

**РЕИНЖИНИРИНГ ГРАФІЧНИХ БАЗ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ ВІДКРИТОЇ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ BRL-CAD. МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ЧАСТИНИ****С. С. Великодний, Ж. В. Бурлаченко, С. С. Зайцева-Великодна**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, корп. 1, каб. 330, м. Одеса, 65016, Україна. E-mail: velykodniy@gmail.com

Побудовано проектний каркас (системна архітектура), на основі якого виконано моделювання структурної діаграмної частини, що всебічно характеризує процес реінжинірингу графічних баз даних (ГБД) для системи автоматизованого проектування (САПР) BRL-CAD. При формуванні проектної архітектури було використано розширену нотацію UML 2.5 та CASE-інструментарій Enterprise Architect 14.0. Дослідження проводяться, оскільки сьогодні існує особливе зацікавлення до задач комп'ютерної графіки, а також у зв'язку з інтенсивним розробленням та впровадженням САПР у різних галузях виробництва та навчання. В результаті досліджень було виявлено, що висока швидкість рендерингу надає широкі перспективи для застосування САПР BRL-CAD у різноманітних галузях: військових, промислових чи навчальних застосуваннях. Дані отримані у роботі важливі, оскільки на підставі моделювання структурної частини (діаграм: об'єктів, класів, компонентів та розгортання) складатимуться майбутні технологічні засади створення, удосконалення та оновлення ГБД, як композиційного компоненту для подальшого підключення до відкритої САПР BRL-CAD.

Ключові слова: реінжиніринг, графіка, база, дані, моделювання, діаграма, структура, сутність.**РЕИНЖИНИРИНГ ГРАФИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ В СРЕДЕ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ BRL-CAD.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЧАСТИ****С. С. Великодний, Ж. В. Бурлаченко, С. С. Зайцева-Великодная**

Одесский государственный экологический университет

ул. Львовская, 15, корп. 1, каб. 330, г. Одесса, 65016, Украина. E-mail: velykodniy@gmail.com

Построен проектный каркас (системная архитектура), на основании которого выполнено моделирование структурной диаграммной части, всесторонне характеризующей процесс реинжиниринга графических баз данных (ГБД) для системы автоматизированного проектирования (САПР) BRL-CAD. При формировании проектной архитектуры была использована расширенная нотация UML 2.5 и CASE-инструментарий Enterprise Architect 14.0. Исследования проводятся, поскольку сегодня существует особый интерес к задачам компьютерной графики, а также в связи с интенсивной разработкой и внедрением САПР в различных отраслях производства и обучения. В результате исследований было выявлено, что высокая скорость рендеринга предоставляет широкие перспективы для применения САПР BRL-CAD в разнообразных областях: военных, промышленных или учебных приложениях. Данные, полученные в работе важны, поскольку на основании моделирования структурной части (диаграмм: объектов, классов, компонентов и развертывания) будут составляться технологические основы создания, усовершенствования и обновления ГБД, как композиционного компонента для дальнейшего подключения к открытой САПР BRL-CAD.

Ключевые слова: реинжиниринг, графика, база, данные, моделирование, диаграмма, структура, сущность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Комп'ютерна графіка – актуальна галузь проектування та застосування засобів обчислювальних систем, що інтенсивно розвиваються у останній час. Термін «комп'ютерна графіка» означає обчислювальну обробку інформації, а також виведення результатів у вигляді різних графічних зображень. Дані, необхідні для відображення результатів у графічному форматі, створюються на підставі графічної інформації.

Графічна інформація – сучасне та наочне, проте найбільш ємне уявлення великого обсягу інформації, однак, практичне застосування машинної графіки довгий час стримувалось відсутністю відповідного обладнання та математичного забезпечення.

У 1979 р. військова балістична лабораторія США (US Army Ballistic Research Laboratory (BRL), нині відома як US Army Research Laboratory (ARL) – військова дослідна лабораторія) відчувала гостру потребу в засобах комп'ютерного графічного моделювання систем озброєння: танків, ракет, літаків тощо.

Оскільки жодна з існуючих на той момент систем автоматизованого проектування (САПР) не була визнана придатною для завдань BRL, їх програмісти приступили до розробки власного пакету додатків,

що призначені для відображення, редагування та суміщення геометричних моделей. Таким шляхом була створена САПР BRL-CAD – пакет додатків для твердотільного моделювання (constructive solid geometry – CSG).

Сьогодні, завдяки приблизно мільйону рядків С-коду, BRL-CAD став найпотужнішим пакетом графічного моделювання, що набув застосування більш ніж у 2 тис. організацій по всьому світу.

BRL-CAD підтримує одночасно два способи взаємодії з користувачем: за допомогою командного рядка та графічного інтерфейсу користувача (GUI). Також система підтримує різноманітність геометричних засобів роботи з графічною інформацією: великий набір традиційних CSG примітивних твердих речовин (еліпсоїди, конуси, тори), а також явні тверді (із закритих колекцій) уніформи, β -сплайнові поверхні, нерівномірні раціональні β -сплайни (NURBS), n -різноманітну геометрію (HPG), грановані сітки тощо. Всі геометричні об'єкти можуть бути об'єднані із використанням логічних теоретико-множинних операцій, включно із CSG-об'єднаннями та перетинами.

Найактуальніша властивість системи полягає в її здатності конструювати та аналізувати реалістичні моделі на основі складних об'єктів, які складаються з великого набору графічних примітивів (primitive shapes). Для побудови складних об'єктів використовуються булеві операції: об'єднання, віднімання та перетину. Ще один сучасний бік BRL-CAD – швидкість засобів візуалізації та трасувальника променів, який є одним із найшвидших серед існуючих. Нарешті, користувачі BRL-CAD можуть проєктувати моделі із великою точністю, від субатомних до галактичних масштабів за принципом «бачимо всі деталі увесь час».

Матеріали даної статті є продовженням публікації [1].

Об'єктом роботи є відкриті графічні бази даних (ГБД), що редагуються засобами BRL-CAD.

Предметом роботи є моделювання структурної частини реінжинірингу ГБД.

Аналіз досліджень і публікацій. У літературі пропонується безліч визначень поняття «база даних», що відображають скоріше суб'єктивну думку тих чи інших авторів, однак єдине загальновизнане формулювання відсутнє.

Слід зазначити, що багато фахівців вказують на поширену помилку, що складається в некоректному використанні терміна «база даних» замість терміна «система управління базами даних» (СУБД), та вказують на необхідність розрізнення цих понять [2].

Сам термін database (база даних) з'явився на початку 1960-х років і був введений у вживання на симпозиумах, організованих фірмою SDC (System Development Corporation) у 1964 – 1965 роках, хоча розумівся спочатку в досить вузькому сенсі, у контексті систем штучного інтелекту. У широке вживання, у сучасному розумінні, термін увійшов лише в 1970-ті роки [3].

Наступний важливий етап пов'язаний з появою на початку 1970-х реляційної моделі даних, завдяки роботам Едгара Ф. Кодда. Роботи Кодда відкрили шлях до тісного зв'язку прикладної технології БД з математикою і логікою. За свій внесок в теорію і практику Едгар Ф. Коддом також отримав премію Тюрінга [4].

Одночасно, вживаються визначення БД з міжнародних стандартів:

База даних – сукупність даних, що зберігаються у відповідності зі схемою даних, маніпулювання якими виконують відповідно до правил засобів моделювання даних [5].

База даних – сукупність даних, організованих відповідно до концептуальної структури, яка описує характеристики цих даних і взаємовідносини між ними, причому таке зібрання даних, яке підтримує одну або більше областей застосування [6].

Приклад такої концептуальної структури із визначеними зв'язками між даними, що спроектовано авторами поданої статті стосовно до ГБД, наведено на структурній діаграмі (рис. 1).

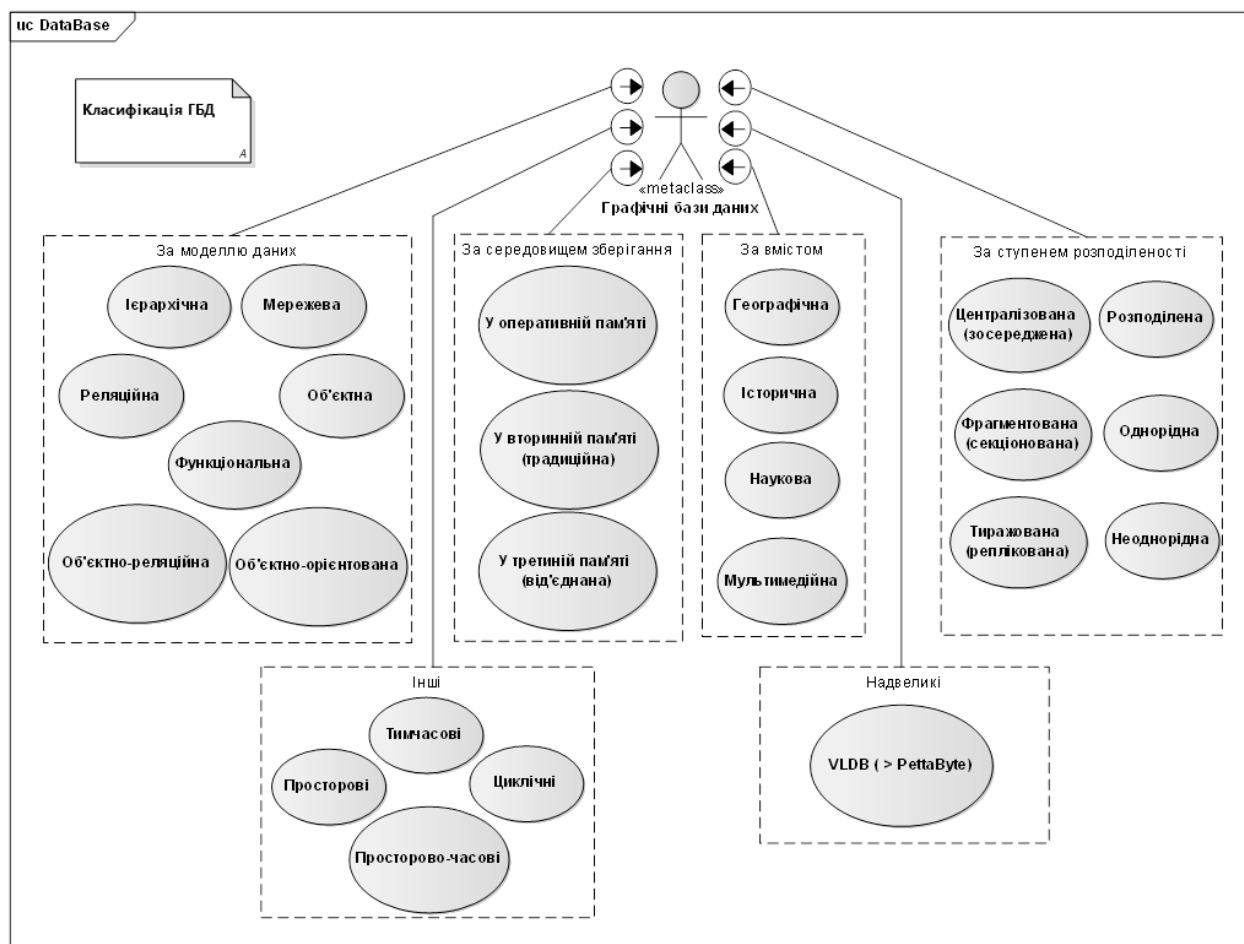


Рисунок 1 – Діаграма структури ГБД

Для повноцінної роботи із ГБД, приведемо нижче визначення БД з декількох авторитетних монографій.

База даних – організована відповідно до певних правил і підтримувана в пам'яті комп'ютера сукупність даних, що характеризує актуальний стан деякої предметної області і використовується для задоволення інформаційних потреб користувачів [7].

База даних – деякий набір перманентних (постійно збережених) даних, що використовуються прикладними програмними системами підприємства [2].

База даних – спільно використовуваний набір логічно зв'язаних даних (та опис цих даних), призначений для задоволення інформаційних потреб організації [8].

При аналізі усіх наведених визначень БД (додавши ще й [9, 10]), слід виділити найбільш часто (явно або неявно) присутні наступні ознаки:

а) БД зберігається та обробляється у обчислювальній системі (таким чином, будь-які позакомп'ютерні сховища інформації (архіви, бібліотеки, картотеки тощо) БД не є);

б) дані у БД логічно структуровані (систематизовані) з метою забезпечення можливості їх ефективного пошуку та обробки в обчислювальній системі (структурованість передбачає явне виділення складових частин (елементів), зв'язків між ними, а також типізацію елементів і зв'язків, за якої з типом елемента (зв'язком) співвідноситься певна семантика й припустимі операції);

в) БД включає схему або метадані, що описують логічну структуру БД у формальному вигляді (відповідно до деякої метамоделі).

З перерахованих ознак лише перша є суворою, а інші допускають різні трактування й різні ступені оцінки. Можна лише встановити деяку ступінь відповідності вимогам до ГБД.

У такій ситуації не останню роль відіграє загальноприйнята практика. Відповідно до неї, наприклад, не називають БД файлові архіви, Інтернет-портали або електронні таблиці, незважаючи на те, що вони, в деякій мірі, володіють ознаками БД. Прийнято вважати, що ця ступінь, в більшості випадків, недостатня (хоча можуть бути винятки).

Методи подання ГБД. Для створення ГБД існують методи граничного (В-Rep) та конструктивного (С-Rep) їх представлення.

В системі з В-Rep поданням моделі будуються з твердотільних примітивів. Ці примітиви визначаються розмірами, орієнтацією, формою та точкою прив'язки. Інструментами побудови С-Rep є булеві операції, вони базуються на алгебраїчній теорії множин. Найчастіше використовуються операції: різниця, перетин та об'єднання.

У кожного з цих методів створення об'ємних моделей є плюси і мінуси, у порівнянні з іншими. У системі з С-Rep поданням, перевага полягає в первинному формуванні моделі. Крім того, дане представлення забезпечує більш зручний опис моделей у ГБД. В-Rep метод актуальний в утворенні складних структур, які дуже складно відтворити за допомогою С-Rep методу.

Перевагою систем з В-Rep є простіша зміна граничного подання у каркасну модель та зворотною її зміною. Причиною є те, що опис меж аналогічний опису каркасної моделі. Наприклад, проектування литтєвого оснащення та ливарних форм є традиційною областю суцільного, об'ємного моделювання із імітацією руху. Найбільшою очевидною відмінністю від двовимірного креслення є точне створення об'ємної комп'ютерної моделі.

Мета поданої статті полягає у створенні, підключенні та реінжинірингу (еволюційному удосконаленні) ГБД, як композиційного компоненту відкритої САПР BRL-CAD.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження поданої тематики розпочато у [1]. Нижченаведені матеріали містять логічне продовження без ретельного теоретичного викладу, що вже подано у [1].

Існує величезна кількість різновидів БД, що відрізняються за різними критеріями. Наприклад, у [7], визначаються понад 50 видів БД. Основні класифікації ГБД наведені нижче, а їх графічну структуру вже подано на рис. 1.

Деякі деталізовані пояснення щодо ГБД зведемо до табл. 1, 2.

Таблиця 1 – Класифікації ГБД за середовищем зберігання

Середовище зберігання:	Характеристика
оперативна пам'ять (англ.: in-memory database, memory-resident database, main memory database)	всі дані на стадії виконання знаходяться у оперативній пам'яті
вторинна пам'ять або традиційна (англ.: conventional database)	периферійна енергонезалежна пам'ять – як правило жорсткий диск (в оперативну пам'ять СУБД поміщає лише кеш і дані для поточної обробки)
третинна пам'ять (англ.: tertiary database)	пристрій масового зберігання, що від'єднується від сервера (флеш-накопичувач або оптичний диск, віртуальне або хмарне сховище)

Таблиця 2 – Класифікація ГБД за ступенем розподіленості

Вид:	Характеристика
централізована, або зосереджена (англ.: centralized database)	ГБД, що повністю підтримується на одному комп'ютері
розподілена (англ.: distributed database)	ГБД, складові частини якої розміщуються в різних вузлах комп'ютерної мережі
неоднорідна (англ.: heterogeneous distributed database)	фрагменти розподіленої ГБД в різних вузлах мережі підтримуються засобами більше однієї СУБД
однорідна (англ.: homogeneous distributed database)	фрагменти розподіленої ГБД в різних вузлах мережі підтримуються засобами однієї і тієї ж СУБД
фрагментована, або секціонована (англ.: partitioned database)	методом розподілу даних – є фрагментованість (секціонування), вертикальне чи горизонтальне
тиражована (англ.: replicated database)	методом розподілу даних – є тиражування (реплікація)

Проте, не усі види ГБД можна класифікувати за загальними ознаками БД. Існують деякі ГБД, які традиційно відносяться до так званих інших видів (табл. 3).

Таблиця 3 – Інші види ГБД

Вид:	Характеристика
просторова (англ.: spatial database)	ГБД, в якій підтримуються просторові властивості сутностей предметної області, такі ГБД широко використовуються в геоінформаційних системах [11]
тимчасова, чи темпоральна (англ.: temporal database)	ГБД, в якій підтримується будь-який аспект часу, не враховуючи часу, обумовленого користувачем
просторово-часова (англ.: spatial-temporal database)	ГБД, в якій одночасно підтримується одне або більше вимірів в аспектах як простору, так і часу
циклічна (англ.: round-robin database)	ГБД, обсяг збережених даних якої не змінюється з часом, оскільки в процесі збереження даних одні й ті ж дані використовуються циклічно
надвелика (англ.: Very Large DataBase – VLDB)	ГБД, яка займає надзвичайно великий обсяг на пристрої фізичного зберігання; термін передбачає максимально можливі обсяги ГБД, які визначаються останніми досягненнями у технологіях фізичного зберігання даних і в технологіях програмного оперування даними

Кількісне визначення поняття «надзвичайно великий обсяг» змінюється із часом. У даний час вважається, що це обсяг, який вимірюється щонайменше ПБ (10^{15} байт). Для порівняння: у 2010 р. – найбільшими в світі вважалися БД з об'ємом сховища близько 100 ТБ [5].

Фахівці відзначають необхідність особливих підходів до проектування надвеликих ГБД. Для їх створення нерідко виконуються спеціальні проекти з метою пошуку таких системотехнічних рішень, які дозволили б хоч якось працювати з такими великими обсягами даних. Як правило, необхідні спеціаль-

ні рішення для дискової підсистеми, спеціальні версії операційної системи і спеціальні механізми звернення СУБД до даних [6].

Дослідження в галузі зберігання й обробки VLDB завжди знаходяться на вістрі теорії і практики баз даних. Зокрема, з 1975 року проходить щорічна конференція International Conference on Very Large Data Bases (Міжнародна конференція з надвеликих баз даних). Більшість досліджень проводиться під егідою некомерційної організації VLDB Endowment (Фонд цільового капіталу «VLDB»), яка забезпечує просування наукових робіт та обмін інформацією в галузі надвеликих БД і суміжних областях, зокрема ГБД.

Оскільки ретельну постановку задачі реінжинірингу ГБД було виконано у [1], перейдемо відразу до моделювання структурної частини. Нижче виконується побудова проектного каркасу (системної архітектури) реінжинірингу ГБД у відкритій САПР BRL-CAD. При формуванні архітектури використовується розширена нотація UML 2.5 та CASE-інструментарій Enterprise Architect 14.0.

Діаграма об'єктів. Діаграма об'єктів (ДО) показують те, як абстрактні функціональні пристрої та програмне забезпечення працюють один з одним (встановлюють комунікаційні сполучення між об'єктами) та їхні можливості.

У спроектованій ДО використовуються п'ять типів об'єктів, які зображено на рис. 2, специфікацію яких наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Специфікація елементів ДО

Об'єкт-сутність UML	Фактичний об'єкт BRL-CAD	Функція (призначення)
Business worker	САПР (BRL-CAD)	бізнес-виконавець
Display	графічний інтерфейс (GUI)	екран (інтерфейс)
Input / Output	консоль (Consol)	пристрій вводу або виводу
Report	командний рядок (Management line)	пристрій системного повідомлення
Storage	буфер та компілятор	пристрій накопичення та обробки

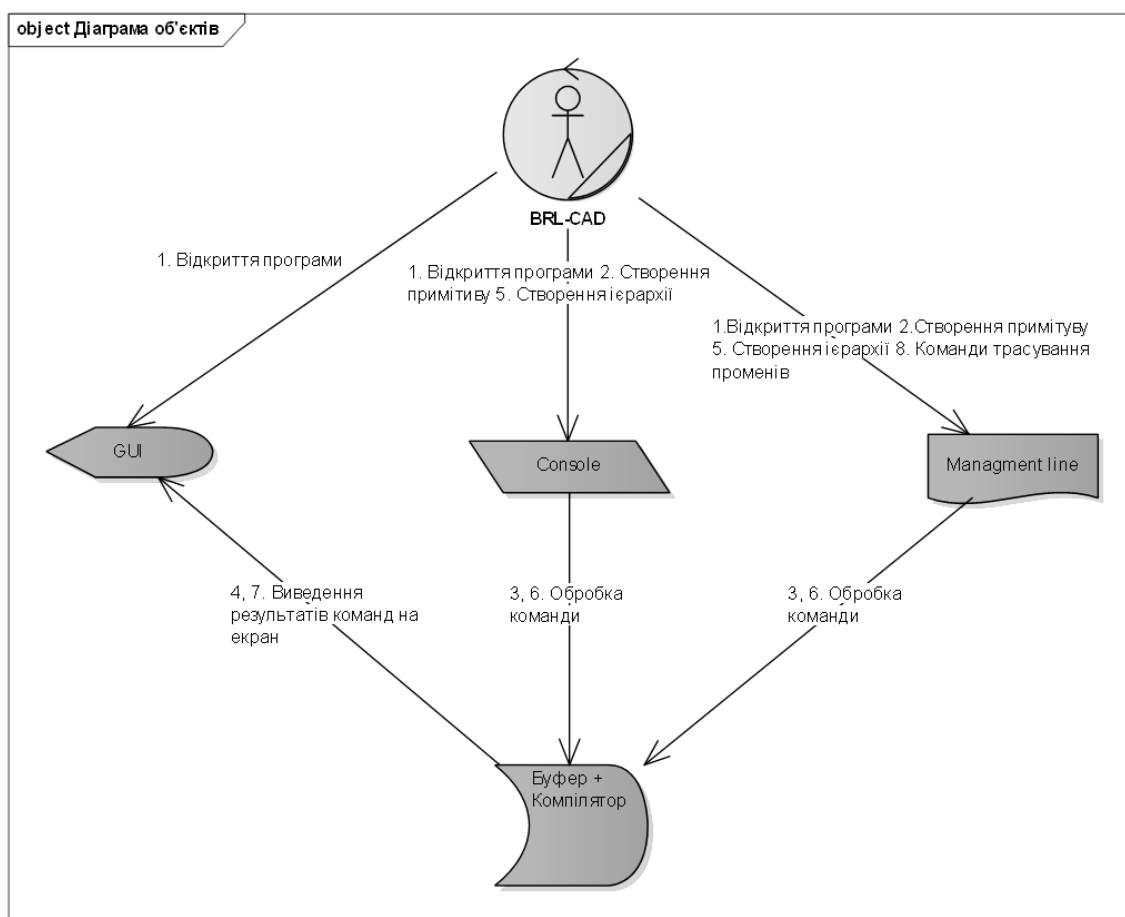


Рисунок 2 – ДО САПР BRL-CAD

Опишемо топологію ДО (рис. 2). При відкритті нашого програмного продукту відразу ж починають роботу перераховані вище об'єкти. Тут стрілки позначають повідомлення, обмін якими здійснюється у рамках даного варіанту використання. Їх часова послідовність – зазначається шляхом нумерації повідомлень.

На ДО можна використовувати один з декількох варіантів нумерації. В UML 2.5 застосовується десяткова схема нумерації, оскільки у цьому випадку зрозуміло: яка операція викликає яку, хоча може бути, що важче розгледіти загальну послідовність.

Нумерація повідомлень робить сприйняття послідовності більш важким, ніж у випадку розташування ліній на сторінці згори до низу. З іншого боку, таке просторове розташування дозволяє більш легко відбити інші моменти, наприклад, можна показати взаємозв'язок об'єктів, що перетинаються, компоненти або іншу інформацію, яка стосується топології.

Як бачимо з рис. 2, ДО описує стандартні кроки, які проходить користувач при роботі з САПР:

- «Відкриття програми»;
- «Створення примітиву»;
- «Обробка команди»;
- «Виведення результатів команди на екран»;
- «Створення ієрархії»;
- «Команди трасування променів».

ДО корисні у тих випадках, коли потрібно оцінити наслідки зроблених змін. ДО показує: які об'єкти взаємодіють один з одним. При внесенні змін до

об'єкту – відразу зрозуміло: на які інші об'єкти це вплине.

Помітимо, що першою дією на даній діаграмі відбувається відкриття програми, яка зачіпає відразу три створених об'єкти:

- графічний інтерфейс «GUI»;
- консоль «Console»;
- командний рядок «Management line»;

Друга дія – це створення примітивів. Тут точно так само можуть бути задіяні всі три елементи, що відображені раніше. Все це плавно перетікає у третю дію – обробку даних й команд буфером та компілятором. Після того, як створено декілька примітивних фігур, приходить час будувати ієрархію із них, тобто створювати більш складні графічні об'єкти. Стандартним кроком після створення графічних об'єктів є їх візуалізація. Для цього треба виконати розглянуту операцію трасування променів.

Під час проектування ДО для САПР BRL-CAD було визначено ключові об'єкти із якими необхідно встановлювати комунікаційне сполучення та розглянути їхні функціональні можливості.

Діаграма класів. Призначенням діаграми класів (ДК) є можливість показати та генерувати класи програмного продукту. Генерація класів може проводитися різними мовами з обраними користувачем специфікаціями – це одна з основних функцій для якої використовується ДК у UML. Особливу позитивну рису набувають ДК при виконанні реінжинірингу, оскільки за їх допомогою відбувається пере-

кодування класів у сучасні (оновлені) мови програмування.

У спроектованій (ДК) за основу оберемо мову C++, як найпоширенішу для створення легких та середньої складності програмних продуктів. BRL-CAD не вимагає складних засобів розробки та низькорівневих мов програмування (хоча створювалася САПР мовою «C» – фактично низькорівневою мо-

вою: причиною була відсутність на той час розвинених високорівневих мов програмування).

Спроектовану ДК для реінжинірингу ГБД у САПР BRL-CAD наведено на рис. 3. При створенні ДК яких-небудь складнощів не спостерігалось, оскільки для її побудови було залучено стандартний набір атрибутів та операцій, з яких зазвичай складаються ці діаграми.

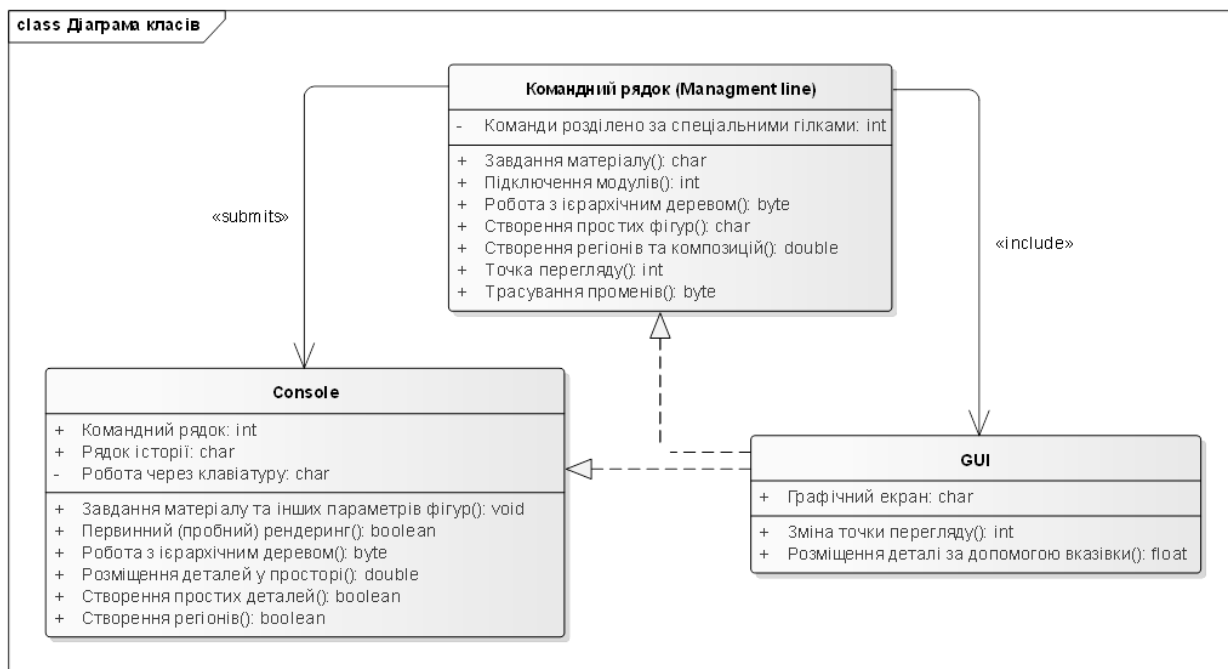


Рисунок 3 – ДК для реінжинірингу ГБД САПР BRL-CAD

За основу взято 3 основних класи – це об'єкти, із якими взаємодіє користувач: консоль, графічний інтерфейс та командний рядок. Такий вибір обумовлений ще й тим, що основні специфікації та команди містяться саме в цих трьох класах.

Перший клас «GUI» загальний для всіх САПР схожого типу, виконує стандартні операції та має стандартні атрибути графічного екрану. При виконанні реінжинірингу ГБД, є можливість тільки змінювати вид та міняти розташування геометричних фігур, що й стало основними операціями, що виконуються цим класом.

Другий клас «Management line», також властивий всім САПР. Його атрибутом є можливість роботи із різними гілками: відкривати та використовувати команди. А операціями даного класу стали саме ті команди, які розташовані у гілках: завдання матеріалу, фізичних констант, підготовка рендерингу, підключення модулів тощо.

Третій клас – це «Console» (рис. 3). Іноді консоль дає більш широкі можливості у роботі, але є деякі складності у її створенні – потрібно створювати новий набір команд (лексик), з якою буде працювати проектувальник.

В атрибутах даного класу знаходяться «Робота через клавіатуру», «Командний рядок» та «Рядок історії», який відображає вже виконані команди. Операції містять саме той «набір команд», що вико-

ристовується поданою консоллю (на ДК показано тільки основні команди): «Завдання матеріалу», «Первинний рендеринг», «Створення та розташування фігур» тощо.

Розглянуті три класи – пов'язані між собою трьома типами зв'язків – включення, залежність та підпорядкованість. «Командний рядок» підпорядковується «Консолі», тому обрано відповідний тип зв'язку. Також «Графічний інтерфейс» включає у себе «Рядок керування», тому він з'єднується асоціацією зі включенням «include». До графічного інтерфейсу «GUI» – підходять два відношення-реалізації (realize) тому, що класи «Консоль» та «Командний рядок» реалізують показ на екрані результати оброблення графічної інформації.

Таким чином було спроектовано ДК для реінжинірингу ГБД у САПР BRL-CAD.

Діаграма компонентів (ДКМ) створюється для того, щоб ілюструвати розташування програмних модулів у комп'ютерному середовищі. ДКМ – одна з найголовніших діаграм, які використовуються у методології UML.

Спроектовану ДКМ наведено на рис. 4. ДКМ подано стосовно мови програмування C++. У такому разі, кожний клас має свій власний заголовний файл (розширення «*.h») та файл тіла класу (розширення «*.cpp»).

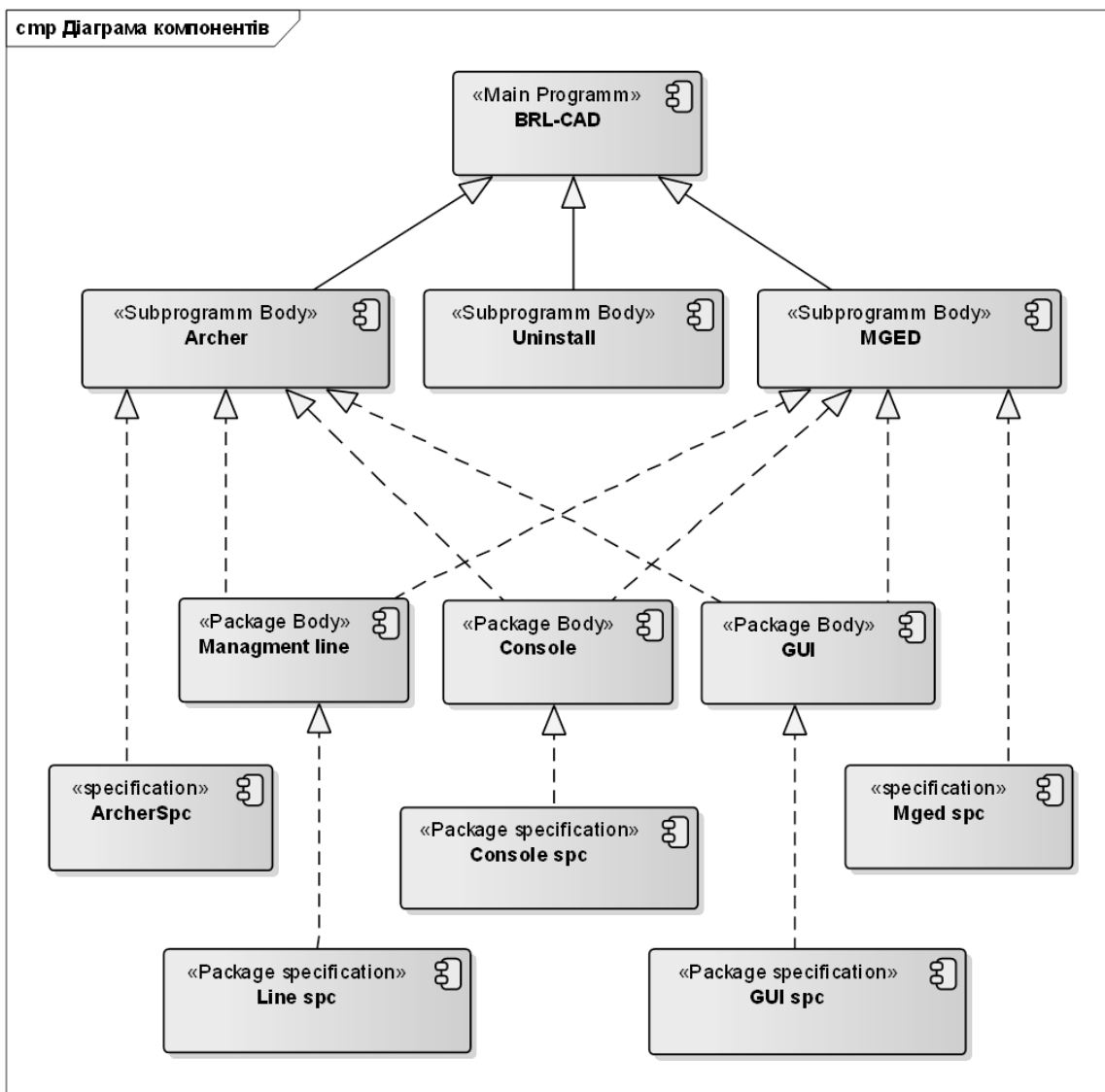


Рисунок 4 – ДКМ для виконання реінжинірингу ГБД САПР BRL-CAD

У випадку «BRL-CAD» цю САПР поділено на модулі. Таку ДКМ, безпосередньо, можна пов'язати із ДК – це зручно тому, що кожне «Тіло підпрограми» – є окремим пакетом класів ДК (рис. 4).

Кожен з пакетів на ДКМ має свою відповідну специфікацію (Package Specification), зазвичай властиву тільки йому.

Специфікацію елементів, з яких складається ДКМ, зведено до табл. 5.

Таблиця 5 – Специфікація ДКМ

Компонент	Назва
модуль або «Тіло підпрограми» (Subprogram Body)	«Archer»
	«Uninstall»
	«MGED»
пакет (Package Body)	«Консоль»
	«Графічний інтерфейс»
	«Командний рядок»

Залежності між компонентами повинні збігатися із залежностями між пакетами. Залежності показують: яким чином одні компоненти взаємодіють з

іншими. Напрямок залежності показує рівень підпорядкування комунікації (стрілка стоїть з боку головного компонента).

При проектуванні надвеликих систем може виявитися, що система повинна бути розкладена на кілька сотень або навіть тисяч компонентів. У такому разі будують вкладені ДКМ, які можуть бути об'єднані у відповідні пакети. Такий тип діаграм дозволяє контролювати велику кількість модулів та їх зв'язків, завдяки чітко вибудованій ієрархії сутностей-компонетів.

Діаграми розгортання (ДР) існують для того, щоб показати фізичне розміщення програмного продукту на системних дисках, накопичувачах та у БД. Існують деякі САПР, які використовують або просто підтримують спеціальні інтерфейси типу: Midi-клавіатури, графічні планшети, дигітайзери тощо.

ДР рідко використовуються відносно простих програмних продуктів тому, що стандартне програмне забезпечення розміщується на жорсткому диску комп'ютера та має стандартні периферійні пристрої вводу / виводу.

Проте, для повноти складання системної архітектури, побудуємо ДР для ГБД САПР BRL-CAD, хоча

вона буде виглядати дещо замалою, проте відбивати реальне розгортання ГБД (рис. 5).

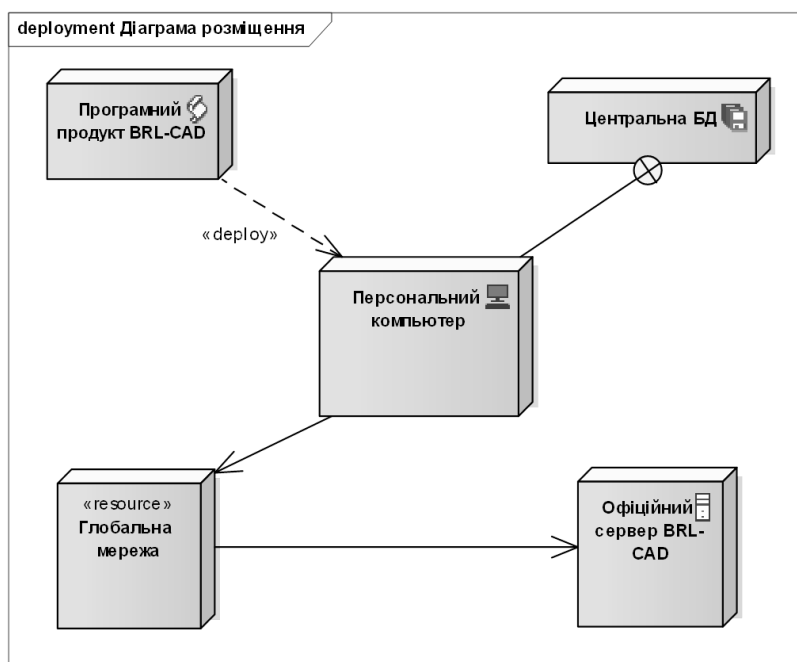


Рисунок 5 – ДР для ГБД САПР BRL-CAD

На спроектованій ДР присутні наступні елементи, що зведено у табл. 6.

Таблиця 6 – Специфікація ДР

Елемент	Назва	Стереотип
вузол (node)	«Персональний комп'ютер»	PC
	«Програмний продукт BRL-CAD»	script library
	«Центральна БД»	disk array
	«Глобальна мережа»	resource
	«Офіційний сервер BRL-CAD»	server
зв'язок (communication)		deploy
		nesting
		communication path

На ДР показано стандартний вигляд інсталюваної САПР: програмний продукт розташовано на платформі «ПК», що безпосередньо пов'язана із «Центральною БД» (зв'язком «вкладення» (nesting)) через «Глобальну мережу», за допомогою якої можна (у разі потреби) завантажити модулі та інше необхідне програмне забезпечення.

На практиці ДР використовуються не часто з причин первинної простоти діаграми, але багато розробників багатоланкових розподілених систем користуються ДР, як розгалуженою моделлю системи. Що ж стосується ГБД, то застосування ДР цілком виправдане, оскільки великі обсяги графічної

інформації та розпаралелювання розрахунків, що пов'язані із рендерингом раціонально проводити на декількох вузлах накопичування чи обчислення.

В ході проектування моделі розгортання ГБД САПР BRL-CAD було сформовано ДР, яка відображає майбутнє фізичне розміщення ГБД на розподілених системних вузлах, накопичувачах та у спеціалізованих БД.

ВИСНОВКИ. Подана стаття є завершальною частиною тематики, розпочатої у [1], тому висновки носять характер окремих та загальних.

Відмінною складовою завдань комп'ютерної графіки є обробка ГБД, які, по суті являють собою «звичайні» БД, але в основу яких закладено математичні алгоритми відновлення зображення за сформованими статистичними координаційними даними. Такі можливості є далеко не у кожній САПР, але сучасні тенденції вимагають цього. Велика кількість програмних продуктів розроблюється з широким спектром моделюючих характеристик, BRL-CAD – це одна з таких САПР.

У структурі статті було розглянуто проблему визначення та класифікацію БД, також було спроектовано структурну діаграмну частину, що всебічно характеризує процес реінжинірингу ГБД для САПР BRL-CAD.

Під час виконаного дослідження було побудовано проектний каркас (системну архітектуру), на основі якого виконано моделювання реінжинірингу ГБД.

Результатом моделювання стало створення структурних діаграм, а саме: об'єктів, класів, компонентів та розгортання. При формуванні проектної архітектури було використано розширену нотацію UML 2.5 та CASE-інструментарій Enterprise Architect 14.0.

На підставі моделювання структурної частини складатимуться майбутні технологічні засади створення ГБД, як композиційного компоненту для подальшого підключення до відкритої САПР BRL-CAD.

Перспективи дослідження полягають у реінжинірингу: інструментальної групи роботи з утилітами BRL-CAD, графічних бібліотек САПР, системи використання команд та можливостей, домовленостей про іменування файлів та геометрії. Також потребують удосконалення: процеси створення простих тіл, логічні операції, операції із комбінованими тілами, організація рендерингу та трасування променів.

Автори хочуть виразити велику подяку корпорації BRL-CAD за можливість відкритого користування і тестування вихідних файлів, збірок та систем, а також за підтримку крос-платформної методології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Великодний С. С., Бурлаченко Ж. В., Зайцева-Великодна С. С. Реінжиніринг графічних баз даних у середовищі відкритої системи автоматизованого проектування BRL-CAD. Моделювання поведінкової частини. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. Вип. 2 (114) С. 117–126.

2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. Изд. 8-е. Москва: Вильямс, 2005. 1328 с.

3. Haigh T. How Data Got its Base: Information Storage Software in the 1950s and 1960s. *IEEE Annals*

of the History of Computing, 2010. Vol. 31. Iss. 4. P. 6–25. DOI: 10.1109/МАНС.2009.123.

4. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. Москва: Вильямс, 2003. 1088 с.

5. С. J. Date. Date on Database: Writings 2000–2006. New York City: Apress, 2006. 566 p.

6. Когаловский М. Р. Перспективные технологии информационных систем. Москва: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. 288 с.

7. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных. Москва: Финансы и статистика, 2012. 460 с.

8. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е изд. М.: Вильямс, 2003. 1436 с.

9. Мирошниченко Е. А. К формальному определению понятия «база данных». *Проблемы информатики*. 2011. № 2. С. 83–87.

10. Невлюдов И. Ш., Великодний С. С., Омаров М. А. Использование CAD/CAM/CAE/CAPP при формировании управляющих программ для станков с ЧПУ. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. Т. 2. Вып. 2 (44). С. 37–44.

11. Вамболь В. В. Идентификация источников формирования экологической опасности в местах несанкционированного скопления отходов. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 1 (96) С. 122–128.

GRAPHIC DATABASES REENGINEERING IN BRL-CAD OPEN SOURCE COMPUTER-AIDED DESIGN ENVIRONMENT. MODELING OF THE STRUCTURAL PART

S. Velykodniy, Zh. Burlachenko, S. Zaitseva-Velykodna

Odessa State Environmental University

vul. Lvivska, 15, ap. 330 (1), Odessa, 65016, Ukraine. E-mail: velykodniy@gmail.com

Purpose. To implement creation, connection, and reengineering (evolutional improvement) of graphical databases (GDB) as a compositional component of BRL-CAD open source computer-aided design (CAD). **Methodology.** In the article, a project framework (system architecture) has been constructed, on the basis of which a structural diagrammatic modeling has been performed which comprehensively characterizes the process of GDB reengineering for BRL-CAD. In the design architecture, the extended UML 2.5 notation and the Enterprise Architect 14.0 CASE toolkit have been used. **Results.** As a result of the research, it has been discovered that the high speed of rendering offers broad possibilities for the use of CAD-BRL in a variety of fields: military, industrial or educational applications. The creation of structural diagrams, namely: objects, classes, components and deployment, has been the result of the simulation. **Originality.** Researches are performed, as today there is a special interest to the tasks of computer graphics, as well as in connection with the intensive development and implementation of CAD in various fields of production and training. BRL-CAD CAD is constantly developing, new opportunities are emerging, but now the linguistic support of the GDB ("C" language) in the CAD environment requires BRL-CAD to be transferred (reengineered) into high-level languages ("C++" or "C #"). For clarity of analysts' and system architects' perception, the article presents the reengineering of GDB in the BRL-CAD open source CAD system using structural chart models. **Practical value.** High rendering speed provides broad prospects for the use of BRL-CAD CAD systems in various fields: military, industrial or training applications, such as engineering and analysis systems in mechanical engineering, mechanical engineering assemblies, architectural structures, molecular structure, etc. **Conclusions.** The data obtained in this paper is important because future technological principles for creating, refining and updating the GDB as a compositional component for further connection to the open BRL-CAD CAD will be based on modeling of the structural part (diagrams: objects, classes, components and deployment). References 11, tables 6, figures 5.

Key words: reengineering, graphics, base, data, modeling, diagram, structure, entity.

REFERENCES

1. Velykodniy, S. S., Burlachenko, Zh. V., Zaitseva-Velykodna, S. S. (2019), "Reinzhyrnyng grafichnyh baz danyh u seredovyshhi vidkrytoi' systemy avtomatyzovanogo proektuvannja BRL-CAD. Modeljuvannja povedinkovoi' chastyny" [Graphic databases reengineering in BRL-CAD open source computer-aided design environment. Modeling of the behavior part], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 2 (in press).
2. Date, C. J. (2005), *Vvedenie v systemy baz danykh* [An Introduction to Database Systems], Izd. 8-e, Vil'yams, Moscow, 1328 p.
3. Haigh, T. (2010) "How Data Got its Base: Information Storage Software in the 1950s and 1960s", *IEEE Annals of the History of Computing*, Vol. 31, Iss. 4, pp. 6–25. DOI: 10.1109/MAHC.2009.123.
4. Garcia-Molina, H., Ullman, J. D., Widom, J. (2003), *Sistemy baz danykh. Polnyy kurs* [Database Systems: The Complete Book], Vil'yams, Moscow, 1189 p.
5. Date, C. J. (2006), *Date on Database: Writings 2000–2006*, Apress, New York City, 566 p.
6. Kogalovskiy, M. R. (2003), *Perspektivnye tekhnologii informatsionnykh system* [Perspective Information Systems Technologies], DMK Press; Kompaniya IT, Moscow, 288 p.
7. Kogalovskiy, M. R. (2012), *Entsiklopediya tekhnologiy baz danykh* [Database Technology Encyclopedia], Finansy i statistika, Moscow, 460 p.
8. Konnolli, T., Begg, K. (2003), *Bazy danykh. Proektirovanie, realizatsiya i soprovozhdenie. Teoriya i praktika* [Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management], Izd. 3-e, Vil'yams, Moscow, 1436 p.
9. Miroshnichenko, E. A. (2011), "K formal'nomu opredeleniyu ponyatiya «baza danykh»" [To the formal definition of the concept of "database"], *Informatics problems*, no 2, pp. 83–87.
10. Nevlyudov, I. Sh., Velykodniy, S. S., Omarov, M. A. (2010), "Ispol'zovanie CAD / CAM / CAE / CAPP pri formirovanii upravlyayushchikh programm dlya stankov s ChPU" [Using CAD / CAM / CAE / CAPP when forming control programs for CNC machines], *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, Iss. 2 (44), pp. 37–44.
11. Vambol, V. V. (2016) "Identifikatsiya istochnikov formirovaniya ekologicheskoy opasnosti v mestakh nesanktsionirovannogo skopleniya otkhodov" [Identification of sources of formation of the environmental hazards in an unauthorized amounts of wastes], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 1, pp. 122–128.

Стаття надійшла 03.05.2019.