

**Bondarenko Viktor** – master, Odessa National Polytechnic University, Senior Lecturer of Department of electric power and energy management; Shevchenko 1, Odessa, Ukraine, 65044; tel.: 097-744-89-80; e-mail: [snow\\_dog@ukr.net](mailto:snow_dog@ukr.net).

**Абу Шена Осам Мохаммед Али** – магістр, Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування; просп. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044; тел.: 093-910-88-11; e-mail: [klombalibya@hotmail.fr](mailto:klombalibya@hotmail.fr).

**Абу Шена Осам Мохаммед Али** – магістр, Одесский национальный политехнический университет, аспирант кафедры нефтегазового и химического машиностроения; пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044; тел.: 093-910-88-11; e-mail: [klombalibya@hotmail.fr](mailto:klombalibya@hotmail.fr).

**Abu Shena Osama** – master, Odessa National Polytechnic University, graduate student of Department of Oilgas and chemical mechanical engineering; Shevchenko 1, Odessa, Ukraine, 65044; tel.: 093-910-88-11; e-mail: [klombalibya@hotmail.fr](mailto:klombalibya@hotmail.fr).

**Красножон Олександр Миколайович** – магістр, Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування; просп. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044; тел.: 067-488-18-71; e-mail: [krasnozhonan@gmail.com](mailto:krasnozhonan@gmail.com).

**Красножон Александр Николаевич** – магістр, Одесский национальный политехнический университет, аспирант кафедры нефтегазового и химического машиностроения; пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044; тел.: 067-488-18-71; e-mail: [krasnozhonan@gmail.com](mailto:krasnozhonan@gmail.com).

**Krasnozhon Oleksandr** – master, Odessa National Polytechnic University, graduate student of Department of Oilgas and chemical mechanical engineering; Shevchenko 1, Odessa, Ukraine, 65044; tel.: 067-488-18-71; e-mail: [krasnozhonan@gmail.com](mailto:krasnozhonan@gmail.com).

**Становський Андрій Олександрович** – магістр, Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри комп'ютерних інтелектуальних систем та мереж, просп. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044; тел. 093-374-54-87, e-mail [redline@normaplus.ua](mailto:redline@normaplus.ua)

**Становский Андрей Александрович** – магістр, Одесский национальный политехнический университет, аспирант кафедры интеллектуальных систем и сетей; пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044; тел.: 093-374-54-87; e-mail: [redline@normaplus.ua](mailto:redline@normaplus.ua).

**Stanovskyi Andriy** – master, Odessa National Polytechnic University, graduate student of Department of Computer intellectual systems and networks; Shevchenko 1, Odessa, Ukraine, 65044; tel.: 093-374-54-87; e-mail: [redline@normaplus.ua](mailto:redline@normaplus.ua).

УДК 004.94:377

**І. В. ХОМЕНКО**

## ГЕОМЕТРИЧНІ ТА ГРАФІЧНІ КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Проаналізовано сучасні проблеми графічної підготовки, зокрема виділено характерні риси сучасної графічної підготовки. Розглянуто геометричні та графічні комп'ютерні моделі, які використовуються у комп'ютерно-інтегрованому проектуванні та дизайні. Оцінені можливості автоматизації побудов тривимірних моделей та геометричних операцій, методи та засоби геометричних побудов. Визначено важливість параметризації геометричних моделей, як такої, що забезпечує варіантність моделей. Результати досліджень можуть бути використані при створенні систем автоматизованого навчання проектуванню та дизайну, зокрема створенню баз геометричних моделей для практичних занять.

**Ключові слова:** автоматизоване навчання проектуванню, навчальний процес, інженерний дизайн, геометричні та графічні моделі.

**Вступ.** Сучасне виробництво потребує висококваліфікованих інженерів та конструкторів, внаслідок чого постійно зростають вимоги до випускників ВНЗ. Про необхідність постійного підвищення професійного та загальнокультурного рівня випускників наголошується у Законах України «Про освіту», «Про вищу освіту», Національній доктрині розвитку освіти України та ін. Головними напрямками реорганізації освіти визначені: підвищення якості підготовки фахівця; оновлення змісту освіти, форм організації навчального процесу; інтеграція вітчизняної освіти до європейського та світового освітніх просторів [1].

Сучасна система вищої освіти повинна, зокрема, забезпечити підготовку фахівця інженерного профілю із відповідним рівнем професійної компетентності, розвитком творчих здібностей. Професійна компетентність інженера у значній мірі визначається знанням, вмінням та навичками, які формуються під час ви-

чення дисциплін із використанням комп'ютерних графічних пакетів. Проблеми підготовки майбутніх інженерів в області комп'ютерного моделювання також актуалізуються у зв'язку із розгортанням ефективних інтелектуальних комунікацій у світовій спільноті, адже графічні зображення є універсальним засобом передачі та об'єктивізації знання, не обмеженим мовним бар'єром.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Графічна підготовка є одним із головних чинників, що формує професіоналізм фахівця – інженера, конструктора, технолога. Тому, для вдосконалення професійної підготовки фахівців, необхідно, з одного боку, проаналізувати існуючий стан графічної підготовки у технічних навчальних закладах, виявити причини недоліків, з іншого – визначити та застосувати ефективні шляхи їх усунення [2].

До організаційних форм навчання, які одночасно

© І. В. Хоменко. 2015

є способами безперервного управління пізнавальною діяльністю студентів, відносять: лекції, лабораторні роботи, практикуми, самостійну роботу та інші види занять. Серед перерахованих форм роботи у ВНЗ найважливіша роль відводиться лекції, яка вважається найскладнішим видом роботи і тому доручається більш кваліфікованим і досвідченим викладачам, як правило професорам і доцентам. В рамках модульно-рейтингових технологій практичні заняття відіграють подвійну роль. З одного боку вони сприяють поглибленню та формуванню необхідних навичок – фактичного застосування отриманих теоретичних знань. З іншого – реалізують поточний контроль цих навичок та якості засвоєння студентами лекційного та практичного матеріалу, визначеного планом навчального процесу як до аудиторного, так і до самостійного вивчення. Не дивлячись на важливість практичних занять, вони доручаються менш кваліфікованим викладачам, в результаті чого, в першу чергу, страждає контролююча складова, а подекуди, й неправильно формуються навички студентів.

Сучасну графічну підготовку у вищих навчальних закладах України можна охарактеризувати наступними рисами [3]:

- низький рівень підготовки випускників інженерних спеціальностей із технічного креслення та інженерної графіки;
- недостатній рівень володіння інструментами автоматизації проектування – пакетами CAD/CAM/CAE;
- відсутність практичних навичок із створення інженерної документації;
- зменшення аудиторного навантаження під час вивчення фундаментальних інженерних дисциплін;
- домінування теоретичного матеріалу у навчальних курсах вищої школи, що неприпустимо для інженерно-конструкторських спеціальностей;
- відсутня сконцентрованість на об'єктах вивчення під час виконання практичних завдань;
- недостатній контроль процесу виконання графічних завдань.

**Ціль та задачі дослідження.** Ситуацію, яка склалася можна покращити завдяки впровадженню до навчального процесу нових систем автоматизованого навчання. Традиційні системи автоматизованого навчання у більшості випадків реалізують звичайну схему «Представлення навчального матеріалу – Контрольне питання – Співставлення із зразком». Такий стан негативно впливає на використання комп'ютерних систем під час навчального процесу. Рівень цих систем неможливо порівняти із рівнем проблемного експерта: предметні знання представлені пасивно та дуже спрощено [4]. Слід зазначити, що в інтелектуальних системах навчання участь людини виключається на етапі власне навчання, однак створення баз знань залишається функцією експерта або викладача.

**Графічні та геометричні комп'ютерні моделі.** Графічні зображення та кресленики є невід'ємною частиною будь-яких інженерних проєктів, тому комп'ютерна графіка та геометричне моделювання справедливо вважаються одними із універсальних методів технічної творчості.

Геометричне моделювання як наука вивчає методи побудови математичних моделей, які описують геометричні властивості предметів навколишнього світу. Воно базується на аналітичній та диференціальній геометрії, обчислювальній математиці, варіаційному обчисленні, топології та розробляє свої власні методи моделювання [5].

Геометричні моделі (ГМ), у яких міститься інформація про структуру, форму та розміри виробів, безперечно є найважливішими для обробної промисловості. Графіка завжди вважалась «мовою» техніки, а розроблення структури та геометричних параметрів виробів була та буде основною задачею конструкторського проєктування. Без попереднього створення ГМ неможливо виконати розрахунки та інженерний аналіз виробу, розробити технологічний процес формотворення, отримати програму для верстату ЧПУ. ГМ необхідні практично на всіх етапах технічної підготовки виробництва і тому вони знайшли найширше застосування в комплексі із іншими видами моделювання у сучасних машинобудівних системах автоматизованого проєктування та технологічної підготовки [6-8].

Комп'ютерне геометричне моделювання нерозривно пов'язане із комп'ютерною (машинною) графікою. Наприклад, існує цілий клас інваріантного програмного забезпечення САПР, яке прийнято називати «Системи (підсистеми) комп'ютерної машинної графіки та геометричного моделювання» – СГМ [9].

До **комп'ютерного геометричного моделювання** прийнято відносити методи та алгоритми внутрішнього представлення та перетворення ГМ (побудови, редагування та параметризації) на ЕОМ. **Комп'ютерна графіка** займається питаннями отримання зображень ГМ за допомогою технічних засобів введення-виведення графічної інформації.

З точки зору комплексного **навчання комп'ютерним технологіям** у машинобудуванні, геометричне моделювання однаково успішно можна використовувати як в курсі комп'ютерної графіки [10, 11], так і в дисциплінах, присвячених автоматизації проєктування [9, 12].

У навчальних закладах для практичної підтримки засвоєння комп'ютерної графіки часто використовують найпростішу «креслярську» комп'ютерну програму або окремі компоненти легких САПР, у яких переважно реалізується двовимірне проєктування. На старших курсах вивчаються середні та важкі промислові системи, засновані на використанні тривимірного геометричного моделювання.

Комп'ютерна графічна модель являє собою образ (зображення) матеріального об'єкту або математичної моделі, сформований за допомогою комп'ютера та призначений для сприйняття людиною. Таким чином, до галузі дії комп'ютерної графіки відносяться візуальні зображення, отримані за допомогою комп'ютера, на екрані монітора або твердому носії. Це, перед усім, векторні та растрові рисунки, схеми, ескізи, кресленики і т. п.

**Комп'ютерні геометричні моделі** існують у внутрішньому, алгоритмічному представлення, пристосованому для оброблення на ЕОМ. Наявність точних параметрів всіх елементів та алгоритмів їх побудови, які входять до складу ГМ, дозволяють викону-

вати будь-які допустимі перетворення без ушкодження якості моделі, чого неможливо досягти при роботі із образотворчою графікою.

У комп'ютерних системах, призначених для геометричного моделювання, форму виробу із тією чи іншою точністю апроксимують певним кінцевим набором простих геометричних елементів (об'єктів), які називають примітивами: точки, лінії, поверхні, тіла і т. п. Для обмеженого набору примітивів, які мають однозначний математичний опис, розробляються бібліотеки комп'ютерних програм, які складають геометричне ядро автоматизованої системи. Із цих типових примітивів за допомогою різних операцій формується внутрішнє представлення унікальної ГМ будь-якої складності.

Комп'ютерні геометричні моделі, які використовуються у сучасних машинобудівних САПР, прийнято розділяти на дві великі групи: 2D-моделі та 3D-моделі (від англ. Dimension – вимір). Це плоскі (двовимірні) та об'ємні (тривимірні) геометричні моделі.

**Плоскі комп'ютерні геометричні моделі (2D-моделі)** повною мірою використовуються у підсистемах САПР, призначених для розроблення конструкторської документації. Точна ГМ, яка лежить в основі правильного креслення, може бути використана для вимірювань та розрахунків на самому кресленнику. Вона може бути включена в інші технічні моделі (застосування у методі кінцевих елементів) або застосована у технологічному моделюванні (контур для оброблення на верстаті із ЧПУ).

**Об'ємні (тривимірні) геометричні моделі (3D-моделі)** на даний час є безперечними лідерами розвитку комп'ютерного моделювання у техніці. На даний час існують прибічники того, що при повному впровадженні об'ємного моделювання у машинобудуванні можна буде зовсім відмовитись від традиційних кресленників.

Об'ємне геометричне комп'ютерне моделювання вважається однією із найуніверсальніших комп'ютерних технологій, які використовуються в автоматизованих системах промислового призначення. Геометрична та топологічна інформація про виріб, найбільш повно представлена у тривимірній моделі, застосовується на різних етапах життєвого циклу, входить цілком або частково у інші моделі, необхідні для роботи локальних програм та автоматизованих систем.

Можна виділити дві основні інженерні задачі, пов'язані із комп'ютерним моделюванням тривимірних тіл у машинобудуванні: побудова комп'ютерної моделі уже існуючого виробу або його матеріальної моделі; синтез форми ще не існуючого виробу, який проєктується.

При розв'язанні першої задачі використовуються технології «зворотного інжинірингу». При розв'язанні задач синтезу ГМ застосовується універсальне програмне забезпечення підсистем геометричного моделювання, які входять до складу всіх без виключення машинобудівних САПР.

На даний час у САПР використовуються три типи ГМ:

– каркасна 3D-модель (wire frame model). В даному випадку модель описується набором вершин (точок) та ребер (відрізків);

– поверхнева 3D-модель (surface model). Об'ємне тіло описується набором обмежуючих його поверхонь. Точки та лінії при цьому використовуються для допоміжних побудов та утворюються у вигляді вершин та ребер у результаті перетину поверхонь;

– твердотільна 3D-модель (solid model). Суцільне об'ємне тіло складної форми, яке формується із множини простих об'ємних елементів за допомогою операцій об'єднання, перетину, віднімання та перетворення (в геометричному моделюванні ці операції прийнято називати булевими [13]).

Сучасні автоматизовані системи промислового призначення, як правило, спроможні оперувати усіма видами ГМ і навіть створювати комбіновані моделі, які містять у собі різні типи елементів.

При геометричному моделюванні виробів машинобудування застосовується обмежена кількість базових елементів, які називають об'єктами або примітивами: двовимірні об'єкти (точки, прямі, відрізки прямих, кола та їх дуги, різні плоскі криві та контури); поверхні (площини, поверхні, представлені сімейством твірних, поверхні руху, криволінійні поверхні); об'ємні примітиви (паралелепіеди, призми, піраміди, конуси, довільні багатокутники).

**Геометричне моделювання об'ємних тіл.** Точки, лінії та поверхні є математичними абстракціями, оскільки один із розмірів у них завжди рівний нулю. Реальні об'єкти завжди мають визначений об'єм, обмежений зовнішньою поверхнею тіла. Таке представлення дозволяє визначати об'єм виробу, його масу, моменти інерції, центр ваги і т. п. Ці параметри зазвичай є критеріями оптимальності при оцінці ефективності конструкції виробу та необхідні для інженерних розрахунків та проєктування технології.

Геометричні об'єкти, у яких усі розміри ненульові, прийнято називати твердотільними, а моделювання таких тіл називається твердотільним.

Існує декілька підходів до твердотільного моделювання.

**Конструктивна твердотільна геометрія** (Constructive Solid Geometry – використання базових елементів форми) оперує найпростішими примітивами, до яких відносять прямокутну та трикутну призми, сферу, циліндр, конус і тор.

Для опису об'ємних примітивів використовують аналітичні поверхні. Якщо замкнути площинами відкриті торці, то аналітичні поверхні легко розділять простір на дві частини – вільну зовнішню та замкнену внутрішню. Залишається лише вказати з якої сторони поверхні знаходиться об'єм тіла. Наприклад, якщо замкнута поверхня вирізає порожнину всередині іншого твердого тіла, то об'єм буде знаходитись ззовні.

Над цими примітивами та отриманими із них тілами можна виконувати математично добре відпрацьовані операції та автоматично отримувати лінії їх перетину в аналітичній формі. Конструктивна твердотільна геометрія дозволяє успішно моделювати більшість промислових деталей. Цей підхід гарантує побудову правильних твердих тіл та вирішує 60-70% по-

треб моделювання, але решта завдань потребує використання поверхонь.

**Представлення за допомогою границь** (Bounded representation або B-rep). Математично являє собою найбільш загальний підхід до опису об'ємних тіл та полягає у представленні тіла сукупністю обмежувачів його об'єм довірливих поверхонь. Границі об'єкта (вершини, ребра, грані, оболонки) зберігаються у пам'яті комп'ютера у параметризованому вигляді і точно з'єднуються між собою. Однак, щоб в результаті від довірливих поверхонь перейти до об'єму, уже значно складніше розрізнити зовнішню та внутрішню сторони всіх можливих їх поєднань, тобто системи твердотілого моделювання повинні зберігати не лише поверхні, які обмежують тверде тіло, але і всі зв'язки між ними, контролювати замкнутість та відсутність щілин та стику та швах. У B-гер-моделях точність поєднання поверхонь складає серйозну проблему. Такі операції називають зшиванням поверхонь. Безперечною перевагою моделювання тіл за допомогою границь є те, що воно дозволяє моделювати об'єкти довірливої форми та складності. Поверхні можуть бути інтегровані до твердотілих моделей різними способами. Деякі програми мають можливості автоматичного зшивання поверхонь у тверде тіло. Але щоб таке зшивання було здійснене, необхідно, щоб поверхні із певною точністю обмежували замкнутий об'єм. Виконати цю умову часто буває досить складно, але вона є необхідною для продовження процесу моделювання. У ряді випадків це не виходить автоматично і тоді доводиться вручну визначити проблемні ділянки та накладати «латки». Другий підхід – вважати поверхні твердими тілами малої товщини. При твердотілих операціях такі тіла прорізають щілини та цілісність об'єму порушується.

**Позиційний підхід** до опису об'ємних тіл – робочий простір розбивається на елементарні об'єми (комірки) та деталь задають вказуванням заповнених та пустих комірок, тобто геометрично описується найпростіший об'ємний елемент, наприклад куб, задаються координати базових точок усіх елементів та топологічна інформація про їх поєднання.

Представлення оболонок та просторових тіл у вигляді каркасної сітки успішно використовується у методі кінцевих елементів. Однак у цьому методі, як правило, геометрична модель спочатку експортується із СГМ, і лише потім розділяється на елементи.

**Воксельне представлення** (від англ. voxel – volume pixel) об'ємного тіла є об'ємним аналогом растрового представлення плоских фігур. Розділення на елементарні об'єми (воксели) здійснюється сіткою площин, розташованих на рівній відстані одна від одної перпендикулярно кожній із координатних осей. Тіло представляється у вигляді булевого тривимірного масиву вокселів.

Воксельне представлення дозволяє описати об'ємне тіло із будь-яким ступенем похибки залежно від кількості використаних комірок. Очевидно, що коли кількість вокселів прямує до нескінченності, модель стає точною, але її розмірність також нескінченно зростає. Але темпи розвитку обчислювальних можливостей комп'ютерної техніки дозволяють вважати цей ал-

горитмічно простий та інтуїтивно зрозумілий метод геометричного моделювання досить перспективним.

Усі перераховані підходи до моделювання тіл використовують не лише опис тіл та поверхонь, але й топологічну інформацію. **Топологія** (topology) визначає структуру та зв'язки елементів моделі. Наприклад, представлення тіл за допомогою границь оперує такими топологічними поняттями, як вершина, ребро, грань та оболонка. Оболонки складаються із набору граней. Оболонка відрізняється від поверхні тим, що окрім поверхні несе інформацію про зв'язки із сусідніми гранями та про орієнтацію відносно до внутрішнього об'єму тіла. З математичної точки зору одна зовнішня та множина із декількох внутрішніх оболонок однозначно описують тверде тіло. Але для редагування об'ємного тіла ще необхідна інформація про послідовність його побудови.

Таким чином, комп'ютерна ГМ твердого тіла, придатна для використання у промислових автоматизованих системах, повинна включати: дані про об'єкти, які входять до складу тіла; топологічну інформацію про способи з'єднання об'єктів; інформацію про послідовність побудови моделі.

**Управління геометричними моделями.** В універсальних САД-системах тривимірна модель формується та управляється користувачем **за допомогою дерева побудов** (дерево конструювання – feature manager, дерево моделі – Model tree, навігатор моделі – Model Navigator).

Дерево побудов можна вважати графоаналітичною моделлю побудови геометричної моделі – наочне зображення алгоритму отримання моделі. У дереві побудов представлено уся послідовність об'єктів та операцій, за допомогою яких утворюється модельоване тіло. Дерево побудов та графічна область екрану динамічно пов'язані. У режимі діалогу користувач може отримати доступ та модифікувати об'єкти, операції та утворюючі ескіз лінії та контури.

Останнім часом спеціалістами активно обговорюються можливості створення об'ємних геометричних моделей **без збереження історії побудов** за рахунок розширення можливостей варіаційної параметризації [14]. Відмовитись від дерева побудови дозволяє використання так званих конструктивних елементів (future-based design), застосування досягнень штучного інтелекту та об'єктно-орієнтованого програмування.

**Висновки.** Ідея проектування, заснованого на використанні стандартних конструктивних елементів, не нова [15, 16]. Але її програмна реалізація досить складна та потребує об'єднання досягнень теорії та практики багатьох напрямів розвитку комп'ютерних наук. Таким чином, синхронне геометричне моделювання можна класифікувати як нову ІТ, засновану на комплексному застосуванні методів граничного представлення об'ємних тіл, варіаційної параметризації, штучного інтелекту та об'єктно-орієнтованого програмування, призначеного для підвищення рівня автоматизації 3D-геометричного моделювання у промислових автоматизованих системах.

**Список літератури:** 1. Проект Національної стратегії розвитку освіти в Україні на 2012-2021 роки – [Електронний ресурс]. – Ре-

жим доступу: [www.iitzo.gov.ua/files/proekt\\_rozvitku\\_osviti\\_2012\\_2021\\_doc](http://www.iitzo.gov.ua/files/proekt_rozvitku_osviti_2012_2021_doc) 2. Теорія і методика графічної підготовки студентів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів: автореф. дис. д-ра пед. наук [Текст] / *О. М. Дзеджула*; Терноп. нац. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. – Тернопіль, 2007. – 42 с. 3. *Черніков О. В.* Концепція викладання дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» в умовах поглиблення фізико-математичної підготовки [Текст] / *О. В. Черніков* // (Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Севастополь, 7-11 лютого 2011 р.) – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 7-8. 4. *Журавлева Т. Э.* Гибридный инструментальный интеллектуальных систем на основе расширенного логического программирования. Дисс канд. физ.-мат. наук. [Текст] -Москва: МАИ, 1993. 5. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. образования [Текст] / *Н. Н. Голованов*. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с. 6. *Алямовский А. А.* Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / *А. А. Алямовский и др.* BHV-Петербург, 2008. – 1040 с. 7. *Краснов М. В.* UNIGRAPHICS для профессионалов [Текст] / *М. В. Краснов, Ю. В. Чигищев*. – Москва. Лори, 2004. – 319 с. 8. *Степанов А.* Pro/ENGINEER: специальный справочник [Текст] / *А. Степанов*. – СПб.: Питер, 2001. – 624 с. 9. *Норенков И. П.* Основы автоматизированного проектирования [Текст] / *И. П. Норенков*. – Москва. осква: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с. 10. *Потемкин А.* Инженерная графика [Текст] / *А. Потемкин*. – Москва.: Лори, 2002. – 446 с. 11. *Роджерс Д.* Алгоритмические основы машинной графики / [Текст] / *Д. Роджерс* – Москва: Мир, 1989. – 512 с. 12. *Ли К.* Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст] / *К. Ли*. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с. 13. Компьютерная геометрия : учеб. пособие для студ. вузов [Текст] / *Н. Н. Голованов [и др.]*. – Москва. : Издательский центр «Академия», 2006. – 512 с. 14. LEDAS Ltd :: intelligent solutions provider [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ledas.com> 15. PTC Creo-Design Solutions | PTC [Електронний ресурс] // Режим

доступу: <http://www.ptc.com/product/creo> 16. Программное обеспечение 3D САПР CATIA (Dassault Systemes) [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.3ds.com/ru/products-services/catia/welcome/>

**Bibliography (transliterated):** 1. Proekt Nacionalnoї strategii rozvitku osviti v Ukraini na 2012-2021 roki – [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: [www.iitzo.gov.ua/files/proekt\\_rozvitku\\_osviti\\_2012\\_2021\\_..doc](http://www.iitzo.gov.ua/files/proekt_rozvitku_osviti_2012_2021_doc) 2. *Dzhezdzula, O. M.* (2007). Teoriya i metodika grafichnoї pidgotovki studentiv inzhenernix specialnostej vishnix navchalnix zakladiv: avtoref. dis. d-ra ped. nauk; Ternop. nac. ped. un-t im. V. Gnatyuka. Ternopil, 42. 3. *Chernikov, O. V.* (2011). Konceptiya vkladannya disciplini «Narisna geometriya, inzhenerna ta komp'yuterna grafika» v umovax pogliblennya fiziko-matematichnoї pidgotovki. Materiali Vseukraїnskoї naukovo-metodichnoї konferencii, m. Sevastopol, 7–11 lyutogo 2011 r. Sevastopol: SevNTU, 7–8. 4. *Zhuravleva, T. E.* (1993). Gibridnyj instrumentarij intelektualnyx sistem na osnove rasshirenogo logicheskogo programmirovaniya. Diss kand. fiz.-mat. nauk. Moscow: MAI. 5. *Golovanov, N. N.* (2011). Geometricheskoe modelirovanie: uchebnik dlya uchrezhdenij vyssh. prof. Obrazovaniya. Moscow: Izdatelskij centr «Akademija», 272. 6. *Alyamovskij, A. A. i dr.* (2008). Solid Works. Kompyuternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike. BHV-Peterburg, 1040. 7. *Krasnov, M. V., Chigishhev, Yu. V.* (2004). UNIGRAPHICS dlya professionalov. Moscow. Lori, 319. 8. *Stepanov, A.* (2001). Pro/ENGINEER: specialnyj spravochnik. Saint-Peterburg: Piter, 624. 9. *Norenkov, I. P.* (2002). Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya. Moscow: Izd-vo MGTU im. Baumana, 336. 10. *Potemkin, A.* (2002). Inzhenernaya grafika. Moscow: Lori, 446. 11. *Rodzhers, D.* (1989). Algoritmicheskie osnovy mashinnoj grafiki. Moscow: Mir, 512. 12. *Li, K.* (2004). Osnovy SAPR (CAD/CAM/CAE). Saint-Peterburg: Piter, 560

Надійшла (received) 18.10.2015

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Хоменко Інна Володимирівна** – кандидат технічних наук, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, доцент кафедри нарисної геометрії та графіки; Першотравневий пр-т, 24, тел. 066-179-62-58; e-mail: [inna\\_pochta@mail.ru](mailto:inna_pochta@mail.ru)

**Хоменко Інна Володимирівна** – кандидат технических наук, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, доцент кафедры начертательной геометрии и графики; Первомайский пр-т, 24; тел. 066-179-62-58; e-mail: [inna\\_pochta@mail.ru](mailto:inna_pochta@mail.ru)

**Inna Khomenko** – PhD in Technical Science, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Associate Professor descriptive geometry and graphics department; Pershotravneviy, 24; tel. 066-179-62-58; e-mail: [inna\\_pochta@mail.ru](mailto:inna_pochta@mail.ru)