

Д.М. Шостачук, к.т.н., доц.  
І.Ю. Шендерчук, інж.

Житомирський державний технологічний університет

## ВИКОРИСТАННЯ UML ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ ШТУЧНОГО СУПУТНИКА ЗЕМЛІ. ЧАСТИНА II. МОДЕЛІ БАЗИ ДАНИХ

*Розглянуто аспекти моделювання бази даних (БД) при створенні системи орієнтації штучного супутника Землі з використанням прогнозних моделей геомагнітного поля та накопиченого кінетичного моменту (НКМ), а саме моделювання та аналіз взаємозв'язків між таблицями БД за допомогою універсальної мови моделювання UML. Промодельовано алгоритм способу орієнтації штучного супутника з прогнозними моделями.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день у системах орієнтації штучних супутників Землі (ШСЗ) використовується імпульсний алгоритм розвантаження накопичувачів кінетичного моменту. Реалізація алгоритму роботи моментного магнітоприводу із використанням «прогнозних» моделей магнітного поля Землі та накопиченого кінетичного моменту потребує створення програмного забезпечення для обчислювального пристрою, який генерує керуючі сигнали для магнітоприводу. Для реалізації цього завдання необхідно описати модель бази даних, яка буде використовуватися в даному способі орієнтації, із застосуванням сучасних технологій моделювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Певні дослідження в галузі розробки алгоритмів роботи моментного магнітоприводу системи орієнтації ШСЗ були зроблені д.т.н., проф. Б.Б. Самотокіним спільно з учнями Ю.В. Степанковським, В.Ф. Мончаковським та Д.М. Шостачуком. В роботах [1–3] були зроблені та описані безперервний та імпульсно-безперервний способи розвантаження накопичувачів кінетичного моменту. Було запропоновано застосовувати для орієнтації супутника комплексний виконавчий пристрій з елементами штучного інтелекту, який використовує прогнозні моделі геомагнітного поля та накопиченого кінетичного моменту при русі супутника по орбіті [4–6]. В роботі [7] доведено необхідність визначення критеріїв та створення методики оцінювання ефективності того чи іншого способу орієнтації штучного супутника із врахуванням динаміки руху супутника, типу розвантаження накопичувачів кінетичного моменту, величини та напрямку малозмінних магнітного і гравітаційного полів у поточній точці траєкторії супутника, а також у наступні моменти часу, висоти траєкторії ШСЗ, характеру можливих збурень. Аналіз малозмінного магнітного поля Землі та його вплив на супутник зроблено в роботі [8].

З іншого боку, сьогодні при створенні складних програмних комплексів широко використовуються так звані RUP-технології (аббревіатура від Rational Unified Process), які передбачають як моделювання предметної області, проектування апаратної частини і бази даних, так і генерацію програмного коду з наступною синхронізацією коду та моделі. В роботі [9] за допомогою діаграм Use Case, Activity, Sequence, Class був докладно описаний запропонований спосіб орієнтації; окрім цього, за допомогою діаграми класів можна генерувати програмний код на таких мовах програмування, як C++ та C#.

**Виділення невирішених раніше частин проблеми.** Для реалізації системи орієнтації ШСЗ із використанням «прогнозних» моделей геомагнітного поля та накопиченого кінетичного моменту, який можна назвати «способом орієнтації супутника з елементами штучного інтелекту», необхідно створити програмне забезпечення для керування роботою магнітоприводу і, власне, орієнтацією. Сьогодні при створенні сучасних програмних продуктів використовується універсальна мова моделювання UML (Unified Modeling Language), яку, на погляд авторів, доцільно використати для моделювання «предметної області» при розробці нового способу орієнтації ШСЗ. Однією з важливих складових способу орієнтації ШСЗ є база даних, що складається із взаємозв'язаних таблиць, які містять інформацію про значення вектора магнітного поля, кутові та сферичні координати, збурення та керування супутником в певній точці орбіти. Задача моделювання такої БД на сьогоднішній день не розв'язана.

**Метою даної статті** є застосування сучасних технологій моделювання для реалізації способу орієнтації ШСЗ із використанням «прогнозних» моделей геомагнітного поля та накопиченого кінетичного моменту.

**Основний матеріал дослідження.** При створенні сучасних програмних продуктів сьогодні широко застосовується моделювання предметної області із використанням мови моделювання UML, яка завоювала широку популярність завдяки своїй універсальності та можливості застосування для опису (моделювання) різних сфер людської діяльності. Автори в даній статті використовують такий програмний засіб, як *Rational XDE* (останній інтегрований в середовище Visual Studio 2003), хоча фірма Borland розробникам програмного забезпечення пропонує новий продукт CaliberRM 2006. Автори

пропонують зробити моделювання бази даних системи орієнтації, яка являє собою сукупність взаємопов'язаних таблиць, за допомогою мови моделювання UML.

1. *Модель системи орієнтації.* Система, в якій використовується «спосіб орієнтації супутника з елементами штучного інтелекту», складатиметься з таких блоків (рис. 1):

- магнітометри, які міряють поточне значення магнітного поля Землі (МПЗ);
- датчики НКМ – для визначення діючих на супутник збурень;
- аналогово-цифрові перетворювачі для перетворення аналогових значень НКМ та МПЗ в цифровий код;
- база даних геомагнітного поля та накопиченого кінетичного моменту, координат супутника та керуючого моменту (в кожній точці траєкторії супутника);
- обчислювальний пристрій;
- магнітопривід, який здійснює зміну орієнтації шляхом взаємодії магнітного моменту з магнітним полем Землі.

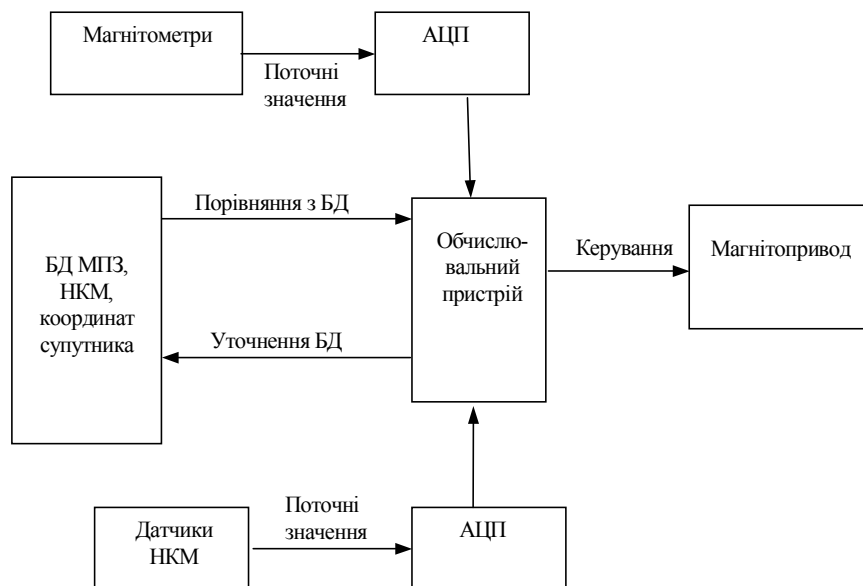


Рис. 1. Структурна схема системи орієнтації з прогнозними моделями НКМ та геомагнітного поля

Описання способу орієнтації наведено в [6]. Обчислювальний пристрій отримує поточні значення НКМ та МПЗ в кожній точці траєкторії супутника в цифровому вигляді, порівнює їх з аналогічними значеннями бази даних, за необхідності вносить зміни у відповідні таблиці БД; обчислює значення керуючого моменту для здійснення орієнтації супутника, який з'являється завдяки взаємодії векторів магнітного поля котушок з магнітним полем Землі.

2. *Моделювання бази даних.* У процесі історичного розвитку в системах управління базами даних (СУБД) використовувались такі моделі даних:

1. ієрархічна;
2. мережева;
3. реляційна;
4. постреляційна;
5. об'єктно-орієнтована;
6. об'єктно-реляційна.

Згідно з [10] методологія проектування БД містить такі фази: концептуальне проектування; логічне проектування; фізичне проектування.

Концептуальне проектування – це створення концептуального уявлення бази даних, що являє собою визначення типів найважливіших сутностей та діючих зв'язків між ними.

Логічне проектування – це перетворення концептуального уявлення в логічну структуру БД, що передбачає проектування відношень.

Фізичне проектування – це прийняття рішення про те, як логічна модель буде фізично реалізована (із використанням таблиць) в базі даних, яка створюється за допомогою обраної СУБД.

*Концептуальне проектування.* При проектуванні БД доцільно використовувати діаграму класів, яка була наведена в роботі [9]. На рис. 2 зображена так звана ER – діаграма (Entity-Relationship Diagram), яка

являє собою графічне зображення сутностей із зв'язками між ними. Сутності відповідають класам, а атрибути сутностей – атрибутам класів. Для розглянутого випадку маємо такі сутності:

- кутові координати супутника;
- сферичні координати супутника;
- магнітне поле Землі;
- збурюючий момент;
- керуючий момент.

Атрибут «# № Точки орбіти» є первинним ключем, який пов'язує положення супутника (певну точку орбіти), моменти, які діють на супутник та керування орієнтацією.



Рис. 2. Концептуальна схема БД

*Логічне проектування.* Логічне представлення БД зображене на рис. 3. Кожна сутність представлена у вигляді окремої таблиці. Первинним ключем таблиць «Magnitne pole», Kut\_koord, Zburennia, Sfer\_koord, керування є поле PK, в якому закладена інформація про поточне положення супутника.

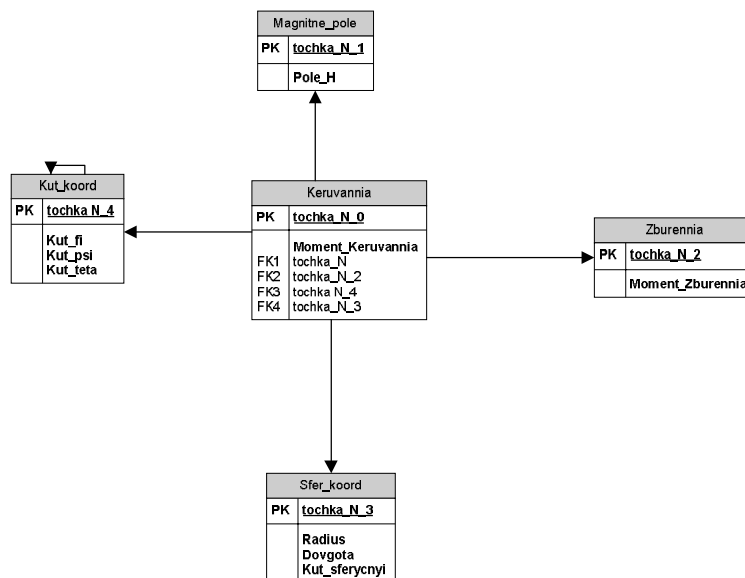


Рис. 3. Логічна схема БД

Зобразимо модель системи орієнтації із використанням можливостей середовища XDE, інтегрованого в Visual Studio [12]. Як показано на рис. 4, обчислювальна програма оперує з базами даних, в яких зберігається інформація про поточні кутові та орбітальні координати супутника, поточні значення векторів магнітного поля і збурень та генерує необхідне керування [6].

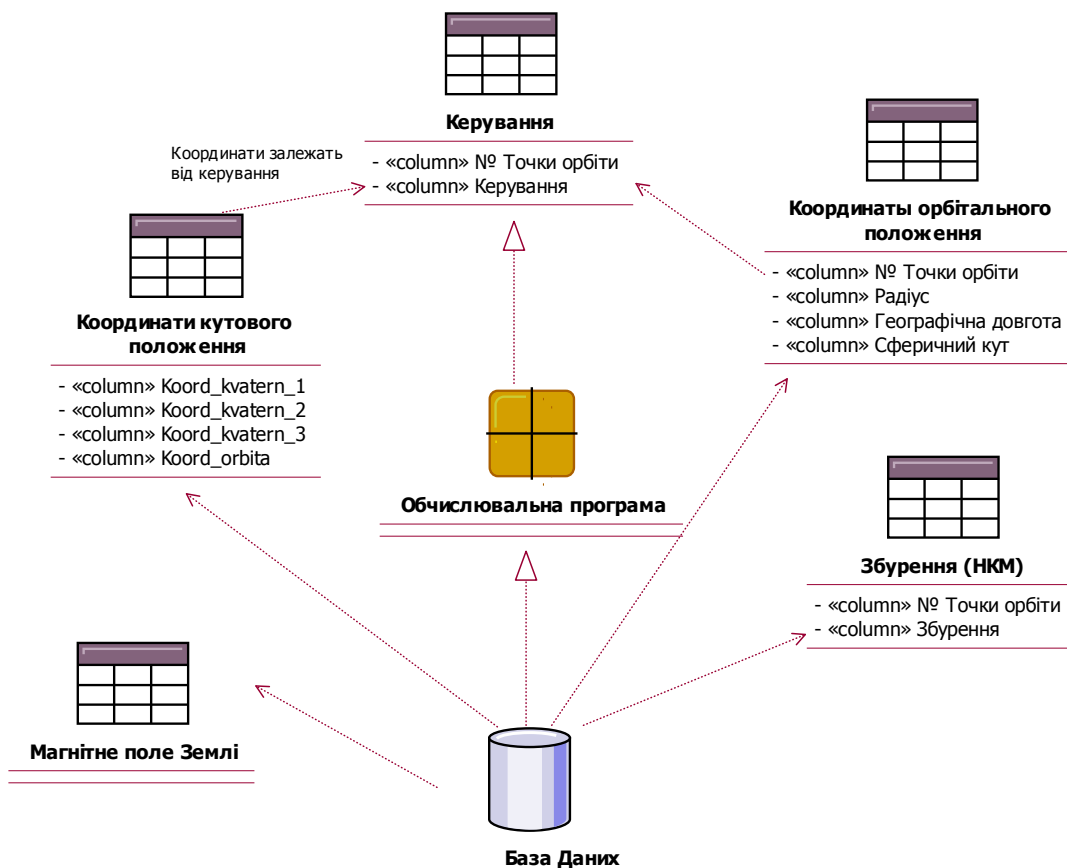


Рис. 4. Модель системи орієнтації із використанням прогнозних моделей НКМ та геомагнітного поля

Фізична модель бази даних в роботі не розглядається через невисокі вимоги до швидкодії процесора ЕОМ.

3. Моделювання способу орієнтації з прогнозними моделями збурень та геомагнітного поля. Автори провели моделювання двох способів орієнтації ШСЗ: безперервного і з прогнозними моделями. При цьому передбачалося, що збурення діють постійно і по всіх трьох осях. Оскільки супутник обертається навколо Землі і навколо власної осі при орбітальній орієнтації періодично, то і збурення також моделювалися як періодичні сигнали (синусоїда та косинусоїда). Оскільки потужність пропорційна струму, то для оцінки енергетичних витрат обчислювалась величина, яка пропорційна гіпотетичній потужності, і яка дорівнювала добутку струму (вісь  $y$ ) на час (вісь  $x$ ). У даному випадку визначене значення цієї величини дорівнює 2879 одиниць.

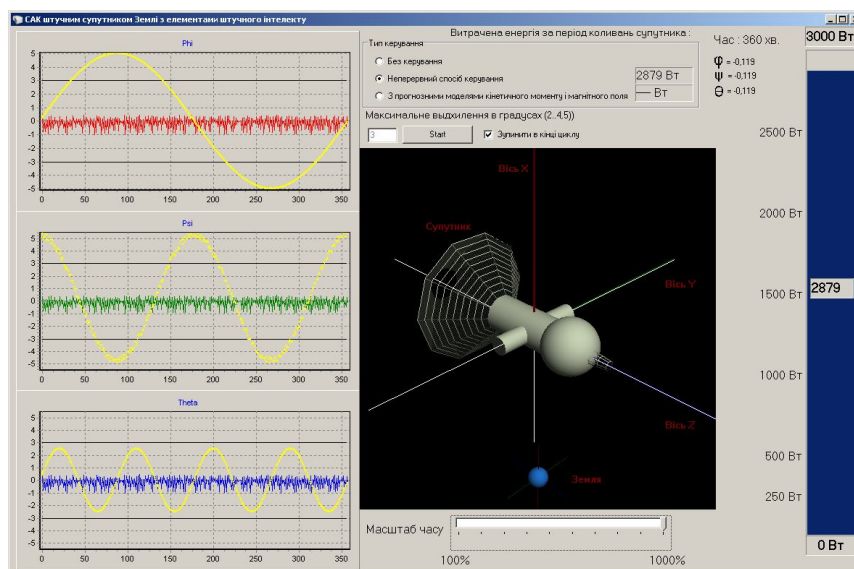


Рис. 5. Безперервний спосіб керування орієнтацією супутника

Але при цьому збурення має такий характер, що супутник відхиляється відносно всіх трьох осей на величини, які перевищують допустимі.

На рис. 6 показано результати моделювання руху супутника у випадку, коли супутник по всіх трьох осях відхиляється на величини, які перевищують дозволені межі. Використовується спосіб орієнтації з прогнозними моделями НКМ та геомагнітного поля. При цьому, відповідно, у потрібний момент часу включаються всі три силові котушки. Ці котушки створюють моменти, які відхиляють супутник, наприклад на подвійну величину відносно прогнозного збурення, але з від'ємним знаком. При цьому гіпотетична потужність має значення 2309 одиниць, що значно менше безперервного способу керування орієнтацією.

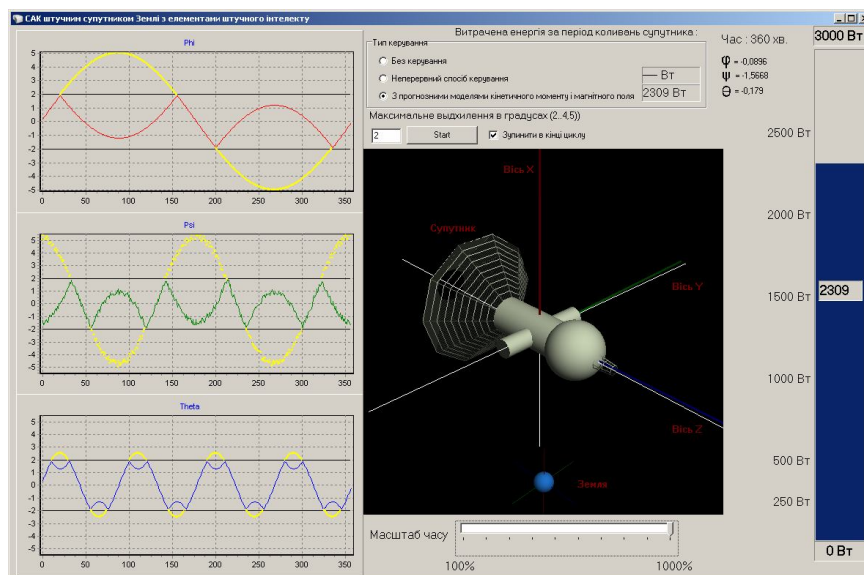


Рис. 6. Спосіб керування орієнтацією супутника з прогнозними моделями по трьох осях

На рис. 7 показано результати моделювання руху супутника у випадку, коли супутник по двох осях відхиляється на величини, які перевищують дозволені межі, а по третій осі супутник коливається в допустимому «коридорі» значень. Таким чином, одна з силових котушок не підключається, а гіпотетична потужність в даному випадку має величину 1197 одиниць, тобто ще менше значення, ніж у випадку, результати якого показано на рис. 6.

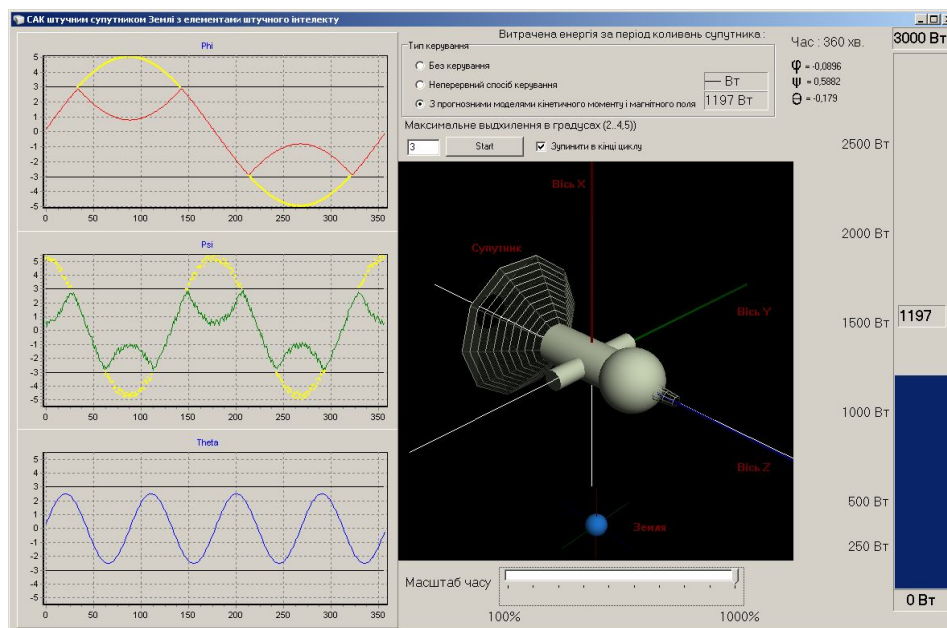


Рис. 7. Спосіб керування орієнтацією супутника з прогнозними моделями по двох осях

Для всіх випадків (рис. 5–7) показано допустимі межі для відхилень супутника. При цьому не враховується межа нечутливості системи орієнтації.

#### Висновки:

1. Проведено моделювання бази даних при орієнтації ШСЗ із використанням прогнозних моделей геомагнітного поля та НКМ, представлені концептуальна та логічна моделі бази даних.

2. Проведено моделювання безперервного способу керування орієнтацією штучних супутників Землі та способу з прогнозними моделями НКМ та геомагнітного поля, що дало такі результати:

- найбільша потужність споживається при безперервному способі керування навіть при гармонійних збуреннях;
- спосіб орієнтації з прогнозними моделями дозволяє утримувати супутник у певному положенні з необхідним запасом, який залежить від прогнозних збурень в майбутній момент часу та є найбільш економічним з точки зору споживаної енергії порівняно із безперервним способом орієнтації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Самотокін Б.Б., Степанковський Ю.В.* Некоторые замечания об алгоритмах работы моментного магнитопривода // Автоматика и приборостроение. – 1973. – К.: Техніка. – С. 100–104.
2. *Самотокін Б.Б., Степанковський Ю.В.* О работе моментного магнитопривода в режиме непрерывной разгрузки носителей кинетического момента // Известия ВУЗов СССР / Приборостроение. – 1974. – № 10. – С. 75–78.
3. *Самотокін Б.Б.* Непрерывно-импульсный способ разгрузки носителей кинетического момента // Аэрокосмический комплекс: конверсия и технологии. – 1995. – Житомир: ЖИТИ. – С. 27–30.
4. *Самотокін Б.Б., Мончаковский В.Ф., Шостачук Д.Н.* Комплексное исполнительное устройство для системы ориентации ИСЗ // Гирокоспия и навигация. – № 2. – 2-я международная конференция молодых ученых. – С.-Петербург: ЦНИИ “Электроприбор”, 2000. – С. 117.
5. *Шостачук Д.М.* Оптимізація магнітометричних систем орієнтації штучних супутників Землі: Дис... канд. техн. наук. – Київ, 2003. – 145 с.
6. *Самотокін Б.Б., Шостачук Д.М.* Спосіб орієнтації штучних супутників Землі: Деклараційний патент на винахід // Промислова власність. Офіційний бюлетень. – 2003. – № 4.
7. *Самотокін Б.Б., Шостачук Д.М., Шостачук А.М.* Оцінка ефективності системи орієнтації штучних супутників Землі // Вісник ЖДТУ. – № 1 (36). – С. 88–95.
8. *Самотокін Б.Б., Шостачук Д.М., Шостачук А.М.* Орієнтація штучного супутника Землі в геомагнітному полі // Вісник ЖДТУ. – № 3 (38). – С. 121–129.
9. *Шостачук Д.М.* Використання UML для моделювання системи орієнтації штучного супутника Землі. Частина 1. Модель “предметної області” // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – № 3 (41). – 2007. – С. 136–142.
10. *Коннолли Т. и др.* Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2. – Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1120 с.
11. *Трофимов С.А.* Rational XDE Visual Studio.NET. – М.: ООО «Бином-Пресс, 2004. – 304 с.
12. *Роберт Дж. Мюллер.* Базы данных и UML: Пер. с англ. – М.: Лори. – 420 с.
13. *Боггс У., Боггс М.* Rational XDE.: Пер. с англ. – М.: Лори. – 637 с.

ШОСТАЧУК Дмитро Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп’ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- магнітометричні системи орієнтації штучних супутників Землі;
- методи оптимізації;
- системний аналіз при створенні програмного забезпечення;
- математичне моделювання на ЕОМ.

ШЕНДЕРЧУК Ігор Юрійович – інженер Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- моделювання на ЕОМ;
- чисельні методи.



**Шостачук Д.М., Шендерчук І.Ю.** Використання UML для моделювання системи орієнтації штучного супутника Землі. Частина II. Моделі бази даних

**Шостачук Д.Н., Шендерчук І.Ю.** Использование UML для моделирования системы ориентации искусственного спутника Земли. Часть 2. Модели базы данных.

**Шостачук Д.М., Шендерчук І.Ю.** Use of UML for modeling of the Earth's at artificial satellite orientation. Part 2. Model of data base.

УДК 004.4'22

**Использование UML для моделирования системы ориентации искусственного спутника Земли. Часть 2. Модели базы данных / Д.Н. Шостачук, И.Ю. Шендерчук**

Рассмотрены аспекты моделирования базы данных (БД) при создании системы ориентации искусственно спутника Земли с использованием прогнозных моделей геомагнитного поля и накопленного кинетического момента (НКМ), а именно – моделирование и анализ взаимосвязей между таблицами БД с помощью универсального языка моделирования UML. Промоделирован алгоритм способа ориентации искусственного спутника с прогнозными моделями

УДК 044.4'22

**Use of UML for modeling of the Earth's at artificial satellite orientation. Part 2. Model of data base / Д.М. Шостачук, І.Ю. Шендерчук**

Aspects of modeling of data base when creating the orientation system of the Earth artificial satellite with the use of the predictive (prognostic) models of the geomagnetic field and of the accumulated kinetic moment, especially simulation and analysis of the interrelations between DB matrix with the help of the universal modeling language, are examined. The algorithm of the orientation means of the artificial satellite with prognoses models is simulated.