

УДК 681.5.015:658.786+514.18

## ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ХНАДУ

О.В. Черніков, проф., д.т.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Розглядаються питання підвищення якості інженерної освіти з використанням комп'ютерного проектування, зокрема при розробці та розрахунках найпоширеніших вузлів та деталей машинобудування, дизайну їх форми, під час розв'язання задач архітектурного проектування та дорожнього будівництва.

*Ключові слова:* геометричне моделювання, комп'ютерне моделювання, навчальний процес, CAD, CAE.

## ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ХНАДУ

А.В. Черников, проф., д.т.н.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы повышения качества инженерного образования с использованием компьютерного проектирования, в частности, при разработке и расчетах наиболее распространенных узлов и деталей машиностроения, дизайна их формы, при решении задач архитектурного проектирования и дорожного строительства.

*Ключевые слова:* геометрическое моделирование, компьютерное моделирование, учебный процесс, CAD, CAE.

## IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES OF COMPUTER DESIGN IN THE EDUCATIONAL PROCESS KhNAHU

A. Chernikov, Prof., D. Sc. (Eng.),  
Kharkiv National Automobile and Highway University

*Abstract.* The problems of improving the quality of engineering education by the use of computer-aided design, particularly in the design and calculations of the most common components and machine parts, shape's design, solving architectural problems and road construction were considered.

*Key words:* geometric modeling, computer simulation, educational process, CAD, CAE.

### Вступ

Проектування об'єктів машинобудування та інфраструктури вступило в новий етап розвитку, коли разом зі зростанням складності проектів є важливим скорочення термінів та підвищення якості розробок, значною мірою за рахунок автоматизації й комп'ютеризації інженерних робіт. Найбільшого поширення здобули інтерактивні системи, які дозволяють конструктору в ході одержання проект-

них рішень вести діалог з комп'ютером природною мовою комп'ютерної графіки, де застосовуються геометричні моделі об'єктів, процесів та явищ як найбільш наочні і зрозумілі інженеру.

Вони забезпечують впровадження математичних методів у проектування й технологічні процеси, займаючи все більш помітне місце серед ефективних інструментів інженерної діяльності.

## Аналіз публікацій

Як вже неодноразово підкреслювалося, сучасне виробництво потребує висококваліфікованих інженерів та конструкторів, постійно підвищує вимоги до випускників технічних спеціальностей ВНЗ, де необхідною умовою інженерної освіти є навчання фахівця всьому комплексу вмінь і навичок комп'ютерного проектування, практичного використання загальноvizначених пакетів інженерної комп'ютерної графіки. Якщо у попередні роки мова йшла тільки про створення тривимірних моделей деталей і вузлів з подальшим оформленням конструкторської документації, то зараз необхідне вміння створювати повний цифровий прототип майбутнього виробу із проведенням міцнісних і тех-нологічних розрахунків саме на стадії проектування [1–7].

### Мета і постановка завдання

Одним з комплексів програмного забезпечення для виконання проектів машинобудівних вузлів є Autodesk Inventor, що включає середовища двовимірного, тривимірного параметричного проектування та інженерного аналізу конструкції. Також застосовуються програми Autodesk Simulation Mechanical і Autodesk Simulation CFD для аналізу роботи виробу за його цифровим прототипом на основі кінцево-елементного аналізу конструкції (визначення навантажень і дослідження задач гідрогазодинаміки). Інноваційні технології – адаптивне проектування, висока продуктивність при проектуванні складань з кількох тисяч компонентів, технологічні завдання підготовки керуючих програм для верстатів із ЧПК,

проектування і побудова розгорток тонколистових виробів та колективні засоби розробки – сприяють швидкому та успішному розв'язанню конструкторських задач, оптимізації виробу з урахуванням граничних вимог, динамічних та кінематичних характеристик. На меті маємо познайомити викладачів графічних та спеціальних дисциплін з досвідом кафедри інженерної та комп'ютерної графіки ХНАДУ щодо використання нових можливостей комп'ютерного проектування в пакетах, запропонованих фірмою Autodesk, зокрема, AutoCAD, Civil 3D, Inventor, Revit, Fusion 360, Simulation Mechanical and CFD та ін.

### Особливості застосування пакетів комп'ютерного моделювання

Підвищити якість роботи в галузі машинобудування дозволяють, зокрема, спеціальні процедури проектування, що входять до пакета Autodesk Inventor. Це «майстри проектування» для розробки і розрахунку найпоширеніших елементів конструкцій: валів, кулачків, зубчастих передач, шліцьових з'єднань, пружин і рамних конструкцій. Доступ до них здійснюється під час роботи в середовищі «Збірка», вкладка стрічки «Проектування» (рис. 1). З можливостями використання бібліотеки стандартних деталей і моделювання болтового з'єднання студенти знайомляться під час виконання своєї першої моделі складання. Використання цієї процедури істотно підвищує ефективність роботи за рахунок скорочення часу на визначення стандартних параметрів і розміщення з відповідними складальними залежностями елементів з'єднання – болтів, шайб, гайок.

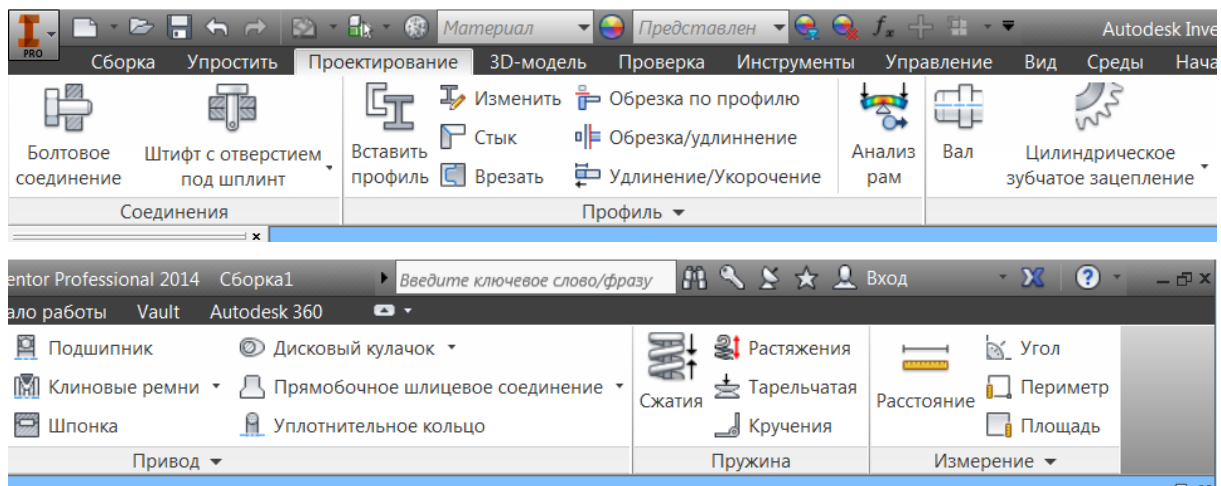


Рис. 1. Вкладка «Проектування»

Застосування процедури моделювання рамних конструкцій (генератора рам) дозволяє за розробленою каркасною конструкцією (яка може складатися з відрізків, дуг та кіл) створювати металоконструкції, оперативно редагувати форму та розміри використовуваного профілю (кутки, двотаври, круглі й квадратні труби та

ін.), створювати правильні стики елементів та зварні шви. Для змодельованої конструкції може бути виконаний розрахунок на міцність за допомогою модуля «Аналіз рам» (рис. 2). Якщо виникне потреба, розміри та профіль елементів можуть бути оперативно скоректовані.

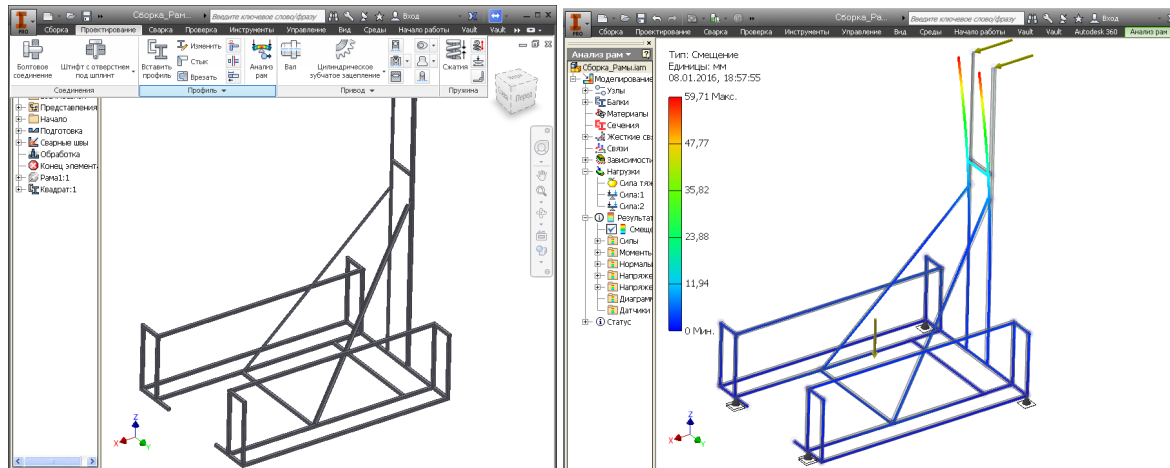


Рис. 2. Робота в середовищі «Генератор рам»

Є зручний модуль (рис. 3) для проектування деталей типу «Вал». Вал створюється зі щаблів різної форми (циліндр, конус, багатогранник) з усіма необхідними конструктивними елементами: шпонковими канавками, зовнішніми та внутрішніми нарізнями, проточками та канавками. Надалі до моделі можна додавати елементи зубчастих коліс та шліцьових з'єднань. Вкладка «Розрахунок» дозволяє перевірити міцність створюваної моделі при накладенні різних типів навантажень [8].

На рис. 4 наведено приклад роботи над моделлю та креслеником деталі з використанням описаного майстра проектування.

Ще один потужний інструмент – розробка моделі зубчастого зачеплення. Програма дозволяє розраховувати та створювати циліндричні, конічні (рис. 5), а також черв'ячні зачеплення. При цьому підключаються довідкові дані стандартів, такі як значення модулів, кутів нахилу зубців і т.п.

На жаль, модуль оформлення креслеників не включає всіх необхідних елементів, зокрема таблицю параметрів зубчастого колеса необхідно створювати та заповнювати вручну (хоча є можливість автоматизувати цей процес із використанням вбудованої мови програмування iLogic/VBA).

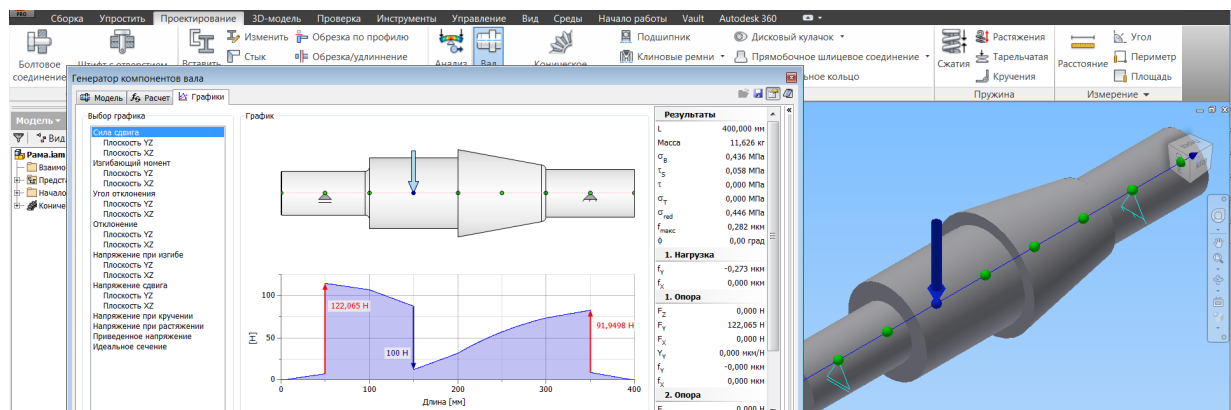


Рис. 3. Майстер проектування валів

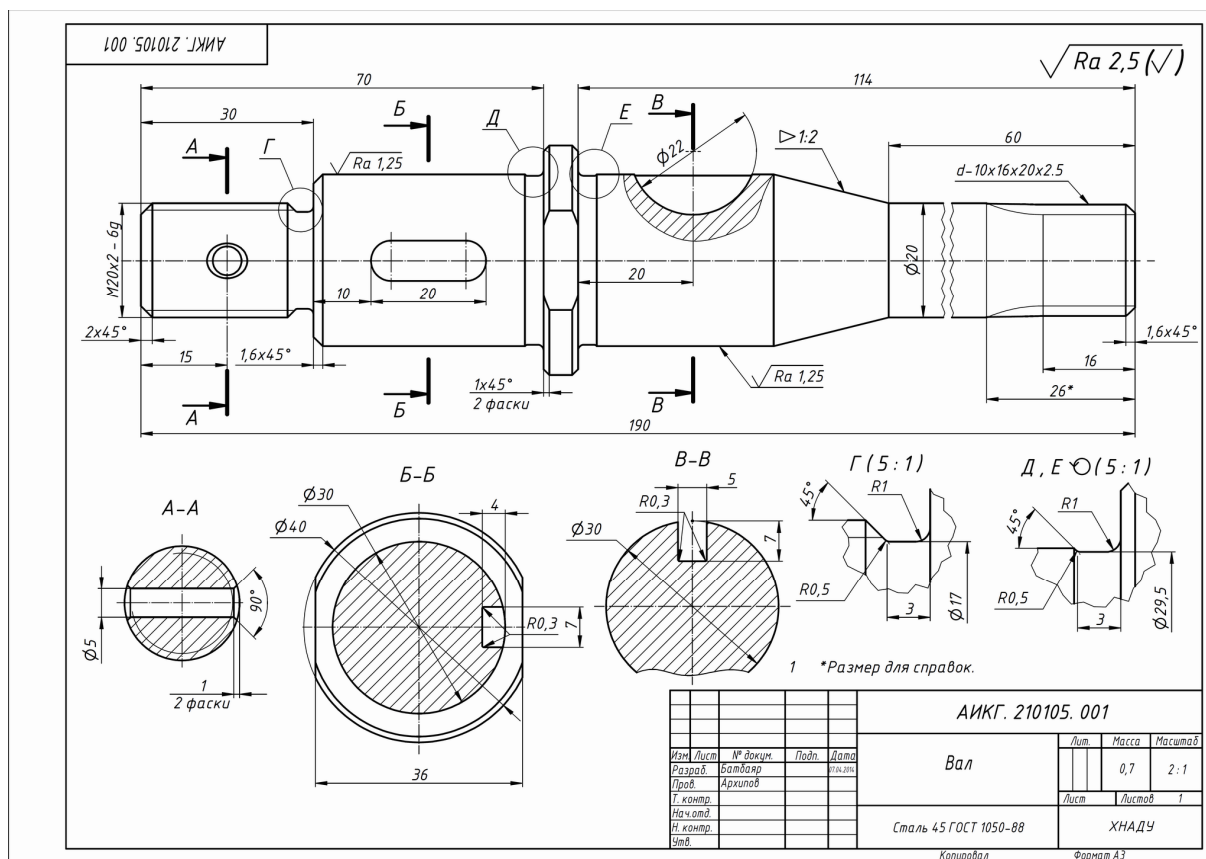


Рис. 4. Приклад виконання студентської роботи з використанням «Майстра проектування валів»

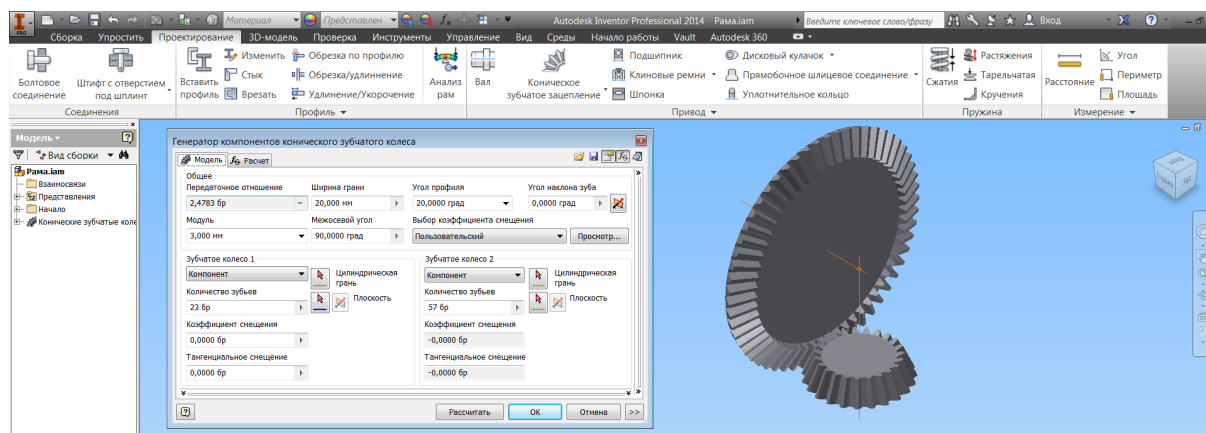


Рис. 5. Майстер проектування зубчатих коліс

Також можна використати майстер проектування різноманітних пружин (пружин стискання, розтягування, крутіння й тарілчастих), зокрема підбирати їх параметри залежно від режимів навантаження.

Окремим важливим компонентом є середовище моделювання роботи різних механізмів. Сумісно з кафедрою ТММ та деталей машин розроблено завдання з моделювання багатоланкових механізмів і дослідження їх властивостей (рис. 6).

Також студенти знайомляться з можливостями багатоваріантного проектування на базі створення параметричних рядів деталей і, можливо, параметричних вузлів.

Вказана процедура дозволяє створювати деталі за аналогією зі стандартними бібліотечними компонентами та надалі використовувати їх як, наприклад, деталі стандарту підприємства. У разі потреби є можливим створення табличних креслеників таких деталей.

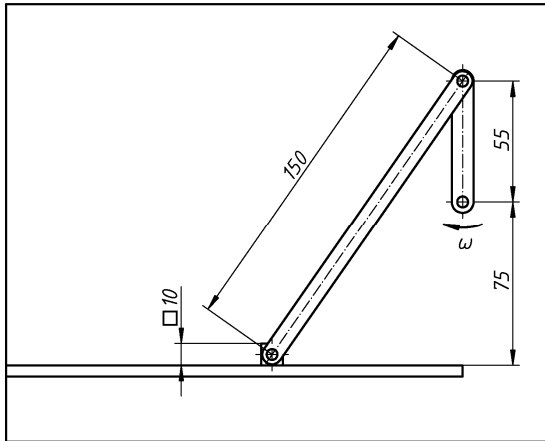


Рис. 6. Приклад моделі механізму

У поточному році для студентів-магістрів механічного факультету, що вивчають дисципліну «Основи ергономіки та дизайну БДМ», було впроваджено вивчення нового програмного комплексу – Autodesk Fusion 360. Ця спеціалізована програма має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та широкі можливості для дизайну форми поверхонь майбутніх виробів. Зокрема є потужний апарат для моделювання поверхонь методами довільної деформації (скульптинг). Один із прикладів таких можливостей наведено на рис. 7.

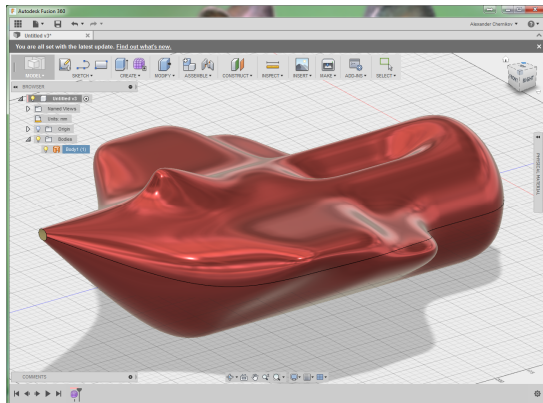


Рис. 7. Приклад використання скульптингу при моделюванні поверхонь

Для студентів дорожньо-будівельного факультету, крім класичних задач дво- і тривимірного моделювання, впроваджено знайомство з програмами AutoCAD, Civil 3D. Вони використовуються для отримання навичок роботи з цифровою моделлю місцевості, її редагування та засобами візуалізації. Також студенти вчаться розміщувати будівельні майданчики на рельєфі, оцінювати обсяги земляних робіт, проектувати план і профіль доріг за заданими умовами, моделювати інші лінійні споруди.

Для роботи з архітектурними конструкціями пропонується впровадити пакет «Revit» – він приходить на зміну системі Autodesk Architectural i, як і програма Inventor, працює на основі параметричних моделей.

Для студентів факультету мехатроніки додатково планується знайомство з можливостями пакета AutoCAD Electrical з його потужними бібліотеками елементів для електричних схем та обладнання.

Усі зазначені можливості мають вивчатися студентами як у рамках класичного курсу з інженерної та комп'ютерної графіки, так і під час проведення окремо організованих спеціалізованих курсів із сучасних методів конструювання та у процесі виконання курсових робіт.

### Висновки

Усі ці нові можливості підвищують складність і актуальність завдань, що постають перед викладачами інженерної й комп'ютерної графіки і основ комп'ютерного конструювання, особливо в умовах постійно зменшуваних аудиторних годин і недостатньої базової підготовки студентів.

Важливим напрямом роботи викладача має стати не тільки орієнтація на запам'ятовування студентами певних абстрактних алгоритмів дій, а й на організацію та стимуляцію самостійної пошукової діяльності студентів, зокрема роботи студентів над заданою конструкторською проблемою в малих групах.

Характерною рисою виконання практичних та групових завдань, самостійної роботи з вивчення комп'ютерних систем автоматизованого проектування слід вважати необхідність консультативної підтримки з боку викладача на всіх етапах виконання проекту.

Без зазначених знань, умінь і навичок, які формує дисципліна «Нарисна геометрія, інженерна й комп'ютерна графіка», вивчення наступних інженерних дисциплін, зокрема ефективного конструювання сучасних виробів, проведення динамічних та статичних розрахунків, навіть із використанням комп'ютера, є неможливим, оскільки кінцеві рішення приймає людина з певною кваліфікацією, тобто інженер.

Фундаментальна роль у формуванні провідних інженерних компетенцій, зокрема у володінні засобами створення та візуалізації технічних об'єктів за допомогою графічних зображень і тривимірного моделювання з використанням комп'ютерних технологій, здатність брати участь у роботах зі створення, впровадження та експлуатації технічних об'єктів на всіх етапах їх життєвого циклу має належати саме безперервній комп'ютерній геометричній і графічній підготовці фахівців.

### Література

1. Черніков О.В. Концепція викладання дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» в умовах поглиблення фізико-математичної підготовки / О.В. Черніков // Преподавание дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» в условиях кредитно-модульной системы обучения: материалы Всеукр. научн.-метод. конф., Севастополь, 7–11 февраля 2011 г. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – С. 7–8.
2. Черніков О.В. Задачі та особливості викладання графічних дисциплін в сучасних умовах / О.В. Черніков // Інноваційні аспекти геометрографічної освіти : матеріали Всеукр. наук.-метод. конф., Севастополь, 7–10 травня 2012 р. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – С. 9–14.
3. Тремблей Т. Autodesk® Inventor® 2013 и Inventor LT™ 2013. Основы: официальный учебный курс / Т. Тремблей ; пер. с англ. Л. Талхина. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 344 с.
4. Younis, W. Up and Running with Autodesk® Inventor® Simulation 2011 (A step-by-step guide to engineering design solutions) / Wasim Younis. – Oxford: El-sevier Inc., 2010. – 444 p.
5. Черніков А.В. Геометрические модели в исследованиях физических и технологических процессов / А.В. Черніков // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 17. – С. 159–163.
6. Черніков О.В. Основні напрямки геометричного та комп'ютерного моделювання фізичних та технологічних процесів / О.В. Черніков // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – 2007. – Вип. 19. – С. 168–182.
7. Кириченко И.Г. Анализ программных средств компьютерного проектирования строительных и дорожных машин / И.Г. Кириченко, А.В. Черніков // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 65–66. – С. 68–74.
8. Грицына Н.И. Проектирование деталей машин с использованием генераторов компонентов и расчетных модулей Autodesk Inventor / Н.И. Грицына // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 69. – С. 13–18.

Рецензент: Е.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 березня 2016 р.