. При розробці систем супутникового зв'язку обирають ширину променів антен КА зв'язку, форму розтину променя та координати точки прицілювання [8]. Приблизно враховується також вплив нестабільності орієнтації КА та неточність наведення антен.

Оскільки висоти орбіт навігаційних КА (~20 тис. км) значно нижчі ніж орбіти геостаціонарних КА (~36 тис. км), можливим є визначення координат точки входу (виходу) навігаційного КА.

Розглянемо *першу* модель (рис. 1). Вважатимемо, що контролюється орієнтація антен КА.

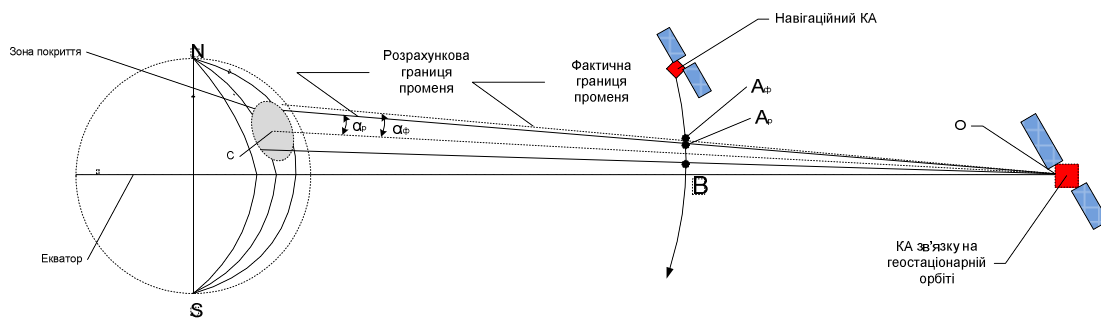


Рис. 1. Контроль орієнтації антен КА

Нехай при перетині навігаційним КА променя антени (точка  $A_\phi$  рис.1), яку можливо визначити як момент  $t_\Pi$  досягнення нижнього граничного рівня сигналу навігаційним приймачем геостаціонарного КА  $P_{НПР} = P_{\min}$  його координати будуть рівними  $(X_\phi, Y_\phi, Z_\phi)$ . КА зв'язку обраховує свої поточні координати на даний момент часу  $t_\Pi$   $(X_{КА}, Y_{КА}, Z_{КА})$ . Далі, знаючи координати центру зони покриття  $(X_{цз}, Y_{цз}, Z_{цз})$ , ширину діаграми направленості бортових антен КА зв'язку за методиками визначеними в [2-5], використавши традиційні геометричні формули визначаються значення кутів  $A_\phi O C$  ( $\alpha_\phi$ ) та  $A O C$  ( $\alpha_p$ ). Після цього бортовим комплексом управління здійснюється перевірка знаходження відхилення орієнтації променя в допустимих границях  $\pm \Delta\alpha$  чи

$$|\alpha_\phi - \alpha_p| \leq \Delta\alpha. \quad (1)$$

Значення  $\Delta\alpha$  визначається на етапі проектування космічної системи зв'язку та залежить від ряд різних факторів описаних у [8-18]. При невиконанні вимоги (1) до бортового комплексу управління подається сигнал про збій орієнтації КА. Порядок функціонування КА після цього визначається причинами збою та описуються у [1-5]. Викладене також може також використовуватись у момент виходу навігаційних КА з променів антен КА зв'язку (точка В рис. 1).

Розглянемо другу модель (рис. 2), вважатимемо, що контролюється орієнтація всього КА.

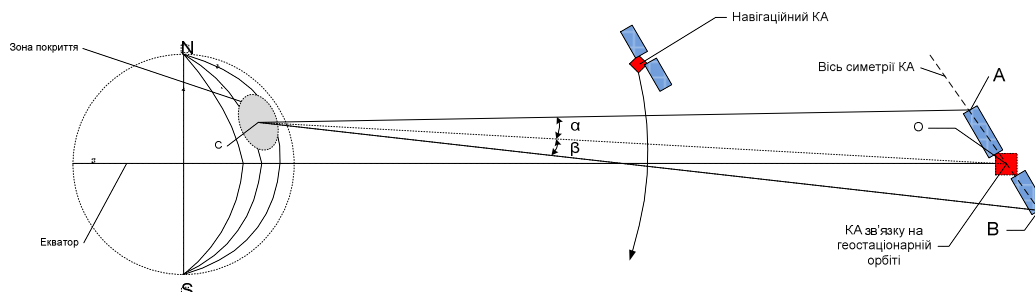


Рис. 2. Контроль орієнтації КА

Оскільки геометричні розміри КА значно перевищують мінімальну точність визначення координат, за умови встановлення додаткових навігаційних приймачів можливим є

визначення координат найбільш віддалених точок платформи навігаційного КА – кінців фотоелектричних перетворювачів (сонячних батарей) (точки А, В на рис. 2).

При розробці космічної системи зв'язку відомими є розрахункові координати середини зони обслуговування (точки прицілювання) геостационарного КА (точка С на рис. 2) в гринвіцькій системі координат  $(X_C, Y_C, Z_C)$  та координати контрольних точок КА зв'язку на геостационарній орбіті (точки А, О, В на рис. 2), які в гринвіцькій системі координат є незмінними з заданою точністю: точка А має координати  $(X_A, Y_A, Z_A)$ , точка В -  $(X_B, Y_B, Z_B)$ , точка О -  $(X_O, Y_O, Z_O)$ . Далі, визначаючи за допомогою апаратури супутникової навігації фактичні координати точок А, О, В -  $(X_{A\phi}, Y_{A\phi}, Z_{A\phi})$ ,  $(X_{B\phi}, Y_{B\phi}, Z_{B\phi})$ ,  $(X_{O\phi}, Y_{O\phi}, Z_{O\phi})$  проводиться перевірка умов:

$$|X_A - X_{A\phi}| \leq \Delta_X \quad (2),$$

$$|Y_A - Y_{A\phi}| \leq \Delta_Y \quad (3),$$

$$|Z_A - Z_{A\phi}| \leq \Delta_Z \quad (4),$$

$$|X_B - X_{B\phi}| \leq \Delta_X \quad (5),$$

$$|Y_B - Y_{B\phi}| \leq \Delta_Y \quad (6),$$

$$|Z_B - Z_{B\phi}| \leq \Delta_Z \quad (7),$$

$$|X_O - X_{O\phi}| \leq \Delta_X \quad (8),$$

$$|Y_O - Y_{O\phi}| \leq \Delta_Y \quad (9),$$

$$|Z_O - Z_{O\phi}| \leq \Delta_Z \quad (10).$$

Значення всіх  $\Delta$  визначається на етапі проектування космічної системи зв'язку та залежить від ряд різних факторів описаних у [9-13]. При невиконанні однієї з вимог (2-10) до бортового комплексу управління подається сигнал про збій орієнтації КА. Порядок функціонування КА після цього визначається причинами збою та описуються у [3-7].

Залежно від способів управління рухом центру мас КА та навколо центра мас за методиками визначеними в [3-7], використавши традиційні геометричні формули можливо визначити значення кутів АСО ( $\alpha$ ) та ВСО ( $\beta$ ) і здійснювати контроль знаходження в заданих границях цих кутів чи їх значень відносно осей інших систем координат. При збільшенні часу активного існування на орбіті, використовуючи статистичні процедури та надлишковість інформації (вимірювання проводяться кожену секунду) точність визначення координат і, як наслідок, точність орієнтації зростає.

Також, використання запропонованих моделей додатково дозволить досліджувати збурений рух КА в космічному просторі.

**Висновки.** Невірне функціонування програмної чи апаратної частини датчиків КА призводить до невірного функціонування бортових комп'ютерів підсистем орієнтації, погіршення якості зв'язку. В таких випадках: в зонах обслуговування КА зв'язку на наземних станціях знизиться потужність корисного сигналу; знизиться пропускну здатність каналів зв'язку; підвищиться рівень перешкод від інших систем супутникового зв'язку; передавальна апаратура КА буде перешкоджати функціонуванню космічного та наземного сегментів інших систем зв'язку. Це знижує якість функціонування системи супутникового

зв'язку та може привести до значних фінансових втрат. Використання запропонованих моделей, що використовують інформацію з приймачів навігаційної інформації, дає можливість: забезпечити оперативний та прямий контроль орієнтації КА та їх антенних систем на зони обслуговування; підвищити надійність функціонування системи орієнтації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Ожинский В. В.* Координатно-временной способ управления космическими аппаратами в условиях однопунктной технологии управления / В. В. Ожинский, А. Н. Загорулько, А. А. Моргун, В. И. Богомья, В. Н. Мироненко // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №1. – С. 104–109.
2. *Ожінський В. В.* Обробка навігаційної інформації апаратурою космічних апаратів в умовах відхилень від припущень / В. В. Ожінський // Водний транспорт. – 2013. – № 1 (16). – С. 186–191.
3. *Иванов Н.М.* Баллистика и навигация космических аппаратов: Учебник для вузов. – 2-е 40л., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
4. *Основи орбітального руху космічних апаратів: підручник / П.В. Фриз .* –Житомир: ЖВІ НАУ, 2012. – 348 с.
5. *Теоретичні основи польоту космічних апаратів: Навчальний посібник / В. Є. Бажан, І. Д. Варламов, П. В. Фриз, С. П. Фриз.* – Житомир: ЖВІРЕ, 2000. – 180 с.
6. *Харченко В. П.* Супутникова радіонавігація / Харченко В. П., Бабак В. П., Конін В. В. – К. : Техніка, 2004. – 328 с.
7. *Ожінський В. В.* Спосіб контролю орієнтації геостационарних космічних апаратів / В. В. Ожінський, О. М. Загорулько, В. І. Богомья, С. П. Фриз (Україна). – № u2012 09758. – Бюл. №2. –7 с.
8. *Загорулько А. Н.* Способ определения параметров ориентации КА по данным АСН / А. Н. Загорулько, С. М. Кучерук, Н. В. Кривенко // Водний транспорт. – 2013. – № 1 (16). – С. 176–180.
9. *Спутниковая связь и вещание: справочник/ [Бартенев В. А., Болотов Г. В., Быков В. Л. И др.]; под ред. Л. Я. Кантора.* – [3-е изд]. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.: ил.
10. *Evans B. G.* Satellite Communication Systems / Evans B. G.; The Institution of Engineering and Technology. – London.: The Institution of Engineering and Technology, 2008. – 727 с. – ISBN 0 85296 899 X.
11. *Elbert B.L.* Introduction to Satellite Communication / Elbert B. L. – [Third Edition]. – Norwood.: ARTECH HOUSE, 2008. – 447 p.
12. *Maral G.* Satellite Communication Systems / G. Maral, M. Bousquet,; Ecole Nationale Superieure des Telecommunications, Site de Toulouse, France. – West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2009.– 713 p.
13. *Maini A.K.* Satellite Technology Principles and Applications / A. K. Maini, V. Agrawal,; Laser Science and Technology Centre, Defence Research and Development Organization Ministry of Defence, India. – West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2011. – 674 p.

**Ожинский В. В.**

### **МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ ОРИЕНТАЦИИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО ИНФОРМАЦИИ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Предложены модели, которые возможно использовать в системах ориентации геостационарных космических аппаратов, что позволяет качественнее и надежнее выполнять условия по удержанию КА в его орбитальной позиции, точности наведения на зоны обслуживания, уменьшается вероятность постановки взаимных помех системами связи.*

*Ключевые слова:* космический аппарат, система ориентации, навигационные системы.

**Ozhinsky V.**

### **GEOSTATIC SPACERAFT ORIENTATION CONTROL MODELS BASED ON SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS INFORMATION**

---

*The article describes two models used for geostatic spacecraft orientation control which allows with higher quality and safety keep a spacecraft on its orbit, guide on servicing zones with precision, reduce possible mutual communication systems' interference.*

**Keywords:** *spacecraft, orientation system, navigation systems.*

УДК 621.436:621.432(075.8)

*Панін В.В., Сардак А.Г.*

## ТУРБОНАДДУВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ НА РЕЖИМАХ МАЛИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Підвищення ефективності турбонаддуву на пускових і режимах незначної потужності дизеля досягається регулюванням площі поперечного перерізу газовипускного колектора двигуна. Регулювання відбувається за рахунок направляючих установлених безпосередньо перед газовою турбіною. Площа газовипуску встановлюється у залежності від кількості, напору випускних газів дизеля. Слід відзначити, швидкість газів перед газовою турбіною підтримується, практично постійною на усіх режимах роботи двигуна. При досягненні номінальної потужності, переріз газоходу відповідає перерізу газовипускного колектора дизеля.*

**Ключові слова:** *турбонаддув дизеля, регулювання площі перетину газоходу, постійна швидкість газів, ефективність турбонаддуву*

У суднових дизелях з газотурбінним наддувом використовують вільний турбокомпресор, ротор якого не зв'язаний кінематично з колінчатим валом дизеля [1, 2, 3]. При стисненні повітря у такому компресорі зберігається баланс між потужністю, що розвиває турбіна, і потужністю, що споживає компресор,  $N_T = N_K$ .

Потужність, що потребується компресором, залежить від витрати повітря і тиску процесу наддуву. Теоретично, витрата повітря повинна повністю покриватися режимом роботи газової турбіни. У свою чергу режим газової турбіни встановлюється витратою і параметрами випускних газів дизеля. Секундна витрата повітря визначається кількістю повітря, необхідного для повного згоряння палива на усіх режимах роботи двигуна [1, 2]. Разом з тим, конструктивне виконання турбонаддуву не забезпечує необхідну секундну витрату і параметри наддувочного повітря на пускових і на неустановлених режимах роботи двигуна. Параметри наддувочного повітря визначаються не тільки режимом роботи газової турбіни, а і конструктивним виконанням системи турбонаддуву. Відомо, що її конструктивне виконання не забезпечує необхідні параметри і витрату наддувочного повітря на режимах, які відрізняються від номінальних. При чому, не тільки не забезпечується необхідна витрата, але і тиск наддувочного повітря. Суттєвим недоліком турбонаддуву є його низька ефективність і економічність на пускових і режимах незначної потужності двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Для забезпечення ефективності турбонаддуву при малих навантаженнях двигуна використовують електронаддув, або повітря із додаткових балонів системи стиснутого повітря. Такі рішення потребують додаткової зовнішньої потужності і ускладнюють систему турбонаддуву.

З метою підвищення ефективності турбонаддуву на пускових і режимах малих навантаженнях двигуна пропонується, безпосередньо перед осьовою газовою турбіною регулювати площу поперечного перерізу випускного газового колектора двигуна.